

Guillermo Foladori
Noela Invernizzi
(Coordinadores)



***Nanotecnologías en la
Alimentación y Agricultura***

**NANOTECNOLOGIAS en la
ALIMENTACION y AGRICULTURA**

NANOTECNOLOGIAS en la ALIMENTACION y AGRICULTURA

Guillermo Foladori y Noela Invernizzi
(Coordinadores)

PROLOGO DE ENILDO IGLESIAS

Georgia Miller
Rye Senjen
Guillermo Foladori
Noela Invernizzi
Edgar Záyago Lau

Universidad de la República
Montevideo, 2008

Foladori, Guillermo, coord.

Nanotecnologías en la alimentación y agricultura / Guillermo Foladori y Noela Invernizzi, coordinadores; prólogo de Enildo Iglesias. Montevideo : Universidad de la República, Comisión Sectorial de Extensión y Actividades en el Medio (CSEAM), 2008.

116 p. (Documentos de extensión universitaria ; 6).

Contiene trabajos de Georgia Miller, Rye Senjen, Guillermo Foladori, Noela Invernizzi y Edgar Sayago Lau. Incluye: Resolución de la UITA de marzo de 2007.

ISBN: 978-9974-0-0445-0

I. NANOTECNOLOGÍA. II. ALIMENTOS. III. CADENA ALIMENTICIA.

CDU (1995): 641.002.2:631

CDD (1995): 641.3

CONTENIDO

	Pag.
Prólogo de Enildo Iglesias (Rel-UITA)	9
¿Qué es la nanotecnología?	12
Capítulo 1. <i>¿Serán las nanotecnologías una solución a la pobreza del mundo?</i> por Noela Invernizzi y Guillermo Foladori	15
Capítulo 2. <i>Del laboratorio a la cadena alimenticia: la nanotecnología en los alimentos y la agricultura,</i> por Georgia Miller y Rye Senjen (Amigos de la Tierra-Australia).	25
Capítulo 3. <i>Los trabajadores de la agricultura y la alimentación cuestionan las nanotecnologías.</i> <i>La resolución de la UITA,</i> por Guillermo Foladori y Noela Invernizzi.	81
Capítulo 4. <i>El pasado devela el presente. Los estudios sobre evaluación de tecnología.</i> Guillermo Foladori y Edgar Zayago Lau.	95
La Resolución de la UITA, de marzo 2007	III

Introducción

La Nanotecnología, la manipulación de la materia a nivel atómico y molecular se está convirtiendo en la base de una revolución industrial de escala mundial y de alcance a muchas ramas de la actividad económica. Aunque las investigaciones en nanotecnología se venían realizando desde hace varias décadas, es a comienzos de este siglo cuando los gobiernos de muchos países deciden invertir en la investigación y desarrollo de estas tecnologías.

Al trabajar a escala tan diminuta la nanotecnología hace que los materiales manifiesten nuevas propiedades, desconocidas en la escala macro. Con ello, muchos productos que utilizan nanotecnología serán más durables, o resistentes, o livianos, o limpios, o multifuncionales, y podrán desplazar a sus viejos competidores provocando una disrupción en los mercados y en la sociedad. También estas tecnologías y sus productos implicarán riesgos a la salud humana y al medio ambiente; y representarán un reto para legisladores, políticos, sindicalistas, y hasta para religiosos y filósofos.

Como ocurre con cualquier cambio de trascendencia en la sociedad, las nanotecnologías han desatado diversas polémicas y variadas posiciones sobre sus potencialidades e implicaciones. Este libro fue elaborado con el propósito de apoyar seminarios de discusión pública sobre la aplicación de las nanotecnologías en la agricultura y la alimentación. El primer capítulo, *¿Serán las nanotecnologías una solución a la pobreza del mundo?* discute el argumento que afirma que las nanotecnologías podrían acabar con la pobreza en el mundo por su carácter revolucionario en áreas tan importantes como la salud, la energía o el agua potable. El capítulo introduce al lector directamente en una de las polémicas internacionales más importantes sobre las virtudes e implicaciones de las nanotecnologías. El segundo capítulo *Del laboratorio a la cadena alimenticia: la nanotecnología en los alimentos y la agricultura* es una parte

del libro editado en inglés por Amigos de la Tierra – Australia. Sus autoras, Georgia Miller y Rye Senjen realizaron un detallado análisis de la información disponible a la fecha sobre la penetración de las nanotecnologías en las ramas de la agricultura y la alimentación, y estudiaron sus potenciales impactos a la salud, el medio ambiente y la sociedad en general. Permite al lector estudiar ejemplos concretos del papel revolucionario de las nanotecnologías en dichas ramas y valorar sus implicaciones. El tercer capítulo, *Los trabajadores de la agricultura y la alimentación cuestionan las nanotecnologías. La resolución de la UITA* analiza la declaración de la UITA respecto de las nanotecnologías que fue aprobada en su 29º Congreso celebrado en Ginebra a comienzos de 2007, y que constituye la primera declaración pública sobre nanotecnologías realizada por una federación de sindicatos a escala mundial. La declaración está transcrita al final del libro. Por último, el capítulo cuarto discute las metodologías de evaluación de tecnología que se aplican en algunos países, a la luz de la declaración de la UITA y mostrando la importancia de la contextualización histórica de las tecnologías para su evaluación.

Guillermo Foladori - Noela Invernizzi
Coordinadores

Prólogo

*La ecuación es sencilla:
quien tiene dinero, come y vive;
quien no lo tiene, se queda inválido o muere.*

Jean Ziegler

La aparición de esta publicación coincide con el estallido de la llamada crisis alimentaria que hoy aflige al mundo. Como bien lo señalan varios analistas, dicha crisis tiene causas coyunturales (los agrocombustibles, el aumento del consumo de carne y la especulación financiera con materias primas -especialmente alimentos- responsable de 30 por ciento del aumento en los precios) y causas estructurales que deliberadamente se ignoran.

Los precios de los alimentos básicos -incluyendo los tres principales: maíz, arroz y trigo- se triplicaron en los últimos 20 meses. Contrariando las tan alabadas reglas del mercado, tal cosa ocurre pese a que la oferta supera largamente la demanda. Desde 1961 la producción mundial de cereales se triplicó, mientras que la población planetaria se duplicó. En conjunto, los países de América Latina y Caribe producen 30 por ciento más de lo que necesitan para alimentar adecuadamente a toda su población. Pese a ello, el espectro del hambre amenaza a por lo menos 50 países, y cada cuatro segundos muere una persona de hambre, mientras todo indica que en los próximos doce meses 800 mil personas pasarán a la condición de hambrientas. La triste paradoja radica en que la mayoría de ellas vive en el campo y está vinculada a la agricultura. Según el Banco Mundial, 3.000 millones de personas viven en áreas rurales de países subdesarrollados,¹ y de ellas, 2.500 millones están vinculadas a la agricultura.

Quienes se benefician de esta situación son las grandes compañías transnacionales (CTNs) vinculadas a la agroindustria y a la alimentación. En 2007 Dreyfus incrementó sus beneficios 77 por ciento, Monsanto 44 por ciento y Cargill 36 por ciento. Lo mismo se repite con el fabricante de maquinaria agrícola Deere & Co y con las procesadoras de alimentos como la suiza Nestlé, la francesa Danone y la anglo-holandesa Unilever. Todas ellas guardan silencio frente a la crisis. En verdad, no es sorprendente, en tanto fueron ellas las creadoras del modelo agroalimentario hegemónico que hoy muestra signos de agotamiento.

Para comprender en toda su magnitud los peligros de las “nanotecnologías en la alimentación y la agricultura” es menester tener en cuenta los antecedentes, y con ellos las causas estructurales que provocaron la actual crisis, así como sus actores principales. Para ello debemos referirnos a tres revoluciones.

La primera de ellas es la llamada *revolución verde*, que comenzó a mediados del siglo pasado rompiendo con la agricultura tradicional que fue sustituida por un modelo de agricultura “industrial” con base en el riego, la mecanización, las semillas híbridas, los fertilizantes químicos y la masiva utilización de agrotóxicos. Se trata de un modelo sustentado en la matriz petróleo que arrojó como saldo los monocultivos extensivos -tal como lo exige la agricultura de exportación- en los cuales la progresiva pérdida de fertilidad de la tierra se palió con dosis cada vez mayores de abonos químicos, y el aumento de las plagas -también producto de los monocultivos- con el uso intensivo e irresponsable de agrotóxicos, en su mayoría creados como armas químicas en la Segunda Guerra Mundial. Mientras las CTNs defendían este modelo con argumentos que se resumían en la alternativa “*revolución verde o hambre*”, para los trabajadores agrícolas la alternativa era -y es- morir envenenados o morir de hambre. Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT), de 335 mil accidentes laborales mortales que se producen cada año, 170 mil ocurren en la

¹ En esos 3.000 millones se incluyen las tres cuartas partes de los más pobres del mundo.

agricultura y más de 220 mil personas mueren anualmente (25 cada hora) a causa de los agrotóxicos. Mientras esto ocurre, la alternativa que nos planteaban las CTNs mostró ser falsa, pues el número de hambrientos en el mundo continúa aumentando.

Mientras la primera revolución todavía sigue su curso, a mediados de los años 80 del siglo pasado se inició una segunda revolución mediante los organismos genéticamente modificados (OGM) también llamados transgénicos.² Al inicio del tercer milenio, los cultivos que emplean semillas de genoma manipulado ya cubren millones de hectáreas. La biotecnología puede ser aplicada en una gran variedad de campos, no obstante su desarrollo más fuerte ocurrió en la agricultura, particularmente en las semillas. Entre los principales inversores en transgénicos nos encontraremos con las mismas CTNs que controlan la industria agroquímica y la de los fármacos, las mismas que en la década de los 70 comenzaron a dominar el sector de las semillas. Hubo -y todavía se mantiene- una fuerte resistencia de la sociedad civil, sindicatos incluidos,³ a los transgénicos y, como veremos más adelante, las CTNs sacaron su propia experiencia de ello. Lo cierto es que ninguna de las promesas formuladas por las compañías con los transgénicos se cumplió, en cambio sus ganancias aumentaron considerablemente al ser propietarias del nuevo paquete tecnológico que, inexorablemente, los productores están obligados a adquirir. Es tanta su voracidad, que la estadounidense Delta & Pine llegó a patentar el gen "Terminator", que incorporado

a las semillas produce plantas estériles de manera que el agricultor deba adquirir semillas en cada siembra. Las mismas compañías que antes nos decían *agrotóxicos o hambre*, pasaron a decirnos *biotecnología o hambre*, al mismo tiempo que la soja transgénica genera apenas dos jornales por cada mil hectáreas.

Actualmente, sin previo aviso, tenemos encima una tercera revolución: la nanotecnología. Mientras la ingeniería genética manipula genes, la nanotecnología modifica la materia a escala molecular y atómica y, entre otras cosas, en lugar de las plantas genéticamente manipuladas pasaremos a plantas molecularmente alteradas. Como esta tecnología se encuentra en manos de las mismas CTNs, redundará en el aumento del poder y del patrimonio de estas colosales empresas. Además, como han aprendido de sus errores anteriores, ahora no proponen a la nanotecnología como alternativa al hambre y la aplican casi en silencio. Las principales promesas que formulan refieren al campo de la medicina sin que hasta la fecha se haya concretado ninguna, en cambio es grande el avance en la introducción de nanotecnología en los artículos de consumo masivo, tal el caso de los alimentos.

De ahí la importancia de la presente publicación. Además de su esclarecedor contenido, es una demostración de que también la sociedad civil y sus organizaciones han acumulado experiencia. Este trabajo cuenta con el auspicio de dos universidades (Universidad de la República, Uruguay, y la Universidad Autónoma de Zacatecas, México); tres organizaciones no gubernamentales (la Casa Bertolt Brecht, Uruguay; la Fundación Umverteilen, Alemania, y la Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad) así como decenas de organizaciones sindicales de trabajadores representadas por la Secretaría Latinoamericana de la Unión Internacional de Trabajadores de la Alimentación, Agrícola, Hoteles, Restaurantes, Tabaco y Afines (Rel-UITA). Mientras las CTNs y otros sectores interesados mantienen la información y la discusión sobre nanotecnología

2 La ingeniería genética es una técnica que consiste en aislar segmentos del ADN (el material genético) de un ser vivo, ya sea virus, bacteria, vegetal, animal e incluso humano, para introducirlos en el material hereditario de otro ser.

3 Entre 1999 y 2000, luego de una campaña de divulgación, la UITA junto a algunos sindicatos brasileños logró que el estado de Rio Grande do Sul fuera declarado "territorio libre de transgénicos". Monsanto consiguió derrotarnos facilitando el ingreso de semillas de soja transgénica de su variedad RR (resistente a su herbicida Roundup) de contrabando desde Argentina. Los agricultores "gaúchos" llamaban a esta semilla "soja Maradona".

logía en ámbitos cerrados, reducidos y especializados, las instituciones y organizaciones antes mencionadas se juntan para democratizar la discusión con la participación, entre otros, de los trabajadores organizados y los estudiantes de extensión universitaria. Finalmente, los logotipos de las organizaciones auspiciantes que figuran en la contratapa encierran un esperanzador mensaje, porque los cambios sociales que podrían seguir a una reflexión crítica sobre tecnología, sociedad y poder, requieren de fuerzas sociales organizadas en los ámbitos nacional, regional e internacional, coordinando sus acciones a partir de intereses compartidos para, desde allí, extender la conciencia hacia otros grupos sociales y culturales. En ese camino estamos, convencidos que las semillas que el capital niega las posee y siembra la sociedad organizada.

Enildo Iglesias
Mayo 2008

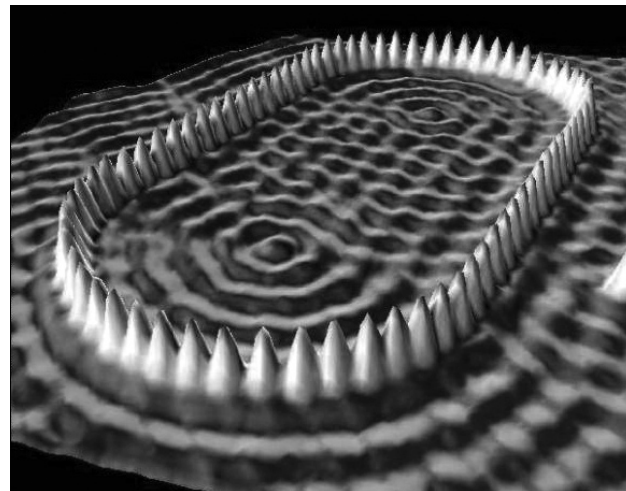
¿Qué es la nanotecnología?

Es la manipulación de la materia en **pequeñísima escala, a nivel de átomos y moléculas.**

<p>1 metro (m). El mundo macro.</p>	<p>1 persona = 1.70 metros</p>
<p>1 milímetro (mm) (1000 milímetros = 1 metro). El mundo chiquito.</p>	<p>1 hormiga = 5 milímetros</p>
<p>1 micrómetro (μm) (1000 micrómetros = 1 milímetro). El mundo de las células.</p>	<p>1 célula = 20 micrómetros</p>
<p>1 nanómetro (nm) (1000 nanómetros = 1 micrómetro) El mundo de la nanotecnología.</p>	<p>Un virus = 60 nanómetros</p>

La nanotecnología abarca una serie de diferentes tecnologías basadas en la manipulación de la materia a escala atómica y molecular. La National Nanotechnology Initiative de los Estados Unidos define: “Nanotecnología es la manera en que los descubrimientos en la nanoescala son puestos a trabajar. La nanotecnología es más que juntar nanomateriales —requiere la habilidad de manipular y controlar esos materiales de forma útil” (NNI, 2007).

La imagen muestra una formación de electrones rodeada por 48 átomos de hierro colocados allí por medio de un Microscopio de Túnelación que también tomó la imagen. Realizada y coloreada en el laboratorio de IBM-Almaden en California.



¿Por qué son tecnologías revolucionarias?

- Porque la materia en esa escala tan pequeña manifiesta propiedades diferentes a como se conoce en mayores tamaños. Por ejemplo, diferentes propiedades de reactividad química, de conductividad eléctrica, de fortaleza, y también de toxicidad.
- Porque con esas propiedades nuevas se pueden hacer productos que cumplan múltiples funciones, que sean más eficientes, que interactúen de manera inteligente con el medio.
- Porque a ese nivel no hay diferencia entre materia viva y no viva, lo cual permite incorporar artificialmente propiedades y materiales a seres vivos o partes de seres vivos.
- Porque estas tecnologías pueden ser aplicadas en cualquier rama de la actividad económica y sus productos ser tan diferentes de los conocidos que desplacen las viejas industrias.
- Porque pueden provocar una nueva división social del trabajo, afectando la distribución de la riqueza, la ocupación, la calificación de la fuerza de trabajo, la composición de las importaciones y exportaciones de los países, etc.

¿Ya hay productos de la nanotecnología en el mercado?

Sí, en la electrónica, óptica, farmacéutica, cosmética, alimentos, medicina, energía, vestimenta, agropecuaria, construcción, materiales, etc.

¿Cuáles son los riesgos a la salud de los trabajadores?

Las nanopartículas pueden entrar al cuerpo humano por:

- inhalación,
- ingestión,
- penetrando a través de la piel,

Con consecuencias inciertas, pero de riesgo, según estudios preliminares.

Referencias

NNI (National Nanotechnology Initiative) (2007). What is Nanotechnology? www.nano.gov/html/facts/whatIsNano.html Consultado Mayo 3, 2008.

Capítulo I

¿Serán las nanotecnologías una solución a la pobreza del mundo?¹

Noela Invernizzi y Guillermo Foladori

¹ Este artículo fue publicado originalmente en inglés con el título “Nanotechnology and the Developing World. Will Nanotechnology overcome poverty or widen disparities?”, en la revista *Nanotechnology Law & Business Journal*, 2005, 2(3), 1-9.

Introducción

Uno de los asuntos más discutidos y más difíciles de discernir de antemano, en la creciente discusión sobre nanotecnología es cuáles serán sus efectos en los países y sectores más pobres de la población. Se contraponen posturas optimistas, que consideran a la nanotecnología una panacea, y posturas pesimistas, que suponen que la brecha entre ricos y pobres se incrementará como resultado de la difusión de estas tecnologías. El debate sobre estas posturas, sustentado en argumentos teóricos e información empírica, es fundamental para llegar a una visión equilibrada.

A comienzos de 2005, un influyente artículo colocó la nanotecnología como una alternativa viable para resolver la mayoría de los problemas anotados como *Objetivos del Milenio* de las Naciones Unidas para combatir la pobreza. En las páginas siguientes pretendemos cuestionar tal optimismo, analizando esas nuevas tecnologías en su contexto social.

I. Las nanotecnologías como tecnologías disruptivas

La nanotecnología es el estudio y la manipulación de la materia en una escala sumamente pequeña, en la franja entre 1 y 100 nanómetros. Para tener una referencia, un virus tiene entre 20 y 300 nanómetros de tamaño. Aunque no estemos muy habituados con esta tecnología, ya hay en el mercado varios productos a los cuales se han incorporado nanopartículas para darles características especiales.

Según el *Nanotech Report* (Forbes, 2004), entre los primeros productos con contenidos nanotecnológicos comercializados en 2004 se encuentran: calzado térmico (Aspem Aeogels), colchones que repelen el sudor y el polvo (Simmons Bedding Co.), palos de golf más resistentes y flexi-

bles (Maruman & Co.), cosméticos personales (Bionova), vestidos para heridos y quemados que evitan las infecciones (Westain Corporation), desinfectantes y productos de limpieza para usar en aviones, barcos, y submarinos (EnviroSystems), spray que repele el agua y la suciedad (BASF), tratamiento a los vidrios para repeler el agua, la nieve, insectos, etc., (Nanofilm), pomadas para el dolor muscular (CNBC) y adhesivos dentales que fijan mejor las coronas (3M ESPE). Lux Research, una empresa dedicada al estudio de la nanotecnología y sus negocios, estima que la venta de artículos con nanopartículas superará la suma de los 500 mil millones de dólares en 2010 (Baker & Aston, 2005).

Hay, por lo menos, cuatro aspectos que caracterizan la nanotecnología como una ruptura tecnológica. En primer lugar, se trata de construir desde abajo (átomos y moléculas) hacia arriba (producto final) — proceso *bottom-up* —, en lugar de comenzar por la materia física tal como está dada en la naturaleza, según sus estructuras propias de unión, y reducirla al tamaño de los objetos de uso, como se venía haciendo hasta ahora — proceso *top-down*. A pesar de que este camino ya se conocía en procesos químicos, la novedad es que ahora se pueden manipular directamente los átomos y moléculas para construir productos (RS&RAE, 2004). Esto constituye una novedad en la historia de la humanidad y una nueva forma de pensar el mundo; aunque valga anotar que la mayoría de los procesos de nanotecnología son aún *top-down* o de arriba-abajo.

En segundo lugar, en este nivel atómico no hay diferencia entre la materia biótica y abiótica, de modo que resulta potencialmente posible aplicar procedimientos biológicos a los procesos materiales, o interferir con materiales en los cuerpos vivos, adaptando estos últimos a determinados fines u ofreciendo ventajas particulares, o también crear vida artificial para desempeñar funciones específicas. Un ejemplo serían los dispositivos que permiten descansar el cuerpo sin dormir, lo que sería muy útil en la guerra y en otras actividades de gran intensidad física o mental.

En tercer lugar, las nanopartículas presentan propiedades físicas y químicas (mecánicas, ópticas, reactivas, de conductividad eléctrica, etc.) distintas a las que presentan los mismos elementos en escala macroscópica. Al cambiar las propiedades físicas de la materia surgen posibilidades que sorprenden y entusiasman a los científicos y las empresas. Muchos de los nanomateriales que ya están a la venta aprovechan esta ventaja. Los nanotubos de carbono, por ejemplo, pueden ser más duros que el diamante y entre cincuenta y cien veces más fuertes que el acero, pero mucho más livianos.

Por último, la nanotecnología combina varias tecnologías y ciencias, como la informática, la biotecnología y la tecnología de materiales. Esta convergencia no es un elemento menor, si pensamos que un amplio desarrollo de la nanotecnología va a requerir una formación profesional totalmente nueva, que obligará a repensar el diseño de los planes de estudio, tal vez desde la educación primaria.

Los beneficios anunciados de la nanotecnología son muy amplios. Basta aquí realizar una rápida referencia a algunos de los más probables. En el área de la salud podría aumentar la calidad de vida y su duración. Nanosensores incorporados al propio organismo, y viajando como si fueran virus por la sangre, podrán detectar enfermedades antes que se manifiesten, y combatir las eficientemente. Las drogas no serán genéricas, sino específicas según las características genéticas individuales, el sexo, la edad, etc. Los mecanismos de envejecimiento podrán ser retardados, e inclusive revertidos. Con sensores artificiales, las personas podrán transformarse en seres biónicos, mejorando sus capacidades biológicas y desarrollando otras. El campo de las prótesis es también uno de los más prometedores.

En el área de los materiales, una novedad son las nanopartículas inteligentes. Una pieza de ropa, por ejemplo, podrá reaccionar a los cambios de temperatura, lluvia, nieve, sol, etc., manteniendo el cuerpo siempre a la temperatura programada. Además, será capaz de repeler el sudor

y el polvo, por lo que no necesitará ser lavada; impedirá que bacterias penetren en ella, manteniéndola distante de posibles atentados bioterroristas. Lo que se aplica a la vestimenta podría aplicarse también a las viviendas y a los medios de transporte. Otra novedad son los nanotubos de carbono, entre cincuenta y cien veces más fuertes que el acero y con 1/6 de su peso, que además de poseer gran conductividad, no pierden energía en la transmisión. Tendrán impacto especial en la industria aeroespacial, en la construcción, en la industria automotriz, la electrónica y muchas otras.

El área de la informática y las comunicaciones será una de las primeras a incorporar transformaciones revolucionarias. Ordenadores cien veces más rápidos y mucho más pequeños y leves podrán programar la producción según las características de diseño, tamaño, forma, color, olor, resistencia, etc., deseadas por el comprador, llevando al paroxismo la producción flexible. La antigua producción *just-in-time* se volverá obsoleta y, quien sabe, surgirá la producción *as-you-need*. Las posibilidades de la concentración monopólica de la producción, que algunos llaman *global business enterprises*, se multiplicarán.

La combinación de sistemas computadorizados, laboratorios químicos, sensores en miniatura y seres vivos adaptados a funciones específicas revolucionará la medicina (*lab-on-a-chip*) y también será una rápida solución a problemas históricos de contaminación. Tal vez, pequeñas bacterias provistas de sensores sean capaces de consumir cuerpos de agua contaminados por metales pesados, o descontaminar en tiempo récord la atmósfera terrestre. Nanocápsulas con sistemas combinados de sensores y aditivos revolucionarán las industrias de lubricantes, farmacéutica, de filtros, etc.

Como muchos de esos ejemplos muestran, las nanotecnologías serán, probablemente, tecnologías disruptivas que volverán obsoletas a las tecnologías concurrentes hoy existentes. Los efectos sociales y económicos de ese pro-

ceso, tanto a nivel nacional como mundial, son difíciles de prever. El creciente debate sobre estos asuntos se polariza hoy entre aquellos que alertan sobre las posibles consecuencias negativas y riesgos asociados a las nanotecnologías y aquellos que manifiestan un fuerte entusiasmo por las posibilidades abiertas por esas nuevas tecnologías para el desarrollo económico y el bienestar social. Las visiones más optimistas consideran inclusive que las nanotecnologías ofrecen beneficios para todos, incluyendo los países y poblaciones pobres. Sin embargo, ese optimismo se revela bastante ingenuo, al sostenerse en una forma de pensar mecánica y linear que no toma en cuenta la complejidad de las relaciones socio-económicas en el seno de las cuales esta revolución tecnológica está siendo gestada.

2. ¿La nanotecnología como solución a la pobreza?

Un ejemplo de las posturas optimistas es el reciente informe de las Naciones Unidas Millennium Project, Task Force on Science, Technology and Innovation (*Innovation: applying knowledge in development 2005*). Este documento considera que la nanotecnología será importante para el mundo en desarrollo, porque implica poco trabajo, tierra y mantenimiento; es altamente productiva y barata; y requiere modestas cantidades de materiales y energía (SciDevNet, 2005). Sin embargo, estas mismas cualidades podrían ser calificadas como perjudiciales, una vez que los países pobres disponen justamente de abundante trabajo y, en muchos casos, tierra y recursos naturales.

Reflexionando de una manera mecánica y linear, se podría decir que cualquier país puede entrar en la onda de la nanotecnología. Un esfuerzo en el financiamiento público podría crear las bases para establecer nuevas industrias, o estimular las empresas innovadoras ya existentes para que

fabriquen nanocomponentes específicos que satisfagan necesidades concretas a un coste relativamente bajo. Tal parece ser la opinión de Salamanca-Buentello *et al* (2005), autores de un artículo que ha recibido gran acogida por la prensa internacional (Brahic, 2005; Choi, 2005), en el cual se endosa la postura del informe de las Naciones Unidas arriba mencionado.

Los autores, del *Joint Centre for Bioethics* de la Universidad de Toronto, llenos de optimismo, presentan la nanotecnología como solución para muchos problemas de los países en desarrollo. Consideran que el esfuerzo para desarrollar la nanotecnología realizado por algunos de esos países es una demostración de su empeño en superar la pobreza: "... mostramos que países en desarrollo ya están explorando la nanotecnología para enfrentar algunas de sus necesidades más urgentes" (Salamanca-Buentello *et al*, 2005, 1).

A partir de entrevistas realizadas a 63 expertos en nanotecnología de diversos países desarrollados y en desarrollo, identificaron las diez principales nanotecnologías que podrían resolver problemas en áreas tales como agua, agricultura, nutrición, salud, energía y medio ambiente.

Esas tecnologías abarcan desde sistemas de producción y conservación de energía, pasando por sensores para aumentar la productividad agrícola y el tratamiento del agua hasta el diagnóstico de enfermedades. Se propone en el artículo crear un fondo mundial para desarrollar tales tecnologías para los países en desarrollo.

Llena de buenas intenciones, la propuesta refleja un enfoque mecánico, suponiendo que una vez identificado correctamente un problema basta aplicar la tecnología adecuada para resolverlo. La mayoría de los ejemplos que utilizan ignora que la relación entre ciencia y sociedad es bastante más compleja (Sarewitz *et al*, 2004). La fragilidad de este enfoque se revela cuando consideramos algunas de las propuestas de soluciones nanotecnológicas sugeridas por los autores en el contexto social de los países en desarrollo. Veamos algunos ejemplos.

Salamanca-Buentello *et al.* (2005) sugieren que semiconductores moleculares (*quantum dots*) podrían detectar, en estadios precoces, moléculas asociadas al VIH-SIDA, facilitando el tratamiento y reduciendo la incidencia del SIDA. Aunque eso sea factible desde un punto de vista estrictamente tecnológico, los autores parecen olvidar la historia de los últimos 10 años, de guerra abierta entre las corporaciones farmacéuticas transnacionales y los gobiernos de países que pretendieron fabricar antirretrovirales contra el SIDA. En ese conflicto, la Organización Mundial del Comercio y el representante Comercial de Estados Unidos jugaron sistemáticamente el papel de representantes de esas corporaciones.

Debido a la patentes, el precio de los medicamentos es monopolístico durante veinte años, lo que hace imposible para las personas pobres comprar nuevos medicamentos protegidos por patentes. Así, cuando surge una epidemia, algunos países no consiguen cubrir los costes de los remedios necesarios. Uno de los casos históricos más alarmantes, que ilustra el comportamiento de las empresas multinacionales contra la salud pública, fue la acción legal encaminada en 2001 por 39 grandes corporaciones farmacéuticas contra el gobierno de Sudáfrica, para impedirle producir medicamentos genéricos para el tratamiento del SIDA.

Los productos de la nanotecnología ya están siendo patentados, en su mayoría por las principales corporaciones. Una patente puede costar, en Estados Unidos, 30 mil dólares en burocracia legal, y una patente de amplio alcance mundial puede estar en torno de 250 mil dólares (Regalado, 2004). Para un país en desarrollo es muy difícil crear cualquier fármaco que tenga un mercado importante (cómo es el caso del SIDA) si tenemos en cuenta la guerra económica y legal internacional en torno al mercado de medicamentos, así como las restricciones burocráticas existentes.

Moraleja: *la tecnología depende del contexto social para que cumpla sus fines.*

Salamanca-Buentello *et al.* (2005) identifican a la nanotecnología como la solución para 5 de los 8 *Objetivos del Milenio* de Naciones Unidas para combatir la pobreza. Entre estas soluciones están los nanosensores y nanocomponentes para mejorar la dosificación de agua y de fertilizantes a las plantas. Con ello se reduciría la pobreza y el hambre en el mundo. Los autores olvidan que hace poco tiempo, en los años ochenta, los Organismos Genéticamente Modificados (OGM) fueron publicitados como la solución para acabar con el hambre y la pobreza. Sin embargo, los OGM terminaron siendo utilizados principalmente en los países desarrollados, y tres de cada cuatro patentes están en manos de cuatro grandes corporaciones transnacionales. No hubo mejoría para los países del Tercer Mundo; por el contrario, los transgénicos invadieron áreas no buscadas, como fue el difundido caso de la contaminación del maíz en Oaxaca, México; y se incrementó la dependencia comercial y tecnológica (Schapiro, 2003).

La nanotecnología aplicada a la agricultura no tiene por qué reproducir el controvertido camino seguido por los OGM. Sin embargo, para que eso no acontezca es imprescindible discutir sus posibles implicaciones sociales, económicas y políticas en tiempo real (*real time technology assessment* —Guston & Sarewitz 2004), así como tomar en cuenta la experiencia pasada de los OGM y otras tecnologías.

Sin embargo, la experiencia pasada no parece estar siendo llevada en cuenta. Ya son visibles presiones económicas y políticas en el desarrollo de nanoproduitos que están determinando la trayectoria tecnológica de la nanotecnología. Eso se revela, por ejemplo, en el atraso de su regulación en comparación con la velocidad con que se introducen los productos en el mercado. Paradójicamente, los productos nanotecnológicos son partículas de elementos químicos conocidos, pero son manipulados de una forma que no es

natural. De la primera característica se desprende que los nanoproductos no necesariamente deben pasar por pruebas toxicológicas para ser registrados (VWICS, 2003). De la segunda característica se entiende que pueden ser patentados como elementos nuevos que no son hallados en la naturaleza en tal estado. La siguiente cita es ilustrativa de esa paradoja: “Es verdad que no se puede patentar un elemento encontrado en su forma natural, sin embargo, si se crea una forma purificada de ese elemento que tenga usos industriales —por ejemplo, el néon— tenemos una patente segura (Lila Feisee, de la Biotech Industry Organization, citada por ETC, 2004). *Business as usual*, más que la experiencia aprendida del pasado, parece estar determinando el desarrollo de la nanotecnología.

Moraleja: *la elección de una tecnología no es un proceso neutro, depende de fuerzas políticas y económicas. No necesariamente sobrevive la tecnología que mejor satisface las necesidades sociales.*

Salamanca-Buentello *et al.* (2005) suponen que las entrevistas hechas a 38 científicos del mundo en desarrollo y a 25 de los países desarrollados les permite hablar de los intereses de los países en desarrollo, como si aquellos fueran sus portavoces. En un artículo anterior al que estamos discutiendo (Court, *et al.*, 2004), tres de los mismos autores sostienen que la posición del Príncipe Charles (Lean, 2004), argumentando que la nanotecnología aumentará la brecha entre los países pobres y los ricos, así como el pedido de moratoria del grupo ETC a la comercialización de la nanotecnología (ETC, 2003) “ignoran las voces de la gente de los países en desarrollo”. Seguramente, con estas entrevistas, los autores pretendieron llenar esta laguna. Pero, la opinión de los científicos que trabajan en nanotecnología no necesariamente coincide con los caminos que la gente considera apropiados para satisfacer sus necesidades.

Los científicos no son ajenos a las presiones sociales y

políticas y, de hecho, hay muchos ejemplos recientes de prácticas dudosas. En la arena biomédica ellas son particularmente abundantes. Hay, por ejemplo, casos de determinación independiente de estándares (*independent determination of standards*) en pruebas biomédicas comprometidos o auto-censurados por la influencia de las corporaciones farmacéuticas (Ferriman, 2000; Woodman, 1999). Hay casos de donaciones dadas por corporaciones farmacéuticas a las universidades con el propósito de influenciar en las decisiones sobre la agenda de investigación, ganar derechos de patentes, o sostener sus intereses con estudios académicos (Smith, 2005; Montaner *et al.*, 2001; Press & Washburn, 2000). Han sido también bastante reportados casos de pruebas de laboratorio dudosas o fraudulentas (Shah, 2003; Bodenheimer, 2000; CAFMR, 1995; Braithwaite, 1984). Hay, en fin, casos de presiones de corporaciones farmacéuticas sobre investigadores para impedir que informaciones que puedan perjudicarles lleguen al público (Collier & Iheanacho, 2002). La lista puede continuar. La opinión de los científicos no es la voz de los pobres ni necesariamente coincide con sus intereses.

Por otra parte, cuanto los autores identifican las opiniones críticas sobre la nanotecnología con posturas anti-tecnológicas que empeorarán la situación de pobreza, parecen ignorar que la tecnología es sólo una parte del rompe-cabezas. Podemos coincidir en que las enfermedades infecciosas son uno de los principales problemas que enfrenta el mundo en desarrollo. Sin embargo, las formas de alcanzar su solución pueden ser radicalmente diversas. No es necesaria la nanotecnología para, por ejemplo, disminuir radicalmente la malaria, como sugieren los autores. Es claro que nanosensores pueden ayudar a limpiar el agua y nanocápsulas a dirigir más eficientemente las drogas. Sin embargo, en la provincia de Henan, en China, la malaria fue reducida en un 99% entre 1965 y 1990 como resultado de la movilización social apoyada por fumigación tradicional, redes mosquitero y medicina tradicional (WHO, 2002).

Vietnam redujo las muertes provocadas por la malaria en 97% entre 1992 y 1997 mediante mecanismos semejantes (WHO, 2003).

Moraleja: *los científicos no siempre son los portavoces de los pobres, aún cuando provengan de países pobres. Y, existen diversos medios para un determinado fin. No siempre la tecnología más avanzada es la solución; la organización de la población -lo que algunos llaman tecnología social- puede ser tanto o más importante.*

3. Reflexiones finales

En la historia del último cuarto de siglo la aceleración del desarrollo tecnológico fue paralela al aumento de la desigualdad social a nivel mundial (Wade, 2001; Weller, 2002; Banco Mundial, 2003 y 2004). El desarrollo científico-tecnológico no se traduce linealmente en mejorías para los países o poblaciones pobres. Para atender las necesidades de los pobres la tecnología debe ser utilizada en un contexto socio-económico favorable. Más aún, las características constitutivas de la tecnología, y el camino seguido en su desarrollo, frecuentemente impiden que ella sea utilizada libremente para beneficio de las mayorías en los países en desarrollo.

Tememos que las nanotecnologías acaben insertándose en las tendencias económicas dominantes que están llevando a una creciente desigualdad. Primero, porque las grandes corporaciones multinacionales están patentando la mayor parte de los descubrimientos y productos nanotecnológicos. La patente es la garantía de ganancias monopólicas por veinte años, algo que con seguridad impide la rápida difusión de los beneficios potenciales a los pobres.

Segundo, porque el principal problema para un país en desarrollo no es tanto el de los costes fijos de un labo-

torio medianamente sofisticado, sino el contexto social necesario para que esa tecnología se incorpore realmente a la economía. Sin fluidos mecanismos de integración vertical entre los sectores productores de nanopartículas y las empresas que son potenciales compradoras, las nanopartículas no saldrán del laboratorio. Esto parece estar ocurriendo actualmente. Wildson (2004), a partir de entrevistas realizadas en empresas inglesas apunta que “las nanopartículas son una solución en búsqueda de un problema”. A pesar de sus variadas aplicaciones potenciales, los productores ingleses dicen carecer de clientes. Esto es avalado por un artículo del *Business Week* que señala que a pesar de un futuro promisorio, muchas empresas que venden productos nanotecnológicos enfrentaron dificultades financieras en 2004 (Baker & Aston, 2005).

En tercer lugar está la dificultad de encontrar los trabajadores calificados. La carrera tecnológica de un país requiere un contexto social que suministre las condiciones necesarias en el largo plazo. Será difícil para muchos países pequeños y pobres reunir el personal necesario para trabajar interdisciplinariamente en nanotecnología. México, por ejemplo, la 13ª potencia exportadora del mundo, sólo tiene 11 grupos de investigación en tres universidades y dos centros de investigación, sumando noventa investigadores y ningún programa oficial de apoyo a la investigación en el campo (Malsch, 2004). Brasil, que impulsó las redes de investigación en nanotecnología de manera pionera en 2001 tenía entre 50 y 100 investigadores en 2002 (Knapp, 2002), y probablemente en torno a 300 en 2004. Se estima que la nanotecnología va a implicar una reestructuración de toda la enseñanza, para quebrar las tradicionales fronteras disciplinarias que, en la práctica, ya ultrapasó. Esto significa que esfuerzos multisectoriales serán necesarios para estos cambios, y requeridas mayores demandas sociales.

La competencia por científicos calificados puede agudizarse, incrementando la migración de talentos del Tercer Mundo para los países avanzados. Esa polarización del

mercado de trabajo penalizará los países más pobres, con una fuerza de trabajo menos calificada. Es poco probable que la vasta mayoría de los países en desarrollo consiga los recursos, la infraestructura y la fuerza de trabajo que les permita entrar en la onda de la nanotecnología, y transformar sus sistemas productivos.

Finalmente, aún si los grandes países en desarrollo como China, India, Brasil, etc. consiguen convertirse en fabricantes de nanoproduitos, capaces, por ejemplo, de generar energía de manera limpia y barata, producir agua potable a bajos costes e incrementar la producción agrícola, eso no significa que la mayoría de la población pobre sea beneficiada. Para los pobres, la estructura socio-económica representa una barrera mucho más difícil de superar que la innovación tecnológica.

La nanotecnología está aún en sus primeros estadios. Sin embargo, mientras más tarde sean discutidas públicamente sus implicaciones sociales y económicas, más pequeñas serán las oportunidades de que esa tecnología ayude a superar la pobreza, una vez que sus raíces se fijarán en la estructura socio-económica hegemónica, caracterizada por una profunda desigualdad en nivel mundial.

Referencias

- Banco Mundial (2003). *Inequality in Latin America and the Caribbean: Breaking with History?* <http://wbi018.worldbank.org/LAC/lacinfo-client.nsf/Category/By+Category/32D7C0BACEE5752A85256DBA00545D3F?OpenDocument> Consultado diciembre 13, 2004.
- Banco Mundial (2004). *World Development Report* <http://econ.worldbank.org/wdr/wdr2004/>, Consultado abril 20, 2004.
- Baker, Stephen & Aston, Adam, (2005). The Business of Nanotech. *Business Week*. February 14.
- Bodenheimer, T. (2000). Uneasy Alliance - Clinical Investigators and the Pharmaceutical Industry. *New England Journal of Medicine*, 342(20), 1539-1544.
- Brahic, Catherine (2005). Big development role for tiny technology, says study. *SciDev.Net*, April 12.
- Braithwaite, J. (1984). *Corporate crime in the pharmaceutical industry*. New York: Routledge.
- CAFMR (Campaign Against Fraudulent Medical Research) (1995). *The pharmaceutical drug racket*. www.pnc.com.au/~cafmr/online/research/drug.html Consultado junio 19, 2003.
- Choi, Charles Q. (2005). Nano World: Top 10 for developing world. *Science Daily*, April 18.
- Collier, J., & Iheanacho, I. (2002). The pharmaceutical industry as an informant. *Lancet*, 360(9343), 1405-1409.
- Court, E.; Daar, A.S.; Martin, E.; Acharya, T.; Singer, P.A. (2004). Will Prince Charles et al diminish the opportunities of developing countries in nanotechnology? Nanotechweb.org
- ETC group. (2003). *From Genomes to Atoms. The Big Down. Atomtech: Technologies Converging at the Nano-scale*. <http://www.etcgroup.org/documents/TheBigDown.pdf> Consultado maio 25, 2005.
- ETC group (2004). *Communiqué*, 85. www.etcgroup.com Consultado enero 3, 2005.
- Ferriman, A. (2000). WHO accused of stifling debate about infant feeding. *British Medical Journal*, 320, 1362.
- Guston, David & Sarewitz, Daniel (2004). Real time Technology Assessment. *Technology in Society* 23(4).
- Hensley, S. (2003). Pharmacia nears generics deal on AIDS drug for poor nations. *The Wall Street Journal*, January 24.
- Knapp, Laura (2002). Brasil ganha centro de pesquisa de nanotecnologia. *O Estado de S. Paulo* em línea, janeiro 20. <http://busca.estadao.com.br/ciencia/noticias/2002/jan/20/138.htm> Consultado abril 04, 2005.
- Lean, Geoffrey (2004). "One will not be silenced: Charles rides into battle to fight a new campaign". *The Independent* July 11. http://news.independent.co.uk/uk/this_britain/story.jsp?story=540022 Consultado mayo 20, 2005.
- Malsch, Ineke (2004). Nanotechnology in Mexico. www.nanoTsunami.com November 05, 2004. Consultado abril 03, 2005.
- Mehta, Michael (2004). From biotechnology to nanotechnology: what can we learn from earlier technologies? *Bulletin of Science, Technology & Society*, 24(1), 34-39.
- Montaner, J., O'Shaughnessy, M., & Schechter, M. (2001). Industry-sponsored clinical research: a double-edged sword. *Lancet*, 358(9296), 1893-1895.
- Press, E., & Washburn, J. (2000). The kept University. *Atlantic Monthly*, 285.
- Regalado, A. (2004). Nanotechnology Patents Surge. *The Wall Street Journal* June 18, Page A1.
- RS&RAE / Royal Society & The Royal Academy of Engineering (2004). *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*. London, The Royal Society & The Royal Academy of Engineering. www.royalsoc.ac.uk/policy www.raeng.org.uk Consultado febrero 12, 2005.
- Salamanca-Buentello, F., Persad, D. L., Court, E. B., Martin, D. K., Daar, A. S., Singer, P. (2005). Nanotechnology and the Developing World. *PLoS Medicine*, 2(5), May. <http://medicine.plosjournals.org/perlserv/?request=get-document&doi=10.1371/journal.pmed.0020097> Consultado mayo 20, 2005.

- Sarewitz, Daniel; Foladori, Guillermo; Invernizzi, Noela; Garkinkel, Michele (2004). "Science Policy in its Social Context". *Philosophy Today*. Supplement 67-83.
- Schapiro, M. (2003). Blowback in genetic engineering. In Lightman, A., Sarewitz, D., Desser, C. *Living with the genie*. Washington D.C.: Island Press.
- Shah, S. (2003). Globalization of Clinical Research by the pharmaceutical industry. *International Journal of Health Services*, 33(1), 29-36.
- Smith, Richard (2005). Medical Journals Are an Extension of the Marketing Arm of Pharmaceutical Companies. *PLoS Medicine*, 2(5). <http://medicine.plosjournals.org/perlserv/?request=get-document&doi=10.1371/journal.pmed.0020138> Consultado mayo 25, 2005
- SciDevNet (2005). *Nanotechnology Quick Guide*. <http://www.scidev.net/quickguides/index.cfm?fuseaction=dossierfulltext&qguideid=5> Consultado febrero 09, 2005.
- Wade, Robert (2001). Winners and Losers, *The Economist*, April 26 www.globalpolicy.org/socecon/inequal/2002/0426winlose.htm Consultado marzo 20, 2003.
- Weller, Christian E.; Hersh, Adam (2002). Free markets and poverty, *The American Prospect* 13(1).
- WHO (World Health Organization) (2002). www.who.int-tdr-publications-publications-sebrep1.htm Consultado junho 26, 2003.
- WHO (World Health Organization) (2003). Viet Nam reduces malaria death toll by 97% within five years. *Health a key to Prosperity*. <http://www.who.int/inf-new/mala1.htm> Consultado junio 26, 2003.
- Wilsdon, James (2004). Nanotechnology, Risk, and Uncertainty. *IEEE Technology and Society Magazine*. Edited by E. J. Woodhouse. 23(4), 16-21.
- Woodman, R. (1999). Open letter disputes WHO hypertension guidelines. *British Medical Journal*, 318, 893.
- WWICS /Woodrow Wilson Internacional Center for Scholars (2003). *Nanotechnology & Regulation. A Case Study using the Toxic Substance Control Act (TSCA)*. www.environmentalfutures.org/nanotech.htm Consultado febrero 12, 2005.

Capítulo 2

Del laboratorio a la cadena alimenticia: La nanotecnología en los alimentos y la agricultura¹

Georgia Miller y Rye Senjen (Amigos de la Tierra - Australia)
Traducción: Laura Pérez (Red-UITA)

¹ Este capítulo fue traducido por Laura Pérez con el apoyo de Red-UITA.

Este documento es parte de un texto más amplio preparado para Amigos de la Tierra-Australia, Amigos de la Tierra-Europa y Amigos de la Tierra-Estados Unidos, y apoyado por Amigos de la Tierra-Alemania¹

Resumen ejecutivo

Ante la ausencia de reglamentación obligatoria para el etiquetado de productos, la falta de debate público en torno al tema y la inexistencia de leyes que garanticen su inocuidad, han ingresado a la cadena alimenticia productos elaborados mediante el uso de la nanotecnología. Actualmente hay nanopartículas, nanoemulsiones y nanocápsulas manufacturadas presentes en una amplia gama de productos: agroquímicos, alimentos procesados, materiales para envasado de alimentos y materiales en contacto con alimentos, incluidos recipientes para almacenar alimentos, cubiertos y tablas de picar. Amigos de la Tierra identificó 106 de estos productos que ya están a la venta, aunque creemos que esto es sólo una pequeña fracción de la cantidad total disponible hoy en el comercio.

La nanotecnología ha sido definida provisionalmente como toda aquella que se relaciona con materiales, sistemas y procesos que operan a una escala de 100 nanómetros (nm) o menos. Supone la manipulación de materiales y la creación de estructuras y sistemas a escala de átomos y moléculas, esto es, a nanoescala. Las propiedades y efectos de las partículas y materiales a nanoescala difieren considerablemente de las de las partículas más grandes con igual composición química. Las nanopartículas pueden tener una mayor reactividad química y ser más bioactivas que las partículas más grandes. Debido a que su tamaño es muy pequeño, las nanopartículas también tienen un acceso mucho mayor a nuestros cuerpos, de manera que tienen mayor

probabilidad que las partículas más grandes de entrar en células, tejidos y órganos. Estas propiedades novedosas ofrecen muchas oportunidades para nuevas aplicaciones en la industria de alimentos, por ejemplo, como potentes aditivos nutricionales, saborizantes y colorantes más fuertes o ingredientes antibacterianos para materiales de envasado de alimentos. Sin embargo, estas mismas propiedades podrían también presentar mayores riesgos de toxicidad para la salud humana y el medio ambiente.

Existe un cúmulo cada vez más grande de estudios científicos que demuestran que algunos de los nanomateriales que se están usando actualmente en alimentos y productos agrícolas suponen nuevos riesgos para la salud humana y el medio ambiente. Por ejemplo, en estudios celulares *in vitro* se ha encontrado que nanopartículas de plata, dióxido de titanio, zinc y óxido de zinc, empleadas actualmente en la elaboración de suplementos nutricionales, materiales de envasado de alimentos y materiales en contacto con alimentos, tienen un nivel alto de toxicidad. Estudios ambientales preliminares también sugieren que estas sustancias pueden ser tóxicas para especies de importancia ecológica, tales como los piojos de agua. Sin embargo, aún no existen normas referidas específicamente a la nanotecnología ni ensayos de seguridad obligatorios para evaluar a los nanomateriales manufacturados antes de que puedan ser usados en alimentos, materiales de envasado de alimentos o productos agrícolas.

Sondeos tempranos de la opinión pública revelan que dada la incertidumbre científica existente en torno a la seguridad de los nanomateriales manufacturados contenidos en aditivos, ingredientes y materiales de envasado de alimentos, la gente no estaría dispuesta a comer nanoalimentos. Pero debido a que no existen leyes que requieran que los alimentos o envases que contienen nano ingredientes o nano aditivos indiquen dicho contenido en sus etiquetas, los consumidores no pueden optar por comer libre de nanomateriales.

¹ Véase Friends of Earth-Australia 2008. <http://nano.foe.org.au/node/227>

La nanotecnología plantea además desafíos mayores para el desarrollo de sistemas de alimentación y agricultura más sostenibles. En momentos en que las ventas mundiales de alimentos y cultivos orgánicos crecen en forma sostenida, la nanotecnología parecería estar encaminada a afianzar nuestra dependencia en tecnologías agrícolas que usan sustancias químicas y energía en forma intensiva. Ante los peligros planteados por el cambio climático, existe creciente interés público por reducir las distancias que recorren los alimentos para llegar de los productores a los consumidores. La nanotecnología, sin embargo, promovería el transporte de alimentos tanto frescos como procesados por distancias aun mayores. También resulta preocupante el potencial que tiene la nanotecnología para concentrar aun más el control empresarial sobre los sistemas agrícolas y de alimentos del mundo y para erosionar aun más el control de los agricultores locales sobre la producción de alimentos.

Ante los riesgos ambientales y sanitarios potencialmente graves que plantea la nanotecnología aplicada a la producción agrícola y alimentaria, así como sus implicancias sociales, Amigos de la Tierra de Australia, Europa y Estado Unidos exhortan a:

Declarar una moratoria que prohíba la introducción en el mercado de nuevos alimentos, envases de alimentos, materiales en contacto con alimentos o agroquímicos que contengan nanomateriales manufacturados hasta tanto no se establezcan leyes específicas que regulen la seguridad de la nanotecnología y se dé participación al público en la toma de decisiones en la materia.

Exhortamos a que:

Los nanomateriales sean regulados como sustancias nuevas

- Todo nanomaterial manufacturado deliberadamente debe considerarse una sustancia nueva y como tal debe ser sometido a pruebas de seguridad especiales, aun cuando se conozcan ampliamente las propiedades de sus contrapartes más grandes.
- Todo nanomaterial manufacturado deliberadamente debe ser sometido a rigurosas pruebas sanitarias y ambientales diseñadas específicamente para nanotecnología y debe demostrarse su inocuidad antes de que pueda aprobarse su uso comercial en alimentos, envases de alimentos, materiales en contacto con alimentos o aplicaciones agrícolas.

Se amplíe la definición de nanomateriales basada en el tamaño

- A los efectos de la evaluación sanitaria y ambiental, se considerará 'nanomaterial' a toda partícula con un tamaño de hasta 300nm, dada la evidencia temprana que demuestra que estas partículas plantean riesgos sanitarios similares a los de partículas con un tamaño inferior a los 100nm, que son las que hasta ahora se han definido como 'nano'.

Haya transparencia en las pruebas de seguridad y el etiquetado de productos

- Todos los datos pertinentes relacionados con las pruebas de seguridad y las metodologías utilizadas para obtenerlas deben ser de dominio público.
- Todo nano ingrediente manufacturado debe estar indicado claramente en las etiquetas de los productos para permitir que el público pueda contar con información para elegir los productos que consume.

Se dé participación al público en la toma de decisiones

- El público, incluidos todos los grupos de interés afectados, deben participar en todos los aspectos de la toma de decisiones sobre la aplicación de la nanotecnología en la agricultura y los alimentos. Esto supone incluso su participación en la elaboración de regímenes normativos, la determinación de sistemas de etiquetado y la fijación de prioridades para la financiación pública de investigaciones agrícolas y alimentarias. Debe reconocerse explícitamente el derecho de los consumidores a rechazar los nanoalimentos.

Se apoye la alimentación y la agricultura sostenibles

- Los procesos pertinentes de toma de decisiones deben incorporar la evaluación de la nanotecnología aplicada a la industria alimentaria y a la agricultura en el marco de las necesidades societarias más amplias de alimentación y agricultura sostenibles.

I. Breve introducción a la nanotecnología

¿Qué es la nanotecnología?

El término ‘nanotecnología’ no describe a una sola tecnología sino que engloba a una gama de tecnologías que operan a escala de los componentes básicos de los materiales biológicos y manufacturados – es decir, a ‘nanoescala’.

Se ha definido provisionalmente a la nanotecnología como toda tecnología relacionada con materiales, sistemas y procesos que operan a una escala de 100 nanómetros (nm) o menos. Los nanomateriales han sido definidos como aquellos que tienen una o más dimensiones que miden 100nm o menos, o que tienen por lo menos una dimensión a esta escala que afecta el comportamiento y las propiedades de los materiales. Pero esta definición de nanomateriales puede resultar demasiado estrecha a los efectos de la evaluación sanitaria y ambiental (véase más adelante).

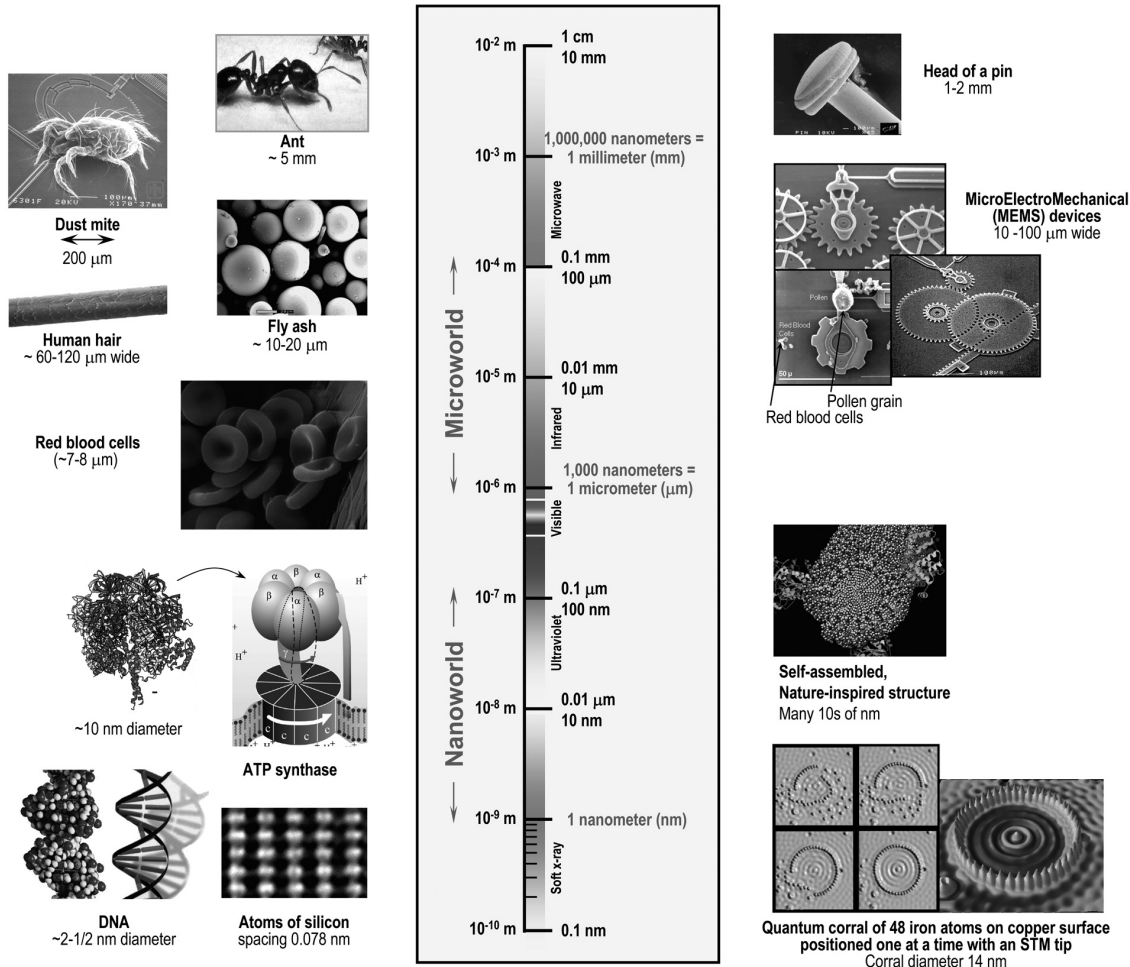
Un nanómetro (nm) es una milésima parte de un micrómetro (μm), una millonésima de un milímetro (mm) y una milmillonésima de un metro (m). Contextualicemos la nanoescala: una hebra de ADN tiene 2,5nm de ancho, una molécula de proteína mide 5nm, un glóbulo rojo mide 7.000nm y un cabello humano tiene 80.000nm de ancho. Si proyectáramos una nanopartícula al tamaño de una persona, icada glóbulo rojo mediría 7 kilómetros de largo!

Definiciones de partículas pequeñas según su tamaño

Menos de 100nm – una nanopartícula

Menos de 1.000nm (representado también como 1 μ m) – una micropartícula submicrónica

Más de 1.000nm – una micropartícula



Fuente: Office of Basic Energy Sciences. Office of Science, U.S. DOE. Version 05/26/06, pmd http://www.science.doe.gov/bes/Scale_of_Things_26MAY06.jpg Consultado Abril 20, 2008.

La nanotecnología es una tecnología de plataforma

Las propiedades novedosas de los nanomateriales ofrecen muchas oportunidades nuevas a las industrias agrícolas y de alimentos, por ejemplo, en la forma de colorantes, saborizantes y aditivos nutricionales más fuertes para uso en alimentos, ingredientes antibacterianos para el envasado de alimentos y agroquímicos y fertilizantes más potentes. En muchos casos, la misma tecnología puede viabilizar aplicaciones en toda la cadena agrícola y de suministro de alimentos. Por ejemplo, hoy se utilizan extensamente unos compuestos de nano arcilla –plásticos a los que se les ha agregado plaquetas de arcilla nanoscópicas– tanto en el envasado de alimentos y bebidas como en caños y plásticos de uso agrícola que permiten la liberación controlada de herbicidas, y se están estudiando su empleo como revestimientos de fertilizantes de liberación controlada. La posibilidad que tienen las nanotecnologías de aplicarse a múltiples sectores no sólo significa mayores rendimientos para las inversiones en investigación, sino que también permite a las compañías ampliar sus actividades comerciales incursionando en otras industrias y segmentos de mercado totalmente nuevos. Por esta razón, suele decirse que la nanotecnología es una tecnología de ‘plataforma’.

En los años y décadas venideras, se prevé que la ‘nanotecnología de próxima generación’ trascenderá el uso de simples partículas e ingredientes encapsulados y pasará a ser empleada en el desarrollo de nano dispositivos, nano máquinas y nano sistemas más complejos (Roco 2001). Se pronostica que la aplicación de la nanotecnología a la biotecnología (la ‘nano biotecnología’) se empleará no sólo para manipular el material genético de seres humanos, animales y plantas agrícolas, sino también para incorporar materiales sintéticos a estructuras biológicas y viceversa

(Roco y Bainbridge 2002). Se prevé que la convergencia de diferentes tecnologías de nanoescala posibilitará la creación de organismos artificiales totalmente novedosos que serán usados en el procesamiento de alimentos, la agricultura y los agrocombustibles, así como en otras aplicaciones (Grupo ETC 2007). Este campo se conoce como biología sintética.

Los nanomateriales poseen nuevas propiedades y plantean nuevos riesgos

Para explicarlo en términos simples: el tamaño pequeño de las partículas significa que las mismas tienen propiedades nuevas, que también pueden entrañar riesgos nuevos. Las nanopartículas tienen una superficie muy amplia, lo cual resulta en una mayor reactividad química, actividad biológica y comportamiento catalítico, en comparación con las partículas más grandes con igual composición química (Garnett y Kallinteri 2006; Limbach et al 2007; Nel et al. 2006). Los nanomateriales tienen también una capacidad de acceso muchísimo mayor a nuestros organismos (lo que se conoce como biodisponibilidad) que las partículas más grandes, lo cual resulta en una mayor absorción por parte de células individuales, tejidos y órganos.

Los materiales que miden menos de 300nm pueden ser absorbidos por células individuales (Garnett y Kallinteri 2006), mientras que los nanomateriales que miden menos de 70nm pueden ser absorbidos incluso por el núcleo de nuestras células, donde pueden causar un daño mayor (Chen y Mikecz 2005; Geiser et al. 2005; Li et al. 2003). Desgraciadamente, la mayor reactividad química y biodisponibilidad de los nanomateriales puede también significar que las nanopartículas tengan una mayor toxicidad en comparación con la misma unidad de masa de partículas más grandes (Hoet et al 2004; Oberdörster et al. 2005a; Oberdörster et al 2005b).

Los nanomateriales tienen otras propiedades que influyen en la toxicidad. Por ejemplo: composición química, forma, estructura superficial, carga superficial, comportamiento catalítico, grado de agregación o desagregación de las partículas y presencia o ausencia de otros grupos de sustancias químicas adheridas al nanomaterial (Brunner et al. 2006; Magrez et al. 2006; Sayes et al. 2004; Sayes et al. 2006).

Mediante estudios *in vitro* (en tubos de ensayo) se ha comprobado que ciertos nanomateriales son tóxicos para cultivos celulares y tejidos humanos, lo cual aumenta la tensión oxidativa, producción de citoquinas inflamatorias (pequeñas proteínas liberadas por las células; Oberdörster et al. 2005b), mutación de ADN (Geiser et al. 2005), daño estructural del núcleo celular e interferencia con la actividad y crecimiento celular (Chen y von Mikecz 2005), daño estructural a nivel mitocondrial e incluso muerte celular (Li et al. 2003).

Ciertos nanomateriales que ya se están utilizando en aplicaciones comerciales en la industria de alimentos, como, por ejemplo, nano dióxido de titanio, plata, zinc y dióxido de silicio, han demostrado ser tóxicos para células y tejidos en experimentos *in vitro* y para animales de laboratorio en estudios *in vivo* (véase Cuadro 8).

Los nanomateriales tienen propiedades y comportamientos tan diversos que es imposible hacer una evaluación genérica de los riesgos que plantean para la salud y el medio ambiente (Maynard 2006). La forma, carga y tamaño de las distintas partículas pueden afectar sus propiedades cinéticas (absorción, distribución, metabolismo y excreción) y tóxicas (Hagens et al. 2007). Por esta razón, aún nanomateriales de la misma composición que tienen diferentes tamaños o formas pueden tener amplias diferencias de toxicidad (Sayes et al. 2006).

Hasta que no tengamos un conocimiento mucho más profundo del comportamiento biológico de los nanomateriales es imposible predecir los riesgos de toxicidad asociados con cualquier material, y cada nuevo nanomaterial debe ser sujeto a nuevas evaluaciones de salud y seguridad antes de su uso comercial, Maynard (2006) señala que “es

claro de los estudios de toxicidad publicados que sólo el tamaño de la partícula no es un buen criterio para diferenciar entre menos y más peligrosos materiales y tecnologías”. Sin embargo, el tamaño de la partícula permanece como criterio obvio y de alguna forma crudo que puede provocar exámenes más profundos y caracterización de las partículas antes que un nanomaterial sea permitido en alimentos comerciales y productos agrícolas.

Es necesario ampliar la definición provisional de los nanomateriales como partículas de 100nm a los efectos de evaluación de inocuidad sanitaria y ambiental

La Organización Internacional de Estándares (ISO) y la ASTM Internacional aún no han acordado en una base de tamaño u otra definición para los nanomateriales. Sin embargo, muchos organismos gubernamentales e instituciones científicas han comenzado a emplear una definición provisional que establece que los nanomateriales son todos aquellos materiales que tienen características nuevas determinadas por su tamaño que no están presentes en partículas más grandes de los mismos materiales. Tales materiales se definen como partículas que tienen al menos una dimensión que existe en el espectro de 0,2 a 100nm (esto es, del nivel atómico a los 100nm). Esta definición basada en el tamaño es algo arbitraria, pero se considera que los materiales con un tamaño inferior a 100nm tienen mayor probabilidad de presentar propiedades nuevas relacionadas específicamente con la nanoescala debido a su mayor superficie relativa y a la predominancia de efectos cuánticos en esta escala de tamaño (RS/RAE 2004).

Algunas de las propiedades alteradas pueden ser, entre otras, una mayor reactividad química o cambios en el color, la fuerza, la solubilidad y la conductividad eléctrica. Un factor importante es el hecho de que las nanopartículas tienen más acceso a las células, tejidos y órganos de nuestros organismos que las partículas más grandes del mismo material. En su in-

forme de 2004, la Sociedad Real y la Academia Real de Ingeniería del Reino Unido determinaron que partículas no ligadas de menos de 100nm de tamaño presentan el mayor riesgo potencial para la salud humana (RS/RAE 2004). Sin embargo, recientemente se ha cuestionado si la definición de 100nm es una definición apropiada, especialmente a efectos de las evaluaciones de inocuidad sanitaria y seguridad ambiental.

Pero existe un creciente reconocimiento a nivel internacional de que ciertas partículas de más de 100nm presentan un comportamiento anatómico y fisiológico similar al de los nanomateriales. Entre los comportamientos nuevos e inherentes al tamaño que se han detectado en partículas que miden unos pocos cientos de nanómetros figuran niveles muy altos de reactividad, bioactividad y biodisponibilidad, una mayor influencia de los efectos superficiales de las partículas y una fuerte adherencia superficial de las partículas (Garnett y Kallinteri 2006). Cabe resaltar que también existen estudios preliminares que sugieren que ciertas partículas que miden unos pocos cientos de nanómetros, o incluso 1.000nm, pueden suponer riesgos a la salud comparables a los que presentan las partículas que hoy se consideran 'nano' (Wang et al. 2006; Ashwood et al. 2007).

Gobiernos y científicos siguen con dudas sobre cuál es el mejor tamaño para definir a los nanomateriales

El tamaño en el cual tiene sentido definir a un material como 'nano', y por ende someterlo a evaluaciones sanitarias y ambientales específicas de la nanoescala, sigue siendo materia de discusión en el seno de organismos normativos, gobiernos y publicaciones científicas.

Todavía sabemos muy poco sobre por qué los nanomateriales tienen propiedades distintas a las de partículas más grandes y cómo factores tales como el tamaño, la forma, la carga superficial, etc., interactúan para afectar la toxicidad del comportamiento biológico de las partículas. Por consiguiente, aún no tenemos suficientes conocimientos

para determinar cuál es el límite de tamaño apropiado para considerar a un material nano y someterlo a evaluaciones sanitarias y ambientales propias de la nanoescala, aunque existe un consenso creciente de que 100nm sería probablemente insuficiente, al menos en ciertas instancias.

Reflejando la considerable incertidumbre en torno a cuál es el tamaño más apropiado para considerar que un material es un nanomaterial, distintos organismos gubernamentales, institutos de investigación y científicos han utilizado distintos tamaños para definir a los nanomateriales. En su esquema de notificación industrial voluntaria emitido en 2006, el gobierno británico definió a los nanomateriales como aquellos que "tienen una o más dimensiones de hasta 200nm" (U.K. DEFRA - Departamento de Asuntos Ambientales, Alimentarios y Rurales del Reino Unido 2006). En un informe emitido en 2006, el Grupo de Trabajo de Selección Química de la Administración de Alimentos y Fármacos de EE.UU. (U.S. FDA) definió a los nanomateriales como "partículas con dimensiones inferiores a la escala micrométrica [esto es, por debajo de los 1.000nm] que presentan propiedades singulares que no se encuentran en las partículas micrónicas o de mayor tamaño" (U.S. FDA 2006). Científicos alimentarios de la Organización de Investigaciones Científicas e Industriales de Australia (CSIRO) también han definido a los nanomateriales como todo material con un tamaño de hasta 1.000nm (Sanguansri y Augustin 2006). En un informe sobre nanomateriales emitido en 2007, la FDA optó por no brindar ninguna definición basada en el tamaño (U.S. FDA 2007).

¿Por qué Amigos de la Tierra recomienda definir a los nanomateriales como <300nm a los efectos de la evaluación de su inocuidad sanitaria y ambiental?

A fin de facilitar la comparación de este informe y los estudios citados con otros textos sobre la temática, limitaremos el uso del término nanopartículas a aquellas partículas

que tengan al menos una dimensión inferior a 100nm. No obstante, dado que existe evidencia de comportamiento biológico propio de la nanoescala, con sus consiguientes riesgos de toxicidad, en partículas que miden unos pocos cientos de nanómetros, Amigos de la Tierra exhorta a los reguladores encargados de evaluar y gestionar los riesgos sanitarios y ambientales de las nanopartículas a que requieran que las partículas de hasta 300nm de tamaño sean sometidas a pruebas y normas de seguridad nano específicas antes de que se permita su empleo comercial en productos alimentarios y agrícolas.

Nanopartículas manufacturadas vs. nanopartículas incidentales

Los nanomateriales 'manufacturados' son aquellos producidos en forma intencional. Estos incluyen nanopartículas (por ejemplo, óxidos metálicos tales como óxido de zinc y dióxido de titanio) y estructuras de nivel atómico creadas mediante nanotecnología, tales como nanotubos, nanocables, puntos cuánticos, dendrímeros y fullerenos de carbono (*buckyballs* o balones de *bucky*), entre otros.

Las nanopartículas 'incidentales', en cambio, son nanopartículas que no fueron fabricadas deliberadamente, sino que ocurren naturalmente o como producto derivado de algún proceso industrial. Entre otras fuentes de nanopartículas incidentales -que en estudios de contaminación atmosférica también se llaman partículas ultrafinas- están los incendios forestales, las erupciones volcánicas, los procesos industriales que emplean altas temperaturas, tales como combustión, soldadura y esmerilado, y los gases de escape de automóviles, camiones y motocicletas (Ejecutivo de Salud y Seguridad del Reino Unido, 2004).

En este informe, Amigos de la Tierra se centra en nanomateriales manufacturados usados en alimentos y agricultura. No obstante, reconocemos que la presencia de nanomateriales incidentales en alimentos, como resultado,

por ejemplo, de los residuos producidos por el desgaste de los equipos de procesamiento de alimentos, también podrían ocasionar riesgos sanitarios nuevos que deben ser tenidos en cuenta por los reguladores.

2. La nanotecnología ingresa a la cadena alimenticia

Generaciones humanas del futuro podrán comer todo tipo de alimentos, sin importar su contenido. Azúcar, sal, grasa, colesterol — ya no tendremos restricciones en todos aquellos productos que nos encantan pero que debemos consumir con moderación. Todos los alimentos serán nutritivos y el único criterio que regirá nuestras elecciones en la comida será el sabor... No llegará nunca el día en que comamos píldoras al estilo Supersónicos; en lugar de ello, en el futuro podremos disfrutar comidas suntuosas todos los días sin sentir culpa (Sawyer 1990)

La nanotecnología está saliendo del laboratorio para incorporarse a todos los sectores de la producción de alimentos. Ya se están usando nanomateriales manufacturados en la producción de ciertos alimentos y suplementos nutricionales, en numerosas aplicaciones de envasado y almacenamiento de alimentos y en ciertos insumos agrícolas (por ejemplo, fertilizantes y plaguicidas. En este informe se utiliza el término plaguicida para referirse a cualquier sustancia química usada para control de plagas, ya sean animales o vegetales, esto es, incluye tanto pesticidas como herbicidas). Las investigaciones realizadas por Amigos de la Tierra sobre el uso de la nanotecnología en toda la cadena alimentaria revela que los alimentos que contienen nano ingredientes y nano aditivos manufacturados no son algo salido de la ciencia ficción, sino que ya están a la venta en los supermercados.

Definición de nanoalimentos

El término 'nanoalimento' se refiere a todo alimento cultivado, producido, procesado o envasado mediante el empleo de técnicas o herramientas nanotecnológicas, o al cual se le han agregado nanomateriales manufacturados (Joseph y Morrison 2006). Algunos ejemplos de nano ingredientes y aditivos compuestos por nanomateriales manufacturados incluyen nanopartículas de hierro o zinc y nanocápsulas que contienen ingredientes tales como coenzima Q10 u Omega 3.

El uso comercial de la nanotecnología y de los nanomateriales en la industria de alimentos está envuelto en un manto de silencio. La renuencia de los fabricantes de alimentos a hablar sobre su empleo de nanotecnología y nanomateriales es agravada por la ausencia de leyes de etiquetado que exijan que los fabricantes identifiquen a los nanoalimentos. Esto hace imposible que se sepa a ciencia cierta si un producto dado contiene o no nano ingredientes. Las estimaciones de la cantidad de nanoalimentos disponibles en el mercado varían enormemente. Los analistas de nanotecnología estiman que ya se están comercializando entre 150 y 600 nanoalimentos y entre 400 y 500 nano aplicaciones de envasado de alimentos (Científica 2006; Daniells 2007; Grupo Consultor Helmut Kaiser 2007a; Grupo Consultor Helmut Kaiser 2007b; Reynolds 2007).

En el Apéndice se presenta una lista de alimentos, suplementos nutricionales, materiales que entran en contacto con los alimentos (como recipientes para almacenamiento y tablas de picar) y agroquímicos (como plaguicidas, tratamientos de crecimiento vegetal y fertilizantes químicos) que contienen nanomateriales manufacturados y están disponibles en el comercio.

Dada la renuencia de los fabricantes de alimentos a hablar sobre su empleo de nanotecnología (Shelke 2006), es posible que nuestra lista represente sólo una pequeña

fracción de los productos con nanomateriales que están disponibles en el comercio.

Y hay muchos más productos de nanoalimentos que están en etapa de desarrollo. Para 2010, se prevé que las ventas de nanoalimentos alcanzarán un valor de casi US\$ 6 mil millones (Científica 2006). Muchas de las compañías de alimentos más grandes del mundo, incluidas Heinz, Nestlé, Unilever y Kraft, están explorando las posibilidades que ofrece la nanotecnología para el procesamiento y envasado de alimentos. Muchas de las compañías agroquímicas y productoras de semillas más grandes del mundo también están llevando a cabo programas de investigación y desarrollo en nanotecnología (Cuadro 2).

La nanotecnología tiene aplicaciones potenciales en todos los aspectos de la agricultura, el procesamiento de alimentos, el envasado de alimentos y hasta el monitoreo de cultivos y alimentos:

- Métodos para reducir el contenido de grasas, carbohidratos o calorías o aumentar el contenido de proteínas, fibras o vitaminas en productos tales como refrescos, helados, chocolate o papas chips, permitiendo así su comercialización como alimentos 'saludables'.
- Producción de saborizantes, colorantes, aditivos nutricionales y coadyuvantes de elaboración más fuertes, para incrementar la velocidad de fabricación y reducir los costos de insumos y elaboración.
- Desarrollo de alimentos que pueden cambiar las propiedades nutritivas, el color o el sabor según las necesidades de alimentación de cada individuo, sus alergias o preferencias de sabor (un área muy prioritaria en los programas de investigación de gigantes de la industria de alimentos como Kraft y Nestlé).

Cap. 2 Del laboratorio a la cadena alimenticia: La nanotecnología en los alimentos y la agricultura

Cuadro 1: Ejemplos de usos actuales de nanomateriales en agricultura, alimentos y envasado de alimentos (véase lista completa referenciada en el Apéndice)

Tipo de producto	Nombre del producto y fabricante	Componente nano	Finalidad
Suplemento nutricional	Polvo 'Mycrohydrin' de la línea de productos <i>Nanoceuticals</i> / compañía <i>RBC Lifesciences</i>	Jaulas moleculares de 1-5 nm de diámetro, hechas a partir de un complejo de hidruro de sílice	La Mycrohydrin nanoscópica presenta mayor potencia y biodisponibilidad incrementada. Al ser expuesta a la humedad, libera iones de hidrógeno y actúa como un potente antioxidante.
Bebida nutricional	<i>Oat Chocolate Nutritional Drink Mix</i> (mezcla para bebida nutricional sabor chocolate y avena) / compañía <i>Toddler Health</i>	Partículas de hierro de 300nm (<i>SunActive Fe</i>)	Las partículas nanoscópicas de hierro tienen mayor reactividad y biodisponibilidad.
Material en contacto con alimentos (artículos de cocina)	Tabla para picar <i>Nano Silver</i> / compañía <i>A-Do Global</i>	Nanopartículas de plata	Las partículas nanoscópicas de plata tienen mayores propiedades antibacterianas.
Material en contacto con alimentos (vajilla)	Jarro para bebés <i>Nano Silver</i> / compañía <i>Baby Dream</i>	Nanopartículas de plata	Las partículas nanoscópicas de plata tienen mayores propiedades antibacterianas.
Material en contacto con alimentos (utensilios de cocina)	<i>Antibacterial Kitchenware</i> (utensilios de cocina antibacterianos) / compañía <i>Nanocaretech/NCT</i>	Nanopartículas de plata	Las partículas nanoscópicas de plata tienen mayores propiedades antibacterianas.
Invasado de alimentos	Adhesivo para recipientes de hamburguesas de McDonald's / compañía <i>Ecosynthetix</i>	Nanoesferas de almidón de 50-150nm	Estas nanopartículas tienen una superficie 400 veces mayor a la de las partículas naturales de almidón. Cuando se utilizan como adhesivo requieren menos agua y por ende menos tiempo y energía para secarse.
Invasado de alimentos	Envoltorio plástico <i>Durethan® KU 2-2601</i> / compañía <i>Bayer</i>	Nanopartículas de sílice en un nanocompuesto polimérico	Las nanopartículas de sílice en el plástico impiden que penetre oxígeno y gas por el envoltorio, alargando así el tiempo de conservación del producto.

Aditivo alimentario	Conservante <i>Aquasol</i> / compañía <i>AquaNova</i>	Micela (cápsula) nanoescalar de sustancias lipófilas o insolubles en agua	Al encerrar los ingredientes activos en nanocápsulas solubles, se aumenta su absorción en el cuerpo (incluido células individuales).
Tratamiento de crecimiento vegetal	<i>PrimoMaxx</i> / compañía <i>Syngenta</i>	Emulsión de partículas de 100nm	El empleo de partículas nanoscópicas aumenta la potencia de los ingredientes activos, reduciendo potencialmente la cantidad que se debe aplicar.

- Envases y materiales de empaque que aumentan el tiempo de conservación de los alimentos mediante la detección de descomposición, bacteria o pérdida de nutrientes, y que respondan liberando agentes antimicrobianos, saborizantes, colorantes o suplementos nutricionales.
- Reformulación de insumos de producción agrícola para lograr fertilizantes, tratamientos de crecimiento vegetal y plaguicidas más potentes que respondan a condiciones o blancos específicos.
- Nanobiotecnología para ampliar la capacidad de modificar genéticamente las semillas.
- Uso de “biología sintética” para diseñar nuevos organismos artificiales para el uso en la producción de coloran-

Cuadro 2: Algunas de las grandes compañías de la industria agrícola y de alimentos dedicadas a actividades de investigación y desarrollo en el campo de la nanotecnología (Grupo ETC 2004; Innovest 2006; Renton 2006; Wolfe 2005).

Aclaración: Las compañías se presentan en orden alfabético y en tres columnas a efectos de una mejor visualización.

Compañía

Altria (Kraft Foods)
 Associated British Foods
 Ajinomoto
 BASF
 Bayer
 Cadbury Schweppes
 Campbell Soup
 Cargill
 DuPont Food Industry Solutions
 General Mills

Glaxo-SmithKline
 Goodman Fielder
 Group Danone
 John Lust Group Plc
 H.J. Heinz
 Hershey Foods
 La Doria
 Maruha
 McCain Foods
 Mars, Inc.

Nestlé
 Northern Foods
 Nichirei
 Nippon Suisan Kaisha
 PepsiCo
 Sara Lee
 Syngenta
 Unilever
 United Foods

tes, aromas y aditivos alimentarios, y en la producción de etanol de agro combustibles.

- Sistemas de vigilancia nano para permitir mayor automatización de la administración de la granja.

3. Nanotecnología y procesamiento de alimentos

Muchos alimentos incorporan nanopartículas y partículas de hasta 300nm como coadyuvantes de elaboración

Actualmente existen en el mercado diversos ingredientes activos nanoencapsulados -por ejemplo, vitaminas y ácidos grasos- que se utilizan para el procesamiento y conservación de bebidas, carnes, quesos y otros alimentos (Aquanova, sin fecha). A muchos alimentos se les agrega deliberadamente nanopartículas y partículas de unos pocos cientos de nanómetros de tamaño, con el fin de mejorar las propiedades de flujo (por ejemplo, la facilidad de vertimiento), el color y la estabilidad durante el procesamiento, o de aumentar el tiempo de conservación de los productos.

Desde círculos científicos se ha sugerido que partículas de unos pocos cientos de nanómetros de tamaño que se utilizan como aditivos en alimentos pueden ser un factor que determine el aumento de la incidencia de enfermedades autoinmunes, como el síndrome de colon irritable y la enfermedad de Crohn (Ashwood et al. 2007; Schneider 2007; véase discusión en el Capítulo 6).

Salchichas nano - “NovaSol: la solución para el curado de carnes y la estabilización del color”

La producción industrial de embutidos y carnes curadas requiere del agregado de numerosos aditivos para acelerar el proceso de producción, estabilizar el color y ‘mejorar’ el sabor. La compañía alemana Aquanova desarrolló un sistema portador nanotecnológico que consiste de micelas de 30nm en las que se encapsulan ingredientes activos -como vitaminas C y E o ácidos grasos- y que pueden emplearse como conservantes y coadyuvantes de elaboración (Aquanova sin fecha). Aquanova comercializa sus micelas con el nombre de “NovaSol” y sostiene que el sistema portador nanoscópico aumenta la potencia y biodisponibilidad de los ingredientes activos. La revista industrial alemana “Fleischwirtschaft” asegura que NovaSol ofrece ventajas significativas para las empresas procesadoras de carne: acelera los tiempos de procesamiento, reduce los costos de los insumos, logra una mayor estabilidad en el color del producto y está disponible en una presentación líquida lista para usar (Fleischwirtschaft 2006). La industria alemana ha contado desde el año 2006 con nanoformulaciones de estos aditivos. Ya pueden estar presentes en diversos embutidos y productos cárnicos curados disponibles a los consumidores europeos. Al no indicarse el contenido de nano ingredientes en las etiquetas de los productos, es imposible determinar la presencia de los mismos. Sin embargo, es dable pensar que consumidores de todas partes del mundo han sido expuestos a estos nanomateriales a través de flujos exportadores.

Muchos alimentos incorporan también nanopartículas y partículas de hasta 300nm de tamaño como aditivos nutricionales

Otra fuente creciente de nanopartículas en los alimentos son los aditivos nutricionales. El Instituto de Medicina de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos define a los “alimentos funcionales”, también conocidos como ‘nutracéuticos’ (un neologismo formado por los términos *nutrición* y *farmacéutico*), como alimentos que “aportan beneficios para la salud que son muy superiores a los de los nutrientes tradicionales contenidos [en los alimentos]”. El mercado mundial de alimentos funcionales está en rápido crecimiento, alcanzando un valor de US\$ 73.500 millones en 2005 (Just-Food.com, sin fecha).

Actualmente, se están agregando vitaminas, hierro, magnesio, zinc y otros minerales, probióticos, péptidos bioactivos, antioxidantes, esteroides vegetales y soja como fortificantes en productos lácteos, cereales, panes y bebidas. Algunos de estos ingredientes activos se incorporan a los alimentos en forma de nanopartículas o partículas que miden unos pocos cientos de nanómetros.

La nanoencapsulación supone colocar ingredientes activos dentro de cápsulas nanoscópicas (Shelke 2005). Entre los ingredientes activos figuran vitaminas, conservantes y enzimas. Hasta hace muy poco estos ingredientes activos eran agregados a los alimentos sólo en forma de cápsulas microscópicas, pero ahora, con el objetivo de aumentar su potencia, también se están produciendo en cápsulas miles de veces más pequeñas.

Métodos modernos de procesamiento de alimentos que producen nanopartículas

El debate emergente en torno a los potenciales riesgos para la salud asociados a los nanomateriales en alimentos se ha centrado principalmente en los nanoalimentos manufacturados o en los aditivos usados en el envasado de alimentos y ha ignorado a las nanopartículas generadas durante el procesamiento. Sin embargo, muchos alimentos contienen también nanopartículas debido a la tecnología empleada para procesarlos, y no porque las nanopartículas hayan sido agregadas en aditivos o ingredientes. Aunque las tecnologías de procesamiento de alimentos que producen nanopartículas no son nuevas, el consumo cada vez mayor de alimentos altamente procesados está aumentando sin duda nuestra exposición a nanopartículas en alimentos.

En la producción de aderezos para ensalada, jarabes de chocolate, edulcorantes, aceites saborizados y muchos otros alimentos procesados se utilizan técnicas de procesamiento que generan nanopartículas, partículas que miden hasta unos pocos cientos de nanómetros y emulsiones nanoscópicas (Sanguansri y Augustin 2006). La formación de nanopartículas y emulsiones nano escalares de ingredientes puede resultar de técnicas de procesamiento de alimentos tales como homogenización con válvula de alta presión, molienda de bola por vía seca, molienda seca a chorro y emulsificación ultrasónica. Aunque muchos fabricantes de alimentos pueden no ser conscientes de que sus alimentos contienen nanopartículas, es probable que estas técnicas de procesamiento se utilicen precisamente porque los fabricantes encuentran atractivos los cambios de textura y las propiedades de flujo que resultan de estas nanopartículas y emulsiones nano escalares.

4. Nanotecnología en el envasado de alimentos y en materiales en contacto con alimentos

Prolongación del tiempo de conservación de los alimentos envasados

Una de las primeras aplicaciones comerciales de la nanotecnología en el sector de alimentos fue en envasado (Roach 2006). Se estima que actualmente se están usando en el comercio entre 400 y 500 nano productos de envasado y se prevé que de aquí a diez años se utilizará nanotecnología en la manufactura del 25% de todo el material de envasado de alimentos (Grupo Consultor Helmut Kaiser 2007a; Reynolds 2007).

Uno de los fines principales del nano envasado es lograr un tiempo de conservación más largo a través de la mejora de las funciones de barrera del material utilizado para envasar alimentos, a fin de reducir el intercambio de gases y humedad y la exposición a los rayos ultravioletas (AzoNano 2007; Bayer, sin fecha; Lagarón et al. 2005; Sorrentino et al. 2007). Por ejemplo, DuPont anunció que lanzaría al mercado un aditivo para plásticos compuesto por nanopartículas de dióxido de titanio, el 'DuPont Light Stabilizer 210', que reduciría el daño causado por rayos ultravioletas a los alimentos en envases transparentes (El Amin 2007a). En 2003, más del 90% del nano envasado (por ingresos) se basó en nanocompuestos, en los cuales se utilizan nanomateriales para mejorar las funciones de barrera de los envoltorios plásticos para alimentos y las botellas plásticas para cerveza, refrescos y jugos (PIRA International citado en Louvier 2006; véase lista de productos en el Apéndice). También se pueden diseñar nanomateriales de envasado para que liberen agentes antimicrobianos, antioxidantes, enzimas, sabores y nutracéuticos que prolonguen el tiempo de conservación (Cha y Chinnan 2004; LaCoste et al. 2005).

Nano envasado que libera sustancias químicas

Los nanomateriales de envasado que liberan sustancias químicas hacen posible que los envases de los alimentos interactúen con su contenido. El intercambio puede darse en ambos sentidos. Los envases pueden liberar agentes antimicrobianos, antioxidantes, sabores, fragancias o nutracéuticos nanoscópicos en los alimentos y bebidas que contienen, a fin de prolongar su tiempo de conservación o mejorar su sabor o aroma (del Nobile et al. 2004; LaCoste et al. 2005; López-Rubio et al. 2006; Nachay 2007). Se están desarrollando nanomateriales de envasado que utilizan nanotubos de carbono y que tienen la capacidad de extraer oxígeno o dióxido de carbono que de lo contrario causaría el deterioro del alimento o bebida envasada. También se están desarrollando nanomateriales de envasado que pueden absorber sabores no deseados (FoodQualitynews.com 2005). En muchos casos, los materiales de envasado que liberan sustancias químicas también incorporan elementos de control, esto es, elementos que determinan que las nano sustancias químicas sean liberadas únicamente en respuesta a una circunstancia desencadenante específica (Gander 2007).

Nano agentes antimicrobianos en envases y materiales en contacto con alimentos

Existen otros materiales de envasado y materiales en contacto con alimentos que, a diferencia de los materiales de envasado que liberan sustancias químicas en función de determinadas circunstancias desencadenantes (por ejemplo, biocidas que se liberan en respuesta al crecimiento de la población microbiana, la humedad u otras condiciones cambiantes), tienen nanomateriales antimicrobianos incorporados de manera que el envase mismo actúa como agente antimicrobiano. Estos productos generalmente utilizan nanopartículas de plata, aunque algunos usan nanopartículas de óxido de zinc o de dióxido de cloro (AzoNano 2007;

Nano recubrimientos en comestibles

La mayoría de nosotros conoce los recubrimientos cerosos con los que se suelen recubrir las manzanas. Ahora, a través de la nanotecnología, es posible desarrollar recubrimientos comestibles nano escalares con un grosor de tan sólo 5nm, lo cual los hace invisible al ojo humano. Estos nano recubrimientos comestibles podrían usarse en carnes, quesos, frutas y verduras, golosinas, productos de repostería y comida rápida. Podrían brindar una barrera contra el intercambio de gases y humedad, actuar como vehículo para emitir colores, sabores, antioxidantes, enzimas y agentes anti oscurecimiento y también prolongar el tiempo de conservación de los alimentos manufacturados, incluso después de abierto el paquete (Renton 2006; Weiss et al. 2006).

A principios de 2007, la compañía estadounidense Sono-Tek Corp. anunció que había desarrollado un nano recubrimiento antibacteriano comestible que podía ser aplicado directamente a productos de repostería, y en estos momentos está probando el proceso con sus clientes (El Amin 2007b).

LeGood y Clarke 2006; Cuadro 4). También se prevé que en el futuro se utilizarán nanopartículas de óxido de magnesio, nanopartículas de óxido de cobre y nanotubos de carbono en materiales antimicrobianos para el envasado de alimentos (El Amin 2007c; Nanologue 2006).

Material de envasado con nano sensores y nano sistemas de seguimiento y rastreo

Se están diseñando materiales de envasado equipados con nano sensores para rastrear las condiciones internas o externas de productos, gránulos y recipientes en toda la cadena de suministro. Estos materiales de envasado pueden, por ejemplo, monitorear la temperatura o la humedad a lo largo del tiempo y luego brindar información pertinente sobre estas condiciones, por ejemplo, cambiando de color (Food Production Daily 2006a; Gander 2007; El Amin 2006a, Cuadro 5). Compañías tan diversas como Nestlé, British Airways, MonoPrix Supermarkets, 3M y muchas otras ya están utilizando materiales de envasado con sensores químicos incorporados, y ahora la nanotecnología les ofrece herramientas nuevas y más sofisticadas para ampliar estas capacidades y reducir costos (LeGood y Clarke 2006).

También se están desarrollando otros tipos de sistemas nanotecnológicos de seguimiento y rastreo para materiales de envasado. Por ejemplo, la compañía estadounidense Oxonica Inc. ha desarrollado nano códigos de barra, que sólo pueden leerse con un microscopio modificado, para usar en gránulos o artículos individuales. Estos códigos se desarrollaron principalmente con fines de prevención de falsificaciones (Roberts 2007). La compañía pSiNutria, una derivación de la compañía de nano biotecnología pSivida, promete lanzar al mercado unos productos que contienen un dispositivo nanotecnológico de seguimiento y rastreo que puede ingerirse. Entre los productos que podría desarrollar pSiNutria figuran “productos para la detección de patógenos en alimentos, rastreo de alimentos, conservación de alimentos [y] mediciones de temperatura en el almacenamiento de alimentos” (pSivida 2006).

Nanomateriales de envasado biodegradables

El desarrollo de nanomateriales para el fortalecimiento de bioplásticos (plásticos de base vegetal) podría brindar ahora una alternativa a los plásticos basados en combusti-

Cap. 2 Del laboratorio a la cadena alimenticia: La nanotecnología en los alimentos y la agricultura

Cuadro 3: Ejemplos de nanomateriales de envasado que liberan sustancias químicas en etapa de desarrollo

Compañía / Institución	Componente nano	Finalidad
CSP Technologies	Polímero capaz de liberar ingredientes en alimentos o bebidas en respuesta a un estímulo externo	Controlar la humedad, el oxígeno, las bacterias, el olor y hasta el sabor de los alimentos mismos (LeGood y Clarke 2006).
Kraft	'Lengua electrónica' de base nano sensora capaz de percibir el sabor de sustancias químicas a nivel de partes por trillón, para luego guiar la liberación de las sustancias químicas	Controlar la liberación de aromas, sabores y nutracéuticos en productos alimentarios en respuesta a las preferencias particulares de cada consumidor (Wolfe 2005).

bles fósiles usados para materiales de envasado de alimentos y bolsas (véase Cuadro 6; El Amin 2007e; Nanowerk 2007; Sorrentino et al. 2007; Universidad Técnica de Dina-

marca 2007). En secciones posteriores trataremos los potenciales beneficios y riesgos ambientales de los nano materiales biodegradables de envasado.

Cuadro 4: Nano agentes antibacterianos en envases y materiales en contacto con alimentos (PEN 2007)

Compañía / Institución	Aplicación
SongSing Nano Technology Co., Ltd	Película adherente para envolver alimentos tratada con nanopartículas de óxido de zinc
Sharper Image	Bolsas de plástico para guardar alimentos tratadas con nanopartículas de plata
BlueMoonGoods, A-DO Global, Quan Zhou Hu Zheng Nano Technology Co., Ltd y Sharper Image	Recipientes de plástico para guardar alimentos tratados con nanopartículas de plata
Daewoo, Samsung y LG	Refrigeradores tratados con nanopartículas de plata
Baby Dream® Co., Ltd	Jarros para bebés tratados con nanopartículas de plata
A-DO Global	Tablas para picar tratadas con nanopartículas de plata
SongSing Nano Technology Co	Teteras tratadas con nanopartículas de plata
Nano Care Technology Ltd	Utensilios de cocina tratados con nanopartículas de plata

Lista basada en el Inventario de Productos de Consumo del Proyecto de Nanotecnologías Emergentes, 8 de agosto de 2007.

Cuadro 5: Materiales de envasado con nano sensores en etapa de desarrollo

Desarrollado por	Componente nano	Finalidad
Georgia Tech en Estados Unidos	Biosensor basado en nanotubos de múltiples paredes	Detectar microorganismos, proteínas tóxicas o alimentos y bebidas en descomposición (Nachay 2007).
Universidad de Southampton, Reino Unido, y Deutsches Kunststoff-Institut, Alemania	Película “opalina”, que incorpora nanopartículas de negro de carbón de 50nm	Producir cambios de color en respuesta a descomposición en los alimentos (El Amin 2007d).
Universidad de Strathclyde, Escocia	Tinta sensora de oxígeno, con base de nanopartículas de dióxido de titanio, activada por luz ultravioleta	Brindar un sistema a prueba de manipulaciones no autorizadas (El Amin 2006a).
Compañía australiana MiniFAB	Biosensores nanotecnológicos	Detectar contaminación biológica (Invest Australia 2007).

Nano revestimiento antiadherente para botellas de mayonesa y salsa de tomate

Con la promesa de poner fin a los restos de mayonesa o ketchup que se desperdician en el fondo de las botellas y la molestia de tener que golpear o sacudir las botellas para sacar hasta la última gota de su contenido, varios institutos alemanes de investigación se han unido a socios de la industria y a la Universidad Tecnológica de Munich con el objetivo de desarrollar nano envases antiadherentes para alimentos (Scenta 2007). Para lograrlo, los investigadores han aplicado películas finas de menos de 20nm a la superficie interior de los envases de alimentos. Ya han desarrollado las primeras muestras y se prevé que dentro de dos o tres años estarían lanzando el nuevo producto al mercado. Los investigadores promocionan su producto como una solución ecológica para reducir la cantidad de condimento que se desperdicia en las botellas. No obstante, existe preocupación ante la posibilidad de que los nanomateriales manufacturados liberados en los desechos de las industrias

manufactureras, o en los mismos envases al final de su vida útil o durante su reciclaje, den lugar a un conjunto nuevo de riesgos ecológicos graves, lo cual significaría que estos materiales de envasado traerían más problemas de contaminación de los que resuelven.

5. La nanotecnología en la agricultura

La nanotecnología está introduciendo toda una nueva gama de plaguicidas, reguladores de crecimiento vegetal y fertilizantes químicos potencialmente más tóxicos que los usados actualmente, en momentos en que deberíamos redoblar el apoyo a sistemas alimentarios más sostenibles. Asimismo, es probable que la nanotecnología, al brindar nuevas herramientas de manipulación genética, extienda la ingeniería genética de cultivos. Aunque los nano sistemas interactivos de control de la producción agrícola aún están muy lejos de materializarse en aplicaciones comerciales -si es que algún día llegan a materializarse-, la nanotecnología

Cuadro 6: Desarrollo de bioplásticos nanocompuestos

Desarrollado por	Componente nano	Finalidad
Plantic Technologies, Australia	Biopolímeros nanocompuestos, relleno no especificado	Producción de plásticos biodegradables. Suministrado al 80% del sector australiano de bandejas de chocolate, incluida la compañía Cadbury Australia (Invest Australia 2007).
Rohm and Haas, EE.UU.	Biopolímeros nanocompuestos, que utilizan Paraloid BPM-500	Usados para el fortalecimiento de PLA, resina plástica biodegradable hecha a partir de maíz, manteniendo la transparencia del plástico (El Amin 2007e).
“Sustainpack”: 35 institutos de investigación, universidades y socios empresariales de 13 países europeos	Biopolímeros nanocompuestos, que utilizan nano arcilla	Usados para fortalecer materiales biodegradables de envasado hechos en base a fibras, y para hacerlos repelentes al agua (Nanowerk 2007).
Universidad Técnica de Dinamarca, entre otras	Biopolímeros nanocompuestos, que utilizan nano arcilla y otros minerales	Utilización de nano arcillas y otros minerales para el fortalecimiento de bioplásticos (Universidad Técnica de Dinamarca 2007).
Organización de Investigación Científica e Industrial del Commonwealth, Australia	Biopolímeros nanocompuestos, relleno no especificado	Nanocompuestos combustibles, convertibles en abono y renovables y dióxido de carbono neutro (Invest Australia 2007).

en la agricultura podría también llevar a una mayor automatización de la gestión agrícola, permitiendo escalas de producción crecientemente más grandes que requerirán cada vez menos mano de obra.

Ya se están usando nano agroquímicos en aplicaciones comerciales

Algunos de los primeros nano agroquímicos lanzados al mercado son nano reformulaciones de reguladores de crecimiento vegetal, fungicidas y tratamientos integrales de semillas que ya existían. Las compañías agroquímicas han reducido el tamaño de las partículas de las emulsiones químicas existentes, llevándolas a dimensiones nanoscópicas,

o han encapsulado los ingredientes activos en nanocápsulas diseñadas para abrirse bajo ciertas condiciones, como, por ejemplo, en respuesta a la luz solar, el calor o condiciones alcalinas en el estómago de un insecto. De igual manera que con las nanocápsulas y nanoemulsiones que se están desarrollando en los sectores de alimentos y envasado, la finalidad que tiene el tamaño más reducido de las nano partículas y emulsiones usadas en agroquímicos es hacerlas más potentes.

Joseph y Morrison (2006) señalan que “muchas compañías producen formulaciones que contienen nanopartículas en el espectro de tamaño de 100 a 250 nm que pueden disolverse en agua más eficazmente que las existentes (aumentando así su nivel de actividad). Otras compañías emplean suspensiones de nanopartículas (nano emulsi-

nes) que pueden tener base hídrica o de aceite y contienen suspensiones uniformes de nanopartículas pesticidas o herbicidas en el espectro de los 200 a 400 nm”.

El Organismo de Protección Ambiental de EE.UU. (U.S. EPA) reconoció que lo han contactado varios fabricantes interesados en lanzar pesticidas nanoscópicos al mercado (U.S. EPA 2007). Sin embargo, casi ninguna de las grandes compañías agroquímicas ha admitido que fabrican productos con partículas de 100nm o inferiores. Una excepción es Syngenta, la compañía agroquímica más grande del mundo, que ha estado comercializando desde hace varios años un regulador de crecimiento vegetal nano formulado: su producto “Primo MAXX”. Primo MAXX se comercializa como un concentrado de “micro emulsión” (Syngenta, sin fecha) Al ser contactado por Amigos de la Tierra, un vocero de Syngenta Australia inicialmente confirmó que otros fungicidas y tratamientos de semillas, producido por Syngenta como parte de su línea MAXX de concentrados de “micro emulsión”, también contienen partículas de 100nm de tamaño. El vocero luego se retractó y declaró que ningún otro producto de Syngenta contiene nanopartículas.

Estas confusiones podrían evitarse si se establecieran requisitos de etiquetado que obligaran a los fabricantes a indicar los contenidos de nano ingredientes y formulaciones. El Cuadro 7 presenta información sobre nano agroquímicos que se están desarrollando actualmente.

Manipulación nano genética de animales y cultivos agrícolas

Los biólogos moleculares han intentado desde hace décadas manipular genéticamente microbios, plantas y animales, pero han enfrentado muchas limitaciones y obstáculos técnicos (Zhang et al. 2006). Ahora, la nano biotecnología estaría ofreciéndoles un conjunto nuevo de herramientas para manipular los genes de plantas o animales

utilizando nanopartículas, nanofibras y nanocápsulas, en vez de vectores virales, para transportar ADN exógeno y sustancias químicas a las células (Barrali et al. 2005; He et al. 2003; Radu et al. 2004; Roy et al. 2005; Torney et al. 2007; Vassaux et al. 2006). Estos nanomateriales pueden transportar un número mucho mayor de genes, así como las sustancias químicas que desencadenan la expresión genética. Teóricamente, el empleo de nanotecnología brinda también un mayor control sobre la liberación de ADN en el sitio objetivo.

La nano biotecnología ya está permitiendo a los científicos reordenar el ADN de cultivos agrícolas. En 2004, el Grupo ETC informó que investigadores de la Universidad de Chiang Mai, Tailandia, habían logrado alterar el color del arroz, cambiándolo de violeta a verde. Se señaló que el objetivo final de los investigadores tailandeses era poder usar su técnica para desarrollar variedades de arroz de jazmín que pudieran cultivarse todo el año, con tallos más cortos y un color mejorado de grano (Grupo ETC 2004). Según otros informes, se habría logrado alterar genéticamente la variedad de arroz dorado mediante “inyección” celular de nanofibras de carbono con ADN exógeno (AzoNano 2003).

Creación de organismos totalmente nuevos con biología sintética

‘Biología sintética’ es el nombre con el que se designa un nuevo campo de trabajo que combina la ingeniería genética con la nanotecnología, la informática y la ingeniería. La Sociedad Real del Reino Unido ha definido a la biología sintética como “un área de investigación emergente que puede describirse en términos generales como el diseño y la construcción de dispositivos, organismos y vías biológicas artificiales nuevas, o el rediseño de sistemas biológicos naturales existentes” (Sociedad Real del Reino Unido 2007). La Sociedad Real explica que: “La aplicación de principios de la ingeniería al diseño y construcción de sistemas bio-

Cuadro 7: Nano agroquímicos en desarrollo

Producto	Fabricante	Componente nano	Finalidad
“Súper” fertilizante combinado con plaguicida (Programa de Cooperación Científico-Técnica Pakistán-EE.UU. 2006).	Programa de Cooperación Científico-Técnica Pakistán-EE.UU.	Cápsula de nano arcilla que contiene estimulantes de crecimiento y agentes de biocontrol	Debido a que puede diseñarse para liberar lentamente los ingredientes activos, el tratamiento requiere una sola aplicación a lo largo de toda la vida del cultivo
Herbicida (Raj 2006).	Universidad Agrícola Tamil Nadu (India) y Tecnológico de Monterrey (México)	Nano formulado	Diseñado para atacar el revestimiento de semillas de malezas, destruir los bancos de semilla en el suelo y evitar la germinación de malezas
Plaguicidas, incluidos herbicidas (Invest Australia 2007).	Organización de Investigación Científica e Industrial del Commonwealth de Australia	Nanocápsulas	El tamaño muy pequeño de las nanocápsulas aumenta su potencia y puede permitir la liberación dirigida de ingredientes activos

lógicos complejos significará probablemente un salto respecto de los ajustes mínimos de genomas existentes que es como generalmente se describe a la ingeniería genética”.

Es probable que pase algún tiempo antes de que se desarrollen organismos artificiales con capacidad de auto replicación, aunque se están logrando adelantos críticos en las investigaciones tendientes a desarrollar vida sintética. Recientemente se logró uno de los primeros avances en la creación de un organismo artificial, cuando investigadores del campo de la biología sintética extrajeron toda la estructura genética de una bacteria y la sustituyeron con la estructura de otra bacteria, literalmente transformando por primera vez una especie en otra, sin ser un virus (Lartigue et al. 2007).

La biología sintética tiene aplicaciones potenciales en todos los sistemas de producción agrícola y alimentaria. El Grupo ETC informa que Amyris Biotechnologies está desarrollando microbios sintéticos para producir nutracéuti-

cos, vitaminas y sabores que serían usados en el procesamiento de alimentos (Amyris Biotechnologies 2006; Grupo ETC 2007). Codon Devices también está desarrollando aplicaciones de biología sintética para la agricultura, buscando, entre otras cosas, mejorar la eficiencia y el control de la ingeniería genética de plantas. Para una introducción detallada sobre el campo de la biología sintética, consulte al Grupo ETC (2007).

Nano sensores para monitoreo y control en predios agrícolas

Se están diseñando sensores de nanotecnología y nano biotecnología para diversas aplicaciones agrícolas. Un establecimiento australiano de investigación ha desarrollado ‘nano conjuntos’ que tendrían aplicaciones en el monitoreo del crecimiento de cultivos, la cría de animales y el diagnóstico de enfermedades. Los investigadores que de-

sarrollaron estos nano conjuntos creen que con ellos se podrá fabricar un dispositivo manual para tomar muestras de leche a las vacas e indicar en menos de una hora si la leche contiene la bacteria responsable de la Mastitis Bovina (Clifford 2007). Otro grupo australiano ha desarrollado un nuevo dispositivo manual de monitoreo capaz de detectar piojos ovinos en la cuchilla del esquilador. El sistema emplea detección colorimétrica basada en racimos de nanopartículas de oro (Nanotechnology Victoria, sin fecha). Otra de las potenciales aplicaciones de los nano sensores está en la mejora de la genética de cultivos o animales.

6. Los nano alimentos y los nano agroquímicos representan nuevos riesgos para la salud

La incorporación de nanomateriales manufacturados en alimentos y bebidas, suplementos nutricionales, envases de alimentos y revestimientos comestibles de alimentos, fertilizantes, plaguicidas y tratamientos integrales de semillas presenta toda una nueva gama de riesgos para el público, los trabajadores de la industria de alimentos y los agricultores.

Por qué representan nuevos riesgos las nanopartículas

- Las nanopartículas tienen mayor reactividad química que las partículas más grandes
- La nanopartículas tienen mayor acceso a nuestros organismos que las partículas más grandes
- Una mayor biodisponibilidad y una mayor bioactividad podrían significar nuevos riesgos de toxicidad

- Las nanopartículas podrían comprometer la respuesta de nuestro sistema inmunitario
- Las nanopartículas podrían tener efectos patológicos más duraderos

Aún sabemos muy poco sobre la nano toxicidad. No sabemos:

- Qué niveles de nano exposición enfrentamos actualmente
- Qué niveles de exposición podrían tener efectos nocivos para la salud humana, o si existe un nivel inocuo de exposición

Los nanomateriales manufacturados podrían significar riesgos graves para la salud

Los mecanismos de defensa de nuestro organismo no son tan eficaces en la eliminación de nanopartículas de pulmones, tracto gastrointestinal y órganos como lo son en la eliminación de partículas más grandes (Oberdörster et al 2005a). Por otra parte, las nanopartículas se adhieren más que las partículas grandes a las superficies interiores de nuestro organismo (Chen et al. 2006). Como consecuencia de estos factores y de su muy reducido tamaño, las nanopartículas son mucho más susceptibles de ser absorbidas por nuestras células y tejidos que las partículas mayores.

Numerosos experimentos *in vivo* con ratas y ratones han demostrado la absorción gastrointestinal de nanopartículas (Chen et al. 2006b; Desai et al. 1996; Hillyer y Albrecht 2001; Wang et al. 2007a; Wang et al. 2007b) y micropartículas pequeñas (Hazzard et al. 1996; McMinn et al. 1996; Wang et al. 2006). Exámenes patológicos de tejidos humanos también sugieren la ingestión y transposición de

micropartículas de hasta 20 μ m de tamaño (Ballestri et al. 2001; Gatti y Rivassi 2002)

Un cúmulo creciente de evidencia demuestra que algunas nanopartículas manufacturadas tendrán una mayor toxicidad por unidad de masa que las partículas más grandes con igual composición química (Brunner et al. 2006; Chen et al. 2006b; Long et al. 2006; Magrez et al. 2006). Por ejemplo, en su forma macro el dióxido de titanio es considerado biológicamente inerte y es utilizado ampliamente como aditivo en la producción de alimentos. No obstante, experimentos *in vitro* demuestran que cuando está en forma de nanopartícula o partícula de hasta unos pocos cientos de nanómetros de tamaño el dióxido de titanio tiene efectos nocivos sobre el ADN, afecta la función celular, interfiere con la actividad de defensa de las células del sistema inmunitario y, al absorber fragmentos de bacteria y 'contrabandearlos' por el tracto gastrointestinal, puede producir inflamación (Ashwood et al 2007; Donaldson et al. 1996; Dunford et al. 1997; Long et al. 2006; Lucarelli et al. 2004; Wang et al. 2007b). Una sola dosis oral de nanopartículas de dióxido de titanio causó importantes lesiones en los riñones e hígados de ratones hembras (Wang et al. 2007b). El Cuadro 8 presenta un resumen de las evidencias científicas más importantes de la toxicidad de tan sólo algunos de los nanomateriales usados actualmente en la industria de los alimentos.

Además de la toxicidad a corto plazo, preocupan enormemente los potenciales efectos patológicos a largo plazo causados por la ingestión de nanopartículas no degradables. Algunos estudios clínicos de nanopartículas y pequeñas micropartículas no degradables sugieren que si bien éstas no provocan una respuesta tóxica aguda pueden acumularse en nuestro organismo y a la larga resultar en la aparición de 'nano patologías', como, por ejemplo, granulomas, lesiones (áreas dañadas de células o tejidos), cáncer o coágulos sanguíneos (Ballestri et al. 2001; Gatti 2004; Gatti y Rivassi 2002; Gatti et al. 2004).

Hasta donde sabemos no se han realizado estudios experimentales de largo plazo para investigar el potencial que tienen los nanomateriales manufacturados para presentar toxicidad crónica. Sin embargo, aun si se realizaran experimentos con animales que abarcaran períodos prolongados (2 años), estos no serían capaces de identificar adecuadamente el potencial de los nanomateriales para causar problemas de salud durante el ciclo vital de los seres humanos. Cabe señalar, en este sentido, que si bien existe consenso entre los científicos de que la exposición al asbesto por inhalación puede resultar en cáncer pulmonar, los experimentos llevados a cabo con animales para establecer esta conexión siguen sin arrojar resultados concluyentes, debido a que las enfermedades provocadas por el asbesto se desarrollan en un período mayor al ciclo de vida de los animales de laboratorio (Magrez et al. 2006). Esto refuerza la necesidad de aplicar el principio de precaución a la hora de elaborar normas que garanticen que la exposición prolongada a nanomateriales manufacturados no tenga efectos nocivos para la salud.

Urge abordar los riesgos para la salud ocupacional

Como sucede en la producción de todo nanomaterial, es probable que los trabajadores que manipulan, fabrican, envasan o transportan alimentos e insumos agrícolas que contienen nanomateriales manufacturados se enfrenten a niveles más altos de exposición y mucho más cotidianamente que la población en general. Esto resulta altamente preocupante si consideramos que los científicos aún no saben qué niveles de exposición a nanomateriales serían nocivos para la salud de los trabajadores y si realmente existe un nivel inocuo de exposición laboral a nanomateriales. Asimismo, todavía no existen sistemas y equipos confiables para prevenir la exposición en el lugar de trabajo y aún no se han establecido parámetros generales para medir y

caracterizar la exposición a nanomateriales que se produce efectivamente (Maynard y Kuempel 2005; Ejecutivo de Salud y Seguridad del Reino Unido 2004).

Se han realizado estudios que demuestran que los nanomateriales ingresan fácilmente al flujo sanguíneo al ser inhalados, y que esta podría ser la principal vía de exposición ocupacional a nanomateriales (Oberdörster et al. 2005b). Existen al menos algunos nanomateriales que pueden penetrar la piel (Ryman-Rasmussen et al. 2006), especialmente cuando está contraída (Rouse et al. 2007; Tinkle et al. 2003), o expuesta a agentes tensoactivos (Monteiro-Riviere et al. 2006), como es común en muchos lugares de trabajo. Las nanopartículas e incluso las pequeñas micropartículas pueden ingresar al organismo a través de lesiones o heridas en la piel (Oberdörster et al. 2005a).

Los nano aditivos alimentarios tienen otras consecuencias para la salud

Si bien es alarmante la escasa cantidad de estudios que han investigado la toxicidad de las nanopartículas usadas como aditivos nutricionales, existe un experimento preliminar que demuestra que la ingestión de nanopartículas e incluso de pequeñas micropartículas de zinc puede tener efectos nocivos severos en los órganos y aumentar la viscosidad de la sangre en ratones (Wang et al. 2006).

El fracaso de los gobiernos en requerir exámenes profundos de seguridad sobre nanoaditivos es preocupante, si consideramos que actualmente se están vendiendo partículas de 300nm de hierro y zinc como agentes fortificantes de alimentos y bebidas (por ejemplo, los productos SunActive® comercializados por Taiyo International). También existen varias compañías que comercializan nano aditivos 'genéricos', como nano óxido de zinc, nano sílice y otros ingredientes activos nano encapsulados (véase el Apéndice de éste capítulo).

También es preocupante el potencial que tienen estos potentes nano aditivos nutricionales biodisponibles para suministrar dosis excesivas de ciertas vitaminas o minerales. Por ejemplo, Food Processing.com, una revista electrónica de la industria, informa que una compañía estadounidense está promocionando un complemento nano formulado de Vitamina E que contiene "10 veces la cantidad diaria de vitamina E recomendada para adultos, que los consumidores pueden consumir en aguas fortificadas y otras bebidas funcionales sin percibir cambios de sabor o aspecto" (Shelke 2007). Más allá de las ventajas promocionadas, los científicos reconocen que sustancias que por sí mismas no son tóxicas pueden tener un efecto tóxico si se consumen en cantidades excesivas.

Exposición y riesgos sanitarios asociados a nano envases para alimentos

El uso de nanomateriales manufacturados en el envasado de alimentos y recubrimientos comestibles aumentará sin duda la probabilidad de que el público ingiera nanomateriales. La futura aplicación de tecnologías de liberación de sustancias químicas en el sector de envasado, a través de materiales diseñados para liberar nanocápsulas de sabores, aromas o aditivos nutricionales en alimentos y bebidas a lo largo del tiempo, ofrece una serie de beneficios a los procesadores, tales como costos reducidos de procesamiento y prolongación del tiempo de conservación de alimentos y bebidas. Pero es claro que los envases diseñados para liberar nanocápsulas en los alimentos llevarán a que el público ingiera nanomateriales manufacturados al consumir los alimentos y bebidas en cuestión. Los beneficios que pueden ofrecer a los consumidores, tales como sabores o gustos más fuertes, estarían contrarrestados por potenciales riesgos sanitarios nuevos asociados a la ingestión de nanomateriales. Los nano recubrimientos comestibles

Cap. 2 Del laboratorio a la cadena alimenticia: La nanotecnología en los alimentos y la agricultura

Cuadro 8: Evidencia empírica de la toxicidad de ciertos nanomateriales usados hoy comercialmente en la industria de alimentos

Nanomaterial y aplicaciones actuales	Tamaño y descripción física	Evidencia empírica de su toxicidad
<p>Dióxido de titanio</p> <p>Micro forma pequeña usada ampliamente como aditivo en alimentos; nano forma en desarrollo para uso como agente antimicrobiano en envases y recipientes para almacenamiento de alimentos</p>	20nm	Destruyó ADN (<i>in vitro</i> ; Donaldson et al. 1996)
	Mezcla de 30nm de formas anatasa y rutilo dióxido de titanio (encontradas como pequeñas, aisladas y afilados cristales de dióxido de titanio).	Produjo radicales libres en células inmunitarias en el cerebro (<i>in vitro</i> ; Long et al. 2006)
	Nanopartícula de formas rutilo y anatasa, tamaño desconocido	Daño al ADN en células epidérmicas humanas al ser expuesto a rayos UV (<i>in vitro</i> ; Dunford et al. 1997)
	Cuatro tamaños de 3-20nm de mezcla de formas rutilo y anatasa	En altas concentraciones, interfirieron con la función de células epidérmicas y pulmonares. Las partículas de anatasa son 100 veces más tóxicas que las partículas de rutilo (<i>in vitro</i> ; Sayes et al. 2006)
	25nm, 80nm, 155nm	Partículas de 25nm y 80nm provocaron lesiones hepáticas y renales en ratones hembras. El TiO ₂ se acumuló en el hígado, bazo, riñones y tejido pulmonar (<i>in vivo</i> ; Wang et al. 2007b)
<p>Plata</p> <p>Usada como agente antimicrobiano en envases de alimentos, recipientes de almacenamiento de alimentos, tablas de picar y refrigeradores</p>	15nm	Altamente tóxica en células madre germinales de ratones (<i>in vitro</i> ; Braydich-Stolle et al. 2005)
	15nm, 100nm	Altamente tóxica en células hepáticas de ratas (<i>in vitro</i> ; Hus-
	15nm, forma iónica	Tóxica en neuronas de ratas (<i>in vitro</i> ; Hussain et al. 2006)

Zinc Pequeñas partículas submicrónicas usadas como aditivos en alimentos, nano forma usada como agente antimicrobiano en envasado de alimentos	Polvo de óxido de zinc de 20nm, 120nm	Las partículas de 120nm causaron daño dosis-efecto en el hígado, corazón y bazo de ratones. Las partículas de 20nm causaron daño en el hígado, bazo y páncreas (<i>in vivo</i> ; Wang et
	Óxido de zinc de 19nm	Tóxicas en células humana y de ratas, incluso en concentraciones muy bajas (<i>in vitro</i> ; Brunner et al. 2006)
	Polvo de zinc de 58 ± 16 nm, $1.08 \pm 0.25 \mu\text{m}$	Produjo graves síntomas de letargo, vómito y diarrea en ratones de laboratorio. Las dosis de nanopartículas produjeron respuestas aun más severas, matando a dos ratones en la primera semana y causando mayores daños hepáticos y anemia. El tratamiento con micropartículas provocó mayores daños hepáticos (<i>in vivo</i> ; Wang et al. 2006)
Dióxido de silicio Partículas de unos pocos cientos de nm de tamaño usadas como aditivos en alimentos, nano forma promocionada para uso en envasado de alimentos	50nm, 70nm, $0.2 \mu\text{m}$, $0.5 \mu\text{m}$, $1 \mu\text{m}$, $5 \mu\text{m}$	Absorción de partículas de 50nm y 70nm en el núcleo celular donde causaron formación anómala de proteína e inhibieron el crecimiento celular. Causaron la aparición de una patología similar a un trastorno neurodegenerativo (<i>in vitro</i> ; Chen y von Mickecz 2005)

que se están desarrollando para golosinas, productos de repostería y frutas y verduras frescas también significarán un incremento en la ingestión de nanomateriales, con la posibilidad de nuevos riesgos para la salud.

La utilización de nanotecnología para producir materiales en contacto con alimentos, incluidos envases, películas adherentes, recipientes para almacenamiento y tablas de picar, también aumenta la probabilidad de ingerir nanomateriales, ya que parecería que es posible que los nanomateriales puedan migrar desde diversos envases de alimentos a los alimentos mismos. Se sabe que polímeros y aditivos químicos utilizados en envases convencionales de alimentos migran de los envases hacia los alimentos que contienen (Franz 2005; Das et al. 2007). También se ha comprobado que, a su vez, los sabores y nutrientes de los alimentos y bebidas migran al plástico en el que están envasados. El

Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (IFST) ha expresado su preocupación de que ya se estén usando nanomateriales manufacturados en envases de alimentos, a pesar de que aún se desconocen las tasas de migración, y por ende los riesgos de exposición (IFST 2006).

El Laboratorio Central de Ciencias del Reino Unido y científicos daneses del Instituto Nacional de los Alimentos están investigando el potencial que tienen los nanomateriales para migrar de los envases a los alimentos (Organismo de Normas Alimentarias del Reino Unido 2006; El Amin 2007f). Los resultados preliminares del estudio en Inglaterra indican que las tasas de migración de nanomateriales de las sustancias analizadas (compuestos de nano arcilla y nano plata) podrían ser mínimas (comunicación personal con el Dr. Qasim Chaudhry), pero, hasta tanto no concluyan estos estudios, seguiremos sin tener datos publicados

que cuantifiquen las tasas de migración de nanomateriales manufacturados desde los envases a los alimentos (Nanlogue.net 2005).

Desafíos planteados por los envasados antibacterianos y los nano sensores

Se ha promocionado a las tecnologías de nano sensores y nano envases antibacterianos para alimentos como opciones que brindan una mayor seguridad de los alimentos, al detectar o eliminar la contaminación por bacterias y toxinas en los alimentos. Sin embargo, es posible que los nanomateriales migren de los envases antibacterianos a los alimentos y presenten así nuevos riesgos para la salud. Esta posibilidad parece inevitable en el caso de nano películas o envases diseñados para liberar agentes antibacterianos a la superficie de los alimentos en respuesta a la aparición de bacterias, hongos o moho. En el caso de agentes antibacterianos potentes, como la nano plata, también podrían interferir con las bacterias que cumplen una función beneficiosa en nuestros organismos y el medio ambiente y podrían terminar por desarrollar bacterias virulentas más nocivas (véase también Melhus 2007; Senjen 2007; Throck et al. 2007).

Riesgos sanitarios asociados con los nano agroquímicos

La exposición a plaguicidas convencionales ha sido vinculada a una mayor incidencia de cáncer y graves problemas de salud reproductiva en trabajadores agrícolas y sus familias (Davidson y Knapp 2007; Hanazato 2001; Relyea y Hoverman 2006). Se están diseñando nanoformulaciones de agroquímicos existentes con una mayor reactividad y bioactividad que sus contrapartes convencionales. Existe la posibilidad real de que aunque las cantidades de químicos utilizadas sean menores, los nano agroquímicos introduz-

can riesgos ambientales y sanitarios aun más severos que los producidos por las sustancias químicas convencionales que sustituyen.

7. Los nano alimentos y la nano agricultura suponen nuevos riesgos ambientales

La producción, utilización y eliminación de alimentos, envases de alimentos y productos agrícolas que contienen nanomateriales manufacturados resultará inevitablemente en la liberación de nanomateriales al medio ambiente. Esta liberación puede ser consecuencia de los desechos vertidos por las industrias manufactureras en el proceso de producción, el desgaste de los materiales durante la utilización del producto o la eliminación o reciclaje del producto al final de su vida útil. También se liberarán otros nanomateriales al medio ambiente en forma intencional, por ejemplo, como plaguicidas o tratamientos de crecimiento vegetal.

Aunque el uso comercial de nanomateriales por parte de los sectores agrícola y alimentario es cada vez mayor, seguimos sabiendo muy poco acerca de los riesgos ecológicos asociados con los nanomateriales. Parecería que los nanomateriales manufacturados se concentran en ciertos organismos acuáticos, pero aún no se ha estudiado su absorción en plantas, y no se sabe si los nanomateriales podrían acumularse o no a lo largo de la cadena alimentaria (Boxhall et al. 2007; Tran et al. 2005). Estudios tempranos que demuestran el potencial nocivo para el medio ambiente que tienen ciertos nanomateriales usados hoy en aplicaciones comerciales estarían señalando la necesidad urgente de realizar más investigaciones (Moore 2006). Sabemos aun menos sobre los riesgos ambientales asociados a cultivos modificados genéticamente usando nanomateriales y organismos biológicos sintéticos desarrollados para usos agrícolas.

Nanomateriales que se utilizan hoy en el comercio plantean serios riesgos ecológicos

A pesar de la escasa cantidad de estudios que analizan los efectos ecológicos de los nanomateriales, ya existe evidencia que sugiere que nanomateriales utilizados hoy en aplicaciones comerciales en la agricultura y la industria de alimentos podrían provocar daños ambientales. Esto es particularmente cierto en el caso de nanomateriales antibacterianos, tales como plata, óxido de zinc y dióxido de titanio, que se están utilizando cada vez más en envases de alimentos y materiales en contacto con alimentos, incluidos películas adherentes, tablas de picar, cubiertos y recipientes para almacenamiento de alimentos. El nano dióxi-

¿Qué hace que la nano plata sea un agente antibacteriano más potente que las partículas más grandes de plata?

En su forma iónica la plata es un agente antibacteriano potente y además es tóxico para células en cultivo. Debido a que las nanopartículas de plata tienen una superficie mayor que las partículas más grandes de plata, la nano plata tiene mayor reactividad química y se ioniza más fácilmente que la plata en forma de partículas más grandes. Por lo tanto, comparada con las partículas de plata más grandes, la nano plata tiene mayores efectos antibacterianos y tóxicos, porque se convierte más fácilmente a iones de plata. Sin embargo, también existe evidencia preliminar que indica que la nano plata puede tener una acción antibacteriana efectiva a una concentración considerablemente más baja que la de los iones de plata (Lok et al. 2006). Esto sugiere que las propiedades antibacterianas y la toxicidad de la nano plata no se explica sólo por su composición química y por la producción de iones.

Las características físicas de los nanomateriales, como su tamaño, forma y propiedades superficiales, pueden tener un efecto tóxico que va más allá del efecto asociado a su composición química (Brunner et al. 2006).

Estos potentes efectos antibacterianos y tóxicos de la nano plata también pueden ser fuente de preocupación, dado que el uso creciente de la nano plata en materiales en contacto con los alimentos y en otros desinfectantes probablemente resultará en que tanto los seres humanos como los sistemas ambientales estén en general más expuestos a la plata. En el caso de agentes antibacterianos potentes, como lo es la nano plata, podrían interferir con las bacterias que tienen una función beneficiosa para nuestros organismos y el medio ambiente y podrían terminar por desarrollar bacterias nocivas más virulentas (véase también Melhus 2007; Senjen 2007; Throckack et al. 2007).

do de titanio, uno de los nanomateriales más utilizados, ha causado patologías en órganos, alteraciones bioquímicas y dificultades respiratorias en truchas arco iris (Federici et al. 2007). También es tóxico para algas y pulgas de agua, que son usadas por reguladores como indicadores biológicos de condiciones ecológicas, sobre todo luego de su exposición a rayos UV (Hund-Rinke y Simon 2006; Lovern y Klaper 2006). Un estudio preliminar determinó que el nano zinc también tiene efectos tóxicos para algas y pulgas de agua (Luo 2007), y que el nano óxido de zinc es tóxico para bacterias y pulgas de agua (Heinlaan et al. 2007). Estos resultados son preocupantes, especialmente si tenemos en cuenta que las pulgas de agua son utilizadas por reguladores como indicadores biológicos de condiciones ecológicas.

Siguen sin entenderse bien los efectos que tienen los nanomateriales en bacterias, microbios y hongos en ambientes naturales. Es posible que una mayor presencia de nanomateriales antibacterianos altamente potentes en las corrientes de desechos altere el comportamiento de las bacterias beneficiosas en el medio ambiente en general, por ejemplo, aquellas bacterias que cumplen un rol de nitrificación y desnitrificación en ecosistemas de agua dulce y marinos (Throback et al. 2007). Los nano agentes antimicrobianos también podrían alterar la acción de bacterias fijadoras de nitrógeno asociadas a plantas (Oberdörster et al. 2005). Cualquier alteración significativa de los procesos de nitrificación, desnitrificación o fijación de nitrógeno podría tener efectos negativos en el funcionamiento de ecosistemas enteros. También existe el riesgo de que el empleo generalizado de agentes antimicrobianos torne más resistentes a las poblaciones bacterianas nocivas (Melhus 2007).

Los nano agroquímicos podrían significar mayores problemas que los químicos que sustituyen

Se ha comprobado que los agroquímicos convencionales usados en plaguicidas, fertilizantes químicos y tratamientos de crecimiento vegetal y de semillas han contaminado suelos y cuerpos de agua, causando alteraciones importantes en estos ecosistemas y resultado en la pérdida de biodiversidad (Beane Freeman et al. 2005; Petrelli et al. 2000; van Balen et al. 2006). Quienes los promueven sostienen que, como son más potentes y tienen una mayor capacidad de aplicación dirigida o de liberación bajo condiciones específicas, los plaguicidas nano formulados contribuirán a una mayor conservación del medio ambiente debido a que se aplicarán en cantidades más reducidas y a que el escurrimiento será menor. No obstante, las mismas características que hacen que los nano plaguicidas sean más efectivos que

sus contrapartes macro -mayor toxicidad, más biodisponibilidad para alcanzar plagas específicas y mayor longevidad en el terreno- también significan nuevos riesgos para los seres humanos y el medio ambiente.

Debido a que los nano agroquímicos son formulados para que sean más potentes, es posible que introduzcan problemas ecológicos aun mayores que los químicos que sustituyen. Los agroquímicos nano formulados pueden dejar residuos más persistentes y crear nuevos tipos de contaminación de suelos y aguas o en la cadena alimentaria. Asimismo, el argumento de que los nano agroquímicos reducirán el volumen total de plaguicidas que se utiliza merece una consideración crítica a la luz de similares promesas incumplidas realizadas por muchas de las mismas compañías respecto a los cultivos transgénicos.

La Sociedad Real y la Academia Real de Ingeniería del Reino Unido han exhortado a que “se evite lo más posible” la liberación de nanopartículas al ambiente, y que “se prohíba” su liberación intencional “hasta tanto no se realicen investigaciones apropiadas y se pueda demostrar que los potenciales beneficios compensan los riesgos potenciales” (Sociedad Real y Academia Real de Ingeniería del Reino Unido 2004, Sección 5.7: párrafo 63). Esta recomendación debe aplicarse con respecto a todos los nano agroquímicos.

La nano biotecnología y la biología sintética suponen riesgos ecológicos aun más inciertos

Es probable que los riesgos ecológicos de los cultivos genéticamente modificados (transgénicos) que utilizan nanopartículas en lugar de otros vectores sean similares a los derivados de cultivos transgénicos existentes. La importancia del uso de nanopartículas puede radicar simplemente en que resuelven algunos de los obstáculos técnicos que enfrentaban los ingenieros genéticos (Zhang et al. 2006),

permitiendo así que se lance al mercado una nueva generación de cultivos transgénicos. Si esto ocurre, podría resultar en una nueva ola de erosión de la diversidad genética de los cultivos alimentarios al desplazar especies y cepas existentes. También representaría una nueva fuente de riesgos ecológicos iguales a los identificados en el caso de los cultivos transgénicos contemporáneos, como la contaminación genética de parientes silvestres y una mayor susceptibilidad a malezas o resistencia a herbicidas, insectos o virus en otros cultivos. Estos cultivos podrían también tener un impacto negativo en las poblaciones animales, debido a una disminución de la disponibilidad de alimentos o una mayor toxicidad para especies que no son las atacadas. El empleo de cultivos resistentes a insectos o virus también podría estimular el desarrollo de virus más virulentos y difíciles de controlar. Cualquiera de estos podría resultar en la alteración de los niveles de los ecosistemas (Ervin y Welsh 2003).

La nanotecnología aplicada a la agricultura y a la producción de alimentos tiene consecuencias ambientales más amplias

La nanotecnología podría afianzar nuestra dependencia en la agricultura industrial de uso intensivo de insumos químicos y combustibles fósiles, en un momento en que deberíamos volcarnos cada vez más hacia el abandono de esos sistemas agrícolas intensivos en insumos químicos. El empleo de la nanotecnología en la agricultura competiría con sistemas agrícolas alternativos, como la agricultura orgánica, y los perjudicaría. Estos sistemas alternativos han demostrado tener muchísimas otras ventajas ambientales, incluidos una disminución en el uso de agua y combustibles fósiles, aumento de materia orgánica y nitrógeno en el suelo, menos erosión de la tierra y mayor diversidad agrícola y ecológica (Hisano y Altoé 2002; Pimental et al. 2005).

También parece probable que la nanotecnología profundice las tendencias actuales a la concentración en empresas agrícolas cada vez más grandes y a la especialización cada vez mayor de cultivos (Grupo ETC 2004; Scrinis y Lyons 2007). Esto conducirá probablemente a una mayor pérdida de diversidad agrícola y ecológica.

El potencial que tienen los bioplásticos nano fortalecidos para reducir nuestra dependencia en envases plásticos para alimentos ha sido promocionado como una importante ventaja ambiental. La industria del envasado representa un 40% de toda la producción de plásticos del mundo y aproximadamente la mitad de ese porcentaje corresponde a envasado de alimentos (Universidad Técnica de Dinamarca 2007). Lamentablemente, es muy probable que los nano sensores y nanomateriales de envasado que liberan sustancias químicas extiendan el uso de materiales de envasado en general, al llevar a la industria de alimentos a envasar cada vez más artículos, incluidos frutas y verduras, en forma individual. Si se pudieran desarrollar nano bioplásticos seguros y efectivos, estos podrían contribuir a una mayor conservación ambiental. Sin embargo, aún no sabemos si los nano rellenos significarán nuevos riesgos ambientales una vez que el bioplástico se haya degradado, ni cuáles serán esos riesgos.

Hasta la fecha, no hay ningún análisis del ciclo de vida que determine la cantidad de energía que se necesita para producir, envasar y transportar nanoalimentos, en comparación con la producción convencional. No obstante, parece probable que el crecimiento de la nanotecnología en los sectores de procesamiento y envasado de alimentos resulte en un mayor impacto ecológico en general. Es probable que el nano envasado de alimentos, cuya finalidad principal es prolongar el tiempo de conservación de los alimentos envasados, impulse a los fabricantes a transportar alimentos a través de distancias cada vez mayores, lo cual contribuirá a incrementar las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del transporte de alimentos.

Si la nanotecnología lleva a que los consumidores coman alimentos procesados nano fortificados en detrimento de su consumo de frutas y verduras, esto también podría aumentar la demanda de energía asociada a la producción de alimentos.

8. Hora de optar por la alimentación y la agricultura sostenibles

Es improbable que la nanotecnología genere sistemas alimentarios ecológicamente sostenibles

La nanotecnología en la agricultura se contrapone a la creciente tendencia del público a apoyar una producción de alimentos más ecológicamente sostenible. Ante el fenómeno del cambio climático, se es cada vez más consciente de la conveniencia ecológica de resolver regionalmente una mayor proporción de las necesidades alimentarias, de reducir las emisiones de gas de efecto invernadero asociadas con la producción y el transporte de alimentos y de usar menos insumos agrícolas que requieran combustibles fósiles en forma intensiva. Sin embargo, parece probable que la nanotecnología genere nuevas presiones tendientes a globalizar todos los sectores de los sistemas agrícola y de alimentos y a transportar sustancias químicas, semillas e insumos agrícolas, productos básicos agrícolas sin procesar y alimentos procesados hacia destinos aun más lejanos en las distintas etapas de la cadena productiva.

El objetivo de los nano agroquímicos diseñados para auto-liberarse en forma controlada ante condiciones ambientales cambiantes y de los sistemas de gestión agrícola basados en nano sensores es lograr escalas mayores de producción de cultivos especializados más uniformes. De esta manera, la nanotecnología afianza y extiende el modelo de escala industrial de la agricultura de monocultivo, que en el último siglo ha acelerado la pérdida de diversidad agrícola y biológica.

Parece probable que la nanotecnología termine afianzando nuestra dependencia en un sistema que utiliza sustancias químicas en forma intensiva, en un momento en que crece el apoyo del público hacia la agricultura orgánica que reduce el empleo de insumos químicos. Debido a que están diseñados para tener un efecto exterminador más potente contra malezas y plagas, los nano plaguicidas podrían también resultar más tóxicos que los agroquímicos convencionales para la flora y fauna silvestre a la cual no están dirigidos. Si estos nano agroquímicos son biopersistentes, podrían simplemente introducir una nueva generación de contaminación peligrosa de suelos y cuerpos de agua.

Los sistemas mundiales de alimentos en peligro

El mundo produce más alimentos de los que son necesarios para cubrir las necesidades alimentarias de nuestra población de 6.600 millones de habitantes, pero la distribución de estos alimentos es sumamente desigual (FAO 2006). Mientras que por un lado existen más de 300 millones de personas diagnosticadas como obesas (OMS 2007), más de 850 millones de personas viven en condiciones de extrema hambruna (FAO 2007a).

Uno de los factores determinantes de la desigualdad asociada a la producción y distribución mundial de alimentos es el hecho de que a pesar de que la población mundial que depende de la agricultura como medio de vida asciende a 2.500 millones de personas (Oxfam Australia, sin fecha), el control del sistema mundial de alimentos, con un valor de US\$ 4 billones, esta en manos de un número cada vez más reducido de multinacionales (Departamento de Agricultura de EE.UU., Servicio de Investigaciones Económicas 2005).

La distribución y comercialización minorista de alimentos ya está viviendo un proceso de creciente concentración en unos pocos operadores de gran escala, que ejercen una enorme influencia en el suministro de alimentos

y que juegan un papel clave en la determinación de qué cultivos deben plantar los productores agrícolas, dónde deben plantarlos y a qué precio (Reardon et al. 2003; OMS Europa 2007).

Las nanotecnologías de seguimiento y rastreo permitirán a los procesadores, minoristas y proveedores mundiales operar con aun mayor eficiencia en espacios geográficos más extensos, dándoles así una fuerte ventaja competitiva sobre los operadores más pequeños. El nano envasado de alimentos prolongará el tiempo de conservación de los alimentos, permitiendo así su transporte hacia destinos incluso más lejanos, y a la vez reducirá la incidencia de la descomposición de los alimentos, lo cual bajará los costos de proveedores y minoristas mundiales. Las grandes compañías agroquímicas están desarrollando potentes nano sustancias agroquímicas y parece probable que continúen su tendencia a concentrar cada vez más su participación en el mercado, en un sector que ya tiene un alto grado de concentración (Grupo ETC 2005). Por otra parte, los pesticidas, fertilizantes y tratamientos de crecimiento vegetal nano encapsulados diseñados para liberar sus ingredientes activos en respuesta a factores desencadenantes en el medio ambiente podrían llevar a que extensiones aun más grandes de tierra cultivable sean trabajadas por un número aun más reducido de gente.

La nanotecnología podría erosionar aun más nuestros conocimientos culturales en materia de alimentos y producción agrícola

El nano procesamiento de alimentos y la producción de nano aditivos nutricionales puede erosionar nuestra comprensión cultural del valor nutricional de los alimentos. Por ejemplo, cuando nos estamos por resfriar, muchos de nosotros comemos frutas cítricas, que tienen naturalmente un contenido alto de vitamina C. Pero el nano procesamiento y los nano aditivos nutricionales podrían hacer

posible la comercialización de golosinas nano fortificadas como si fueran productos con las mismas propiedades saludables que la fruta fresca. Con la creciente aplicación de la nano fortificación y nano reconstitución de alimentos para alterar las propiedades nutricionales de los alimentos procesados, podríamos perder muy pronto la capacidad para entender el valor nutritivo de los distintos alimentos, quedando a merced de lo que aducen los fabricantes para vender sus productos.

Asimismo, los sistemas de nano envasado que incorporan sensores para indicar si los alimentos siguen siendo 'frescos' o comestibles podrían desplazar los conocimientos tradicionales, heredados de generación en generación, que nos permiten identificar los alimentos seguros y frescos. Históricamente hemos elegido las verduras que consumimos por el color y la textura que tienen y el pescado por la claridad de sus ojos. Pero la expansión de los sistemas de envasado con nano sensores podría significar que compremos estos productos envasados guiándonos por el color que indican los nano sensores del envase.

Si se desarrollan sistemas de gestión automatizada y nano vigilancia para la producción agrícola tal como se prevé, nuestra capacidad de producción agrícola podría llegar a depender de paquetes tecnológicos vendidos por un número reducido de compañías. La nano agricultura podría convertir en mercancía al conocimiento y a las habilidades vinculadas con la producción de alimentos y adquiridas a lo largo de miles de años, incorporándolas a nanotecnologías patentadas de las cuales dependeríamos totalmente (Scribis y Lyons 2007).

La nanotecnología introduce nuevos problemas en materia de privacidad

Los materiales de envasado con nano sensores y sistemas de seguimiento y rastreo también introducen nuevos

problemas que afectan a la privacidad. Están diseñados para aumentar la capacidad de monitorear productos alimenticios y el estado de estos en cada eslabón de la cadena de suministro (LeGood y Clarke 2006). Esta capacidad es útil por un serie de razones comerciales, de seguridad y de salud pública. Pero la posibilidad de rastrear alimentos luego de que abandonan el punto de venta también plantea cuestiones éticas y de privacidad, en particular con respecto a qué tipo de información se recabará y cómo se controlará tal información. La información recabada sobre el consumidor (por ejemplo, hábitos de compra o lugar de residencia) podría ser usada por compañías que buscan obtener una ventaja comercial mediante estrategias dirigidas de marketing o promoción de productos, o podría ser vendida a terceros. También existe la posibilidad de que los nano sensores sean usados para recabar información más delicada sobre los consumidores, como, por ejemplo, sus perfiles de composición genética, salud o enfermedades.

La biología sintética plantea desafíos sociales y éticos mayores

Las investigaciones realizadas hasta la fecha en materia de biología sintética no han sido acompañadas por ningún esfuerzo significativo dirigido a evaluar las implicancias sociales y éticas más amplias de crear vida artificial, ni tampoco se ha procurado dar participación al público en la consideración de tales implicancias. Dada la preocupación del público ante la manipulación tecnológica de organismos vivos relacionada con los cultivos genéticamente modificados, parece probable que el público también se alarme ante la manipulación o creación de organismos mediante la biología sintética. Es por lo tanto esencial que se aborden desde ya los desafíos éticos planteados por la creación de vida artificial y se dé a la vez participación al público en los procesos de toma de decisiones sobre cuestiones relati-

vas a la gestión pública y la financiación de investigaciones. Asimismo, la extensión de los derechos de propiedad intelectual a los organismos vivos y el potencial que tienen los cultivos transgénicos de alimentos para agudizar la concentración del control de la producción de alimentos en un número cada vez más reducido de compañías han sido también importantes fuentes de preocupación pública en torno a los alimentos transgénicos.

9. Normas nano específicas que garanticen la seguridad de los alimentos

Un número cada vez mayor de organizaciones de la sociedad civil de todas partes del mundo están reclamando una gestión preventiva de la nanotecnología. En este reclamo se enmarca la publicación por parte del Centro Internacional de Evaluación Tecnológica de los “Principios para la Supervisión de Nanotecnologías y Nanomateriales” (ICTA 2007). Al momento de su publicación en julio de 2007, este documento había sido apoyado por 40 organizaciones signatarias de la sociedad civil de todas partes del mundo, incluidos Amigos de la Tierra de Australia, Europa y Estados Unidos. Los científicos vinculados a los nanoalimentos también han reclamado nuevas normas que garanticen que todos los nanoalimentos, nanomateriales de envasado y nanomateriales en contacto con alimentos sean sometidos a pruebas de seguridad específicas para nanotecnología antes de que sean incorporados a alimentos vendidos al público (IFST 2006; Lagaron et al. Sorrentino et al. 2007).

En su informe de 2006, el Comité Científico de la Unión Europea sobre Riesgos Sanitarios Emergentes y de Identificación Reciente (SCENIHR) reconoció que la normativa vigente tiene numerosas carencias sistémicas en materia de gestión de riesgos asociados con la nano toxicidad (SCENIHR, UE 2006). Sin embargo, exámenes recientes

de disposiciones normativas del Reino Unido, Estados Unidos, Australia y Japón encontraron que ninguno de estos países exige que sus fabricantes sometan los nanoalimentos a pruebas de seguridad específicas para nanotecnología antes de introducirlos al mercado (Bowman y Hodge 2006; Bowman y Hodge 2007).

Los sistemas normativos de Estados Unidos, Europa, Australia, Japón y otros países tratan a todas las partículas de igual manera; es decir, no reconocen que las nanopartículas de sustancias familiares puedan tener propiedades nuevas e importar riesgos inusitados (Bowman y Hodge 2007). Aunque sabemos que muchas nanopartículas que ya se están utilizando en aplicaciones comerciales presentan mayores riesgos de toxicidad que los mismos materiales en forma de partículas más grandes, si un ingrediente alimentario está aprobado en forma macro, no es ilegal venderlo en su forma nano. No existe ningún requisito que obligue a realizar pruebas nuevas de seguridad, regule el etiquetado de alimentos para informar a los consumidores del contenido nanomateriales, o introduzca nuevas normas referidas a la exposición ocupacional o medidas de mitigación para proteger a los trabajadores o garantizar la seguridad ambiental. Increíblemente, ni siquiera existe un requisito que obligue a los fabricantes a notificar al órgano regulador pertinente cuando usan nanomateriales en la fabricación de sus productos. A pesar de que en ciertos ámbitos se tiene la percepción de que las investigaciones en el campo de la biología sintética están reguladas adecuadamente por las normas que se aplican a los transgénicos, lo cierto es que no es así.

Urge la implementación de sistemas normativos que sean capaces de gestionar los numerosos riesgos nuevos asociados con los nanoalimentos y el uso de la nanotecnología en agricultura. Además de gestionar los riesgos de nano toxicidad, los gobiernos deben también enfrentar los desafíos más amplios que plantea la nanotecnología en materia social, económica, ética y de libertades civiles. Para

garantizar el control democrático de estas nuevas tecnologías en las áreas vitales de producción de alimentos y agricultura, es esencial dar cabida al público en los procesos de toma de decisiones en materia de nanotecnología.

Apéndice

Listado de productos agrícolas y alimentos, identificados por Amigos de la Tierra, que contienen nanomateriales manufacturados o partículas manufacturadas de hasta 300nm de tamaño

Nombre del producto	Fabricante	Contenido nano	Atributo	Dirección Web
Regulador de crecimiento vegetal Primo MAXX	Syngenta	Emulsión de partículas de 100nm (“concentrado de micro emulsión”)	La partícula extremadamente pequeña permite a Primo MAXX mezclarse completamente con el agua y no depositarse en el tanque de rociado	http://www.syngentapp.com/prodrender/index .
Agente humificador de tierra Geohumus	Geohumus	Polímero biocompatible de alto rendimiento	Potencia la tierra con capacidad de almacenamiento de agua basada en nanotecnología.	http://www.geohumus.com/download/geohumus_flyer_eng.pdf
Emisor de irrigación /caño de plástico	Geoflow	Plaquetas de nano arcilla (PolyOne's Nanoblend MB)		http://www.ptonline.com/articles/200602fa2.html

Cuadro 2: Nanomateriales en envasado de alimentos

Nombre del producto	Fabricante	Contenido nano	Atributo	Dirección Web
Durethan® KU 2-2601	Bayer	Sílice en un nano compuesto de base polímero	Nanopartículas de sílice en el plástico previene la penetración del oxígeno y gas al envase, extendiendo la vida del producto en los anaqueles.	http://www.research.bayer.com/edition_15/15_polyamides.pdfx
Cervezas Hite Brewery: Botella de cerveza de 1.6 L, de tres capas	Honeywell	Nano compuesto de base de nailon Aegis OX de Honeywell	Barrera al oxígeno y dióxido de carbono. Nitidez. Reciclable. Facilidad de pre- realizar procesos. Barrera de sabor/olor/aroma. Integridad estructural. Resistencia a la separación. Barreras de resinas de nailon Aegis® pueden ser encontradas en una multiplicidad de aplicaciones.	http://www.packaging-gateway.com/features/feature79/ http://www51.honeywell.com/sm/aegis/
Cervezas Miller: Lite/ Genuine Draft/ Ice House	Nanocor	Tecnología de barrera de nano compuesto / nailon impermeable producido por Nanocor	Imperm es un plástico empapado de nanopartículas de arcilla que hace a las botellas menos propensas a quebrarse y aumenta la vida en anaqueles hasta seis meses.	http://www.nanocor.com/applications.asp http://www.forbes.com/investmementnewsletters/2005/08/09/nanotechnology-kraft-hershey-cz_jw_0810soapbox_inl.html?partner=rss
Nano envoltorio de plástico	SongSing	Catalizador de luz de nano óxido de zinc	Anti-bactericida, anti UV, resistente a la temperatura, anti-inflamable.	http://www.ssnano.net/ehtml/detail.php?productid=73
Cadbury Schweppes: Cadbury® Dairy Milk™ Milk Tray™ (bandejas de chocolates) Cadbury® Eden chocolate boxes (cajas de chocolate) Shelf-ready packaging for the Cadbury® Fun Filled Freddo (envases prontos para usar)	Plantic	Bandejas termoformadas de Plantic® RI (biopolímero nano compuesto)	Biodegradable después del uso. Posible de convertir en abono orgánico según el estándar Europeo EN13432. Hecho de recursos renovables y sustentables (sin fécula de maíz genéticamente modificado). Soluble en agua, no contaminará sistemas locales subterráneos de agua o cursos de agua. En uso desde 2002.	http://www.plantic.com.au/docs/Plantic_Cadbury_CS.pdf

Cap. 2 Del laboratorio a la cadena alimenticia: La nanotecnología en los alimentos y la agricultura

Marks & Spencer Swiss Chocolate Assortment (envase para bombones)	Plantic	Plásticos Plan-tic (plásticos vegetales)	Biodegradable después del uso. Posible de convertir en abono orgánico según el estándar Europeo EN13432. Hecho de recursos renovables y sustentables (sin fécula de maíz genéticamente modificado). Certificado como seguro para eliminar en la tierra (por AIB-VINCOTTE).	http://www.plantic.com.au/docs/Plantic_MS_CS.pdf
Constantia multifilm (multi película)	N-Coat	Polímero nano compuesto	Una clara lamina con propiedades de barrera extraordinarias, desarrollada principalmente para nueces, alimentos secos y mercados de comida rápida.	http://www.constantia-multifilm.com/
DuPont™ Light Stabilizer 210(estabilizador de luz)	DuPont	Nano dióxido de titanio	Empaque de plástico para comida con protección para U.V.-	http://www2.dupont.com/Titanium_Technologies/en_US/products/dls_210/dls_210_landing.html
Adhesive for McDonald's burger containers (adhesivo para recipientes de hamburguesas de McDonalds)		Nanoesferas de almidón de 50-150nm	El adhesivo requiere de menos agua y menos tiempo y energía para secarse.	http://www.physorg.com/news71748835.html

Cuadro 3: Nanomateriales en artículos de cocina

Categoría de producto	Nombre del producto	Fabricante	Nano contenido	Atributo	Dirección Web
Agente de limpieza	Baby bottle cleaning brush (cepillo para limpiar biberones)	Kheo Sung World Inc	Nano plata		http://www.i-sangshin.com/
Agente de limpieza	Aditivo genérico	I&E	Nano plata	También recomendado para ser usado en equipo de cocina, vajilla y almacenamiento de comida	http://nanoine.com/product/e_product01_1.php
Agente de limpieza	Ionic Zone Nano TiO ₂ PCO Liquid (líquido de limpieza)	Ionic Zone	Nano dióxido de titanio	Es un nuevo producto del Japón seguro y ampliamente experimentado que también hace a las superficies autolimpiantes y resistentes al olor, y a los residuos de fumadores, etc.	http://www.air-purifiers-superstore.com/TiO2_catalyst_self_cleaning_liquid.html
Agente de limpieza	Nano Clean Spray (spray de limpieza)	ECOSmart AustralAsia P/L	Nano dióxido de titanio	Una vez que se establece el contacto el microbio se oxida y muere instantáneamente.	http://www.ecosmarte.com.au/nano/index.htm
Agente de limpieza	Nano silver colloid (nano coloide de plata)	Nanogist, Co Ltd	Nano coloide de plata		http://nanover.en.ecplaza.net/
Agente de limpieza	Nano silver dish wash (jabón para vajilla)	Nanogist, Co Ltd	Nano plata		http://nanover.en.ecplaza.net/
Agente de limpieza	Nano silver disinfectant spray (spray desinfectante)	Nanogist, Co Ltd	Nano plata		http://nanover.en.ecplaza.net/

Cap. 2 Del laboratorio a la cadena alimenticia: La nanotecnología en los alimentos y la agricultura

Agente de limpieza	Nano silver hand sanitizer (desinfectante para manos)	Nanogist, Co Ltd	Nano plata		http://nanover.en.ecplaza.net/
Agente de limpieza	Nano Silver Spray (spray de limpieza)	SongSing nanotechnology	Nano plata	Esterilización, desodorante	http://www.ssnano.net/ehtml/detail.php?productid=75
Agente de limpieza	Nano silver wet wipes (toallitas húmedas con nano plata)	Nanogist, Co Ltd	Nano plata		http://nanover.en.ecplaza.net/
Agente de limpieza	Nano silver wet wipes (toallitas húmedas)	Nano Silver Wholesale Ltd.	Nano plata		http://nanosilverwholesale.com
Agente de limpieza	Nano-in Natural environmental (agente de limpieza ambiental)	Nano-Infinity Nanotech	Producto de micelas con glicerina	Patentes: U.S.No5, 244580, U.S.No5, 2441, 323, Invención No.56086, 57199, 65557, y 65654. Surfactantes no iónicos de clases de alimentos, aceite natural de coco y 100% aceite de naranja.	http://www.nano-infinity.com.tw/product03.htm
Agente de limpieza	Washing up gloves (guantes para limpieza)	Kheo Sung World Inc	Nano plata		http://www.misian.com/eng/sub/product_01.html
Artículos de cocina	GreenPan™ con Thermolon™ (sartén no adherente)	HSN	Nano recubrimiento de cerámica	Antiadherente nano en base a cerámica GreenPan™ con Thermolon™	http://kitchen-dining.hsn.com/greenpan-w-thermalon-technology-6pc-cookware-set_m-10031074_xp.aspx
Artículos de cocina	Marble Durastone (sartenes y woks no adherentes)	Joycook	Nano plata	Nano Plata 5 interior con capa protectora - Marble Durastone	http://kitchenlines.com/product_info.php?products_id=37&osCsid=d0f8a8c4e4c737d5b9fdec11b1b9d475
Artículos de cocina	Nano silver cutting board (tabla para picar)	A-Do Global	Nano plata	99.9% bactericida	http://www.adox.info/?doc=shop/item.php&it_id=000123

Artículos de cocina	Nano silver cutting board (tabla para picar)	Nano Silver Wholesale Ltd.	Nano plata		http://www.nanosilverwholesale.com
Artículos de cocina	Nano Silver Teapot (tetera)	SongSing	Nano plata	Bactericida	http://www.ssnano.net/ehtml/detail.php?productid=74
Artículos de cocina	Non-stick self assembling nanofilms for glass bakeware (película no adherente para vajillas para ornear)	Nanofilm LTD	Nano película genérica	Antiadhesivo de larga duración, removedor de contaminante, quitamanchas, aplicado durante la manufactura OEM.	http://www.nanofilmtechnology.com/products_name/reactive-glass.htm
Artículos de cocina	Oilfresh 1000	Oilfresh Corp	Nano gránulos catalíticos cerámicos	Dispositivo catalítico para refinar aceite frito designado para prolongar la frescura del aceite mientras se usa para mayor duración al frito.	http://www.oilfresh.com/of1000.html
Vajillas y cubiertos	Antibacterial Kitchenware (Utensilios de cocina antibacterianos)	NCT (Nano Care Technology)	Nano plata	Tecnología basada en nano plata a ser aplicada en la superficie de productos, brindando un cuerpo bactericida y un rígido ambiente.	http://www.nanocaretech.com/En_ArticleShow.asp?ArticleID=13
Vajillas y cubiertos	Antibacterial Tableware (Servicios de mesa antibacterianos)	NCT (Nano Care Technology)	Nano plata	Tecnología basada en nano plata a ser aplicada en la superficie de productos, brindando un cuerpo bactericida y un rígido ambiente.	http://www.nanocaretech.com/En_ArticleShow.asp?ArticleID=14
Vajillas y cubiertos	Silver Nano Baby Milk Drink Bottle (biberón)	Baby Dream	Nano plata		http://babydream.en.ec21.com/
Vajillas y cubiertos	Silver Nano Baby Mug (jarro para bebés)	Baby Dream	Nano plata		http://babydream.en.ec21.com/

Cap. 2 Del laboratorio a la cadena alimenticia: La nanotecnología en los alimentos y la agricultura

Agente de limpieza para alimentos	Nano-in Natural Environmental Cleaning Agent (agente de limpieza ambiental)	Nano-Infinity Nanotech Co. Ltd	“Nano producto de micellas”	Producto nano micelle conteniendo glicerina natural	http://www.nano-infinity.com.tw/product03.htm
Material en contacto con alimentos	Toppits Fix-Brat Alufolie	Melitta	“Carbón en matriz de vidrio”		http://www.melitta.info/cms/presse/pressedb/presse_artikel .
Almacenamiento de alimentos	Food Container NS (recipiente para alimentos)	A-Do Global	Nano plata	99.9% bactericida con nano tecnología	http://www.adox.info/?doc=shop/list.php&ca_id=110
Almacenamiento de alimentos	Fresh Box Silver Nanoparticle Food Storage Container (recipientes para almacenamiento de alimentos)		Nano plata	Los alimentos se mantienen frescos durante más tiempo en el MEJOR recipiente de alimento con nano plata nunca vendido.	http://www.blueмоongoods.com/silver_nanoparticle_food_containers.htm
Almacenamiento de alimentos	Nano Silver Food Storage Containers (recipientes para almacenamiento de alimentos)	JR Nanotech Plc	Nano plata		http://www.jrnanotech.com/consumer_goods.html
Almacenamiento de alimentos	Nano Silver Food Storage Containers (recipientes para almacenamiento de alimentos)	Nano Silver Products	Nano plata		http://www.nanosilverproducts.com/mm5/merchant.mvc?Screen=PROD&Store_Code=NSP&Product_Code=FSC12&Category_Code=
Almacenamiento de alimentos	Nano Silver Food Storage Containers (recipientes para almacenamiento de alimentos)	Nano Silver Wholesale Ltd.	Nano plata	Son recipientes de alimentos recientemente creados antimicrobio y hechos con nanotecnología.	http://www.nanosilverproducts.com/mm5/merchant.mvc?Screen=PROD&Store_Code=NSP&Product_Code=FSC12&Category_Code=

Almacenamiento de alimentos	Nano ZnO Plastic Wrap (envoltorio de plástico)	SongSing nanotechnology	Nano zinc oxide		http://www.ssnano.net/ehtml/detail1.php?productid=79
Almacenamiento de alimentos	Silver nano antibacterial bag (bolsas antibacterianas)	WorldOne	Nano plata	Bolsas bactericidas de nano plata que actúan como germinicida natural y seguro, agente anti-moho y anti hongos.	http://www.worldoneusa.com/atibag.html
Refrigerador	Línea de refrigeradores LG Refrigerator que incorpora BioShield™	LG Electronics	Nano plata, nano carbón	Bio plata y bio Bio protector con nano partículas e plata, que cubren el interior del refrigerador (bio plata) y las juntas (bio protectores) del refrigerador, previniendo así completamente la intrusión de bacterias del exterior.	http://www.tokolg.com/promotion2.asp
Almacenamiento de alimentos	Refrigerador	Daewoo Industries	Nano plata	Polvo desodorante y bactericida superior, lo hemos aplicado a las partes principales del refrigerador de manera de impedir el crecimiento e incremento de una amplia variedad de bacterias así como eliminar olor.	http://www.daewoo-electronics.de/eu/products/cool_ref_glos.asp
Refrigerador	Refrigerador	Hitachi	Filtro de nano titanio		www.hitachi.com.au
Refrigerador	Refrigerador Samsung RS2621SW	Samsung	Nano plata		http://www.samsung.com/Products/Refrigerators/Side-by-Side/RS2621SWXAA.asp

Cap. 2 Del laboratorio a la cadena alimenticia: La nanotecnología en los alimentos y la agricultura

Cuadro 4: Nanomateriales en alimentos y bebidas

Nombre del producto	Fabricante	Nano contenido	Atributo	Dirección Web
Nano Tea (nano té)	Shenzen Become Industry & Trading Co	Nanopartículas (160nm)	Patente No.: 01100033.3 - El método de tres etapas de preparación y su aplicación para nano té, Patente No.: 02100314.9/00244295.7 multicapas balanceadas procedimientos de molienda con nano-bolas	http://www.369.com.cn/En/nanotea.htm
Nano Slim™ (nano tabletas para adelgazar)	Nano Slim	“Nano Diffuse™ Technology” (tecnología de nano difusión)	Ácido Orsolic (derivado de la planta <i>Lagerstroemia speciosa</i>)	http://www.nanoslim.com/nanoslim_information.shtml
Nanoceuticals Slim Shake Chocolate (malteado para adelgazar sabor chocolate, con sustancias nano encapsuladas)	RBC Lifesciences	“Nanoclusters™” (nano racimos)		http://www.rbclifesciences.com/Meal_Replacement_Shakes.aspx
Nanoceuticals Slim Shake Vanilla (malteado para adelgazar sabor vainilla, con sustancias nano encapsuladas)	RBC Lifesciences	“Nanoclusters™” (nano racimos)		http://www.rbclifesciences.com/Meal_Replacement_Shakes.aspx
Fortified fruit juice (jugo de fruta fortificado)	HighVive.com	Hierro de 300nm (SunActive Fe)		http://www.highvive.com/sunactiveiron.htm
“Daily Vitamin Boost” Fortified fruit juice (jugo de fruta fortificado con suplemento vitamínico)	Jamba Juice Hawaii	Hierro de 300nm (SunActive Fe)	¡22 vitaminas y minerales esenciales y 100% o más de sus necesidades diarias de 18 de ellos!	http://jambajuicehawaii.com/vita-boost.asp

<p>Oat Chocolate Nutritional Drink Mix (mezcla para bebida nutricional sabor chocolate y avena)</p>	<p>Toddler Health</p>	<p>Hierro de 300nm (SunActive Fe)</p>	<p>“Toddler Health es una bebida totalmente natural y balanceada para niños de 13 meses a 5 años. Una medida de Toddler Health ayuda a los pequeños a cubrir sus necesidades diarias de vitaminas, minerales y proteínas”</p>	<p>http://www.toddlerhealth.net/OatChocolate.php</p>
<p>Oat Vanilla Nutritional Drink Mix (mezcla para bebida nutricional sabor vainilla y avena)</p>	<p>Toddler Health</p>	<p>Hierro de 300nm (SunActive Fe)</p>	<p>“Toddler Health es una bebida totalmente natural y balanceada para niños de 13 meses a 5 años. Una medida de Toddler Health ayuda a los pequeños a cubrir sus necesidades diarias de vitaminas, minerales y proteínas”</p>	<p>http://www.toddlerhealth.net/OatVanillia.php</p>
<p>Canola Active Oil (aceite activo de canola)</p>	<p>Shemen</p>	<p>Líquidos estructurados auto armados, tamaño nano = micelas</p>		<p>http://www.shemen.co.il</p>

Cap. 2 Del laboratorio a la cadena alimenticia: La nanotecnología en los alimentos y la agricultura

Cuadro 5: Nanomateriales en aditivos de alimentos

Nombre del producto	Fabricante	Nano contenido	Atributo	Dirección Web
AdNano	Evonik (Degussa)	Nano óxido de zinc (calidad apta para alimentos)		http://www.advancednanomaterials.com
Aerosil, Sipernat	Evonik (Degussa)	Sílice (calidad apta para alimentos)	Apoyo para liberación de ingredientes en polvo en la industria de la alimentación	http://www.aerosil.com
AquaNova NovaSol	Aquanova	Micelas (cápsulas) de sustancias lipófilas o insolubles en agua	“Un óptimo sistema de entrega de sustancias hidrofóbicas para mayor y más rápida reabsorción intestinal y cutánea y penetración de ingredientes activos.”	http://www.aquanova.de/product-micelle.htm
	BioDelivery Sciences International	Nano partículas cocleares de hasta 50nm	Medios efectivos para la adición de Omega-3 ácidos grasos para uso en Tortas, bollos, pastas, sopas, y galletas... cereales, chips y barras de dulces.	http://www.biodeliverysciences.com/bioralnutrients.html
Nano-CoQ10®	Pharmanex	Nano coQ10	Nanotecnología para entrega de co-enzimas biodisponibles Q10... haciéndolas hasta 10 veces más biodisponibles que cualquier otra forma de CoQ10.	http://www.pharmanex.com/intercom/productDetail .
Solu™ E 200	BASF	Nano solución de vitamina E con NovaSol	Solución soluble de vitaminas de grasa	http://www.human-nutrition.basf.com/downloads/SoluTM%20E%20200%20flyer.pdf
Synthetic lycopene	BASF	Lycovit 10% (licopeno sintético de <200nm)		http://www.human-nutrition.basf.com

Cuadro 6: Nanomateriales en suplementos alimenticios / nutricionales

Nombre del producto	Fabricante	Nano contenido	Dirección Web
Aufbau for Kids	Vitosofan	Nano zeolita con vitaminas	http://www.vitafosan.de/index.php?cPath=95&XTCsid=a61c8a23721d30b90bcd7917794de7f9
Bio-Sim	Nano Health Solutions	Nano sílice	http://www.fulvic.org/html/nano_bio-sim.html
C.L.E.A.N Products (1-5)	SportMedix	Suplementos de base nanotecnológica	http://www.sportmedix.com/index.php?lang=english&page=products&sh_c=view_item&iid=8
Colloidal Silver Cream	Skybright Natural Health	Nano plata	http://www.skybright.co.nz
Colloidal Silver Liquid	Skybright Natural Health	Nano plata	http://www.skybright.co.nz/
Crystal Clear Nano Silver	Nano Health Solutions	Nano plata	http://www.fulvic.org/html/nano_silver.html
LifePak Nano	Pharmanex	CR-6 Lipo Nutrientes	http://www.pharmanex.com/corp/product/lifepak/lifepaknano.shtml
lifepak® nano, (suplemento multivitamínico, único nutricional)	Pharmanex	Nano multivitamínico	http://www.pharmanex.com/corp/pharmanews/pressreleases/11-30-05.shtml
Lypo-Spheric™ Vitamin C	Powell Productions	100-150nm "Smart" Liposomal Nano-Spheres™ (nano esferas "inteligentes" liposómicas de 100-150nm)	http://healthspotlight.com/liposomal-encapsulation.html
Maat Shop Crystal Clear NanoSilver	Ma'at Shop	Nano plata	http://spiritofmaat.com/maatshop/n2_biosim.htm
Maat Shop Nano-2+	Ma'at Shop	Nano plata	http://spiritofmaat.com/maatshop/n2_biosim.htm
Maat-Shop Nano2Bio-Sim	Ma'at Shop	Nano tierra de diatomeas	http://spiritofmaat.com/maatshop/n2_biosim.htm

Cap. 2 Del laboratorio a la cadena alimenticia: La nanotecnología en los alimentos y la agricultura

Men Power	Vitosofan	Nano zeolita con selenio y zinc	http://www.Vitasofan.de [servidor fuera del aire]
Mesocopper	Purist Colloids	Nano cobre	http://www.purestcolloids.com
MesoGold	Purist Colloids	Nano oro	http://www.purestcolloids.com
MesoIridium	Purist Colloids	Nano iridio	http://www.purestcolloids.com
MesoPalladium	Purist Colloids	Nano paladio	http://www.purestcolloids.com
MesoSilver	Purist Colloids	Nano plata	http://www.purestcolloids.com
MesoTitanium	Purist Colloids	Nano titanio	http://www.purestcolloids.com
MesoZinc	Purist Colloids	Nano zinc	http://www.purestcolloids.com
Nano Calcium/Magnesium	Mag-I-Cal.com	Nanopartículas (<500nm)	http://www.mag-i-cal.com/calciummagnesium.htm
Nano Humic and Fulvic Acid	Nano Health Solutions	Nano ácido húmico y fúlvico	http://www.fulvic.org/html/nano_humic_fulvic_acid.html
Nano Know how	Vitosofan	Nano zeolita	http://www.Vitasofan.de
Nano Silver dispersion	Nano Silver Technology	Nano plata	http://www.nanobiosilver.com/index.html
Nano-2+	Nano Health Solutions	No especificado – minerales, aminoácidos y enzimas nanoscópicas	http://www.fulvic.org/html/nano2_.html
Nanoceuticals Artichoke Nano Cluster	RBC Lifesciences	“Nanoclusters™” (nano racimos)	http://www.rbclifesciences.com/Products.aspx?ItemID=118
Nanoceuticals Hydracel	RBC Lifesciences	No especificado – minerales, aminoácidos y enzimas nanoscópicas	http://www.rbclifesciences.com/Nanotechnology_Revolution.aspx
Nanoceuticals Mycrohydrin Powder	RBC Lifesciences	Mycrohydrin (antioxidante)	http://www.rbclifesciences.com/Nanotechnology_Revolution.aspx
Nanoceuticals Silver 22	RBC Lifesciences	Nano plata	http://www.rbclifesciences.com/Products.aspx?ItemID=123

Nanoceuticals Spirulina Nanoclusters	RBC Lifesciences	“Nanoclusters™” (nanoracimos)	http://www.rbclifesciences.com/Nanotechnology_Revolution.aspx
NanoSil - 10	Greenwood Consumer Products	Nano plata	http://www.nanosil10.com/index.html
NanoTrim	NanoNutra™ Labs	Solución molecular para la pérdida de peso, formulado con nano ingredientes	http://www.nanonutra.com/nanotrim.html
Natural-immunogenics co	Sovereign Silver	Hidrosol coloidal de plata	http://www.natural-immunogenics.com/silver_why_sovereign.php
Nutri-Nano™ CoQ-10 3.1x Softgels	Solgar	Utiliza NovaSol	http://www.naturalgoodnessmarket.com/list2.cfm?cat=60 or http://www.solgar.com/Products/Specialty-Supplements/Coenzyme-Q-10.aspx
Ortho-Iron	Advanced Orthomolecular Research	Hierro de 300nm (SunActive Fe)	http://www.aor.ca/int/products/ortho_iron.php
Silvix3	Natural Care	Nano plata	http://www.enaturalcare.com/prod_silv.html
Spray for Life Vitamin Supplements (suplementos vitamínicos en spray)	Health Plus International	Nano gotas de diversas vitaminas	http://www.healthplusintl.com/products.html
Toxi-Drain	Vitosofan	Nano zeolita más hierbas	http://www.Vitasofan.de

Referencias

- Amyris Biotechnologies 2006. *Synthetic biology*. Disponible en: <http://www.amyrisbiotech.com/biology.html> (consultado el 30 de setiembre de 2007).
- Aquanova. Sin fecha. *NovaSOL® Crystal Clear Solutions – Overview*. Disponible en: http://www.aquanova.de/media/public/pdf_produkte/NovaSOL_OVERVIEW.pdf (consultado el 16 de enero de 2008).
- Ashwood P, Thompson R, Powell J. 2007. *Fine particles that adsorb lipopolysaccharide via bridging calcium cations may mimic bacterial pathogenicity towards cells*. *Exp Biol Med* 232(1):107-117.
- AzoNano. 2003. *Nanofibers To Be Used In Drug Delivery, Gene Therapy, Crop Engineering and Environmental Monitoring*. Disponible en: <http://www.azonano.com/details.asp?ArticleID=114> (consultado el 24 de diciembre de 2007).
- AzoNano. 2007. *Advanced Nanotechnology gets grant for food packaging*. Archivo de noticias sobre nanotecnología. Disponible en: <http://www.azonano.com/details.asp?ArticleID=114> (consultado el 18 de enero de 2008).
- Ballestri M, Baraldi A, Gatti A, Furci L, Bagni A, Loria P, Rapana R, Carulli N, Albertazzi A. 2001. *Liver and kidney foreign bodies granulomatosis in a patient with malocclusion, bruxism, and worn dental prostheses*. *Gastroenterol* 121(5):1234-8.
- BASF 2005. *Solu™ E 200 BG: Compuesto de Vitamina E soluble en agua**. Productos para las industrias de suplementos alimenticios, bebidas y alimentos – Información técnica. Agosto de 2005. Disponible en: http://www.basf.cl/quimicafina/nutricionhumana/fichastecnicas/vitaminas/liposolubles/solu_e200_bg.pdf (consultado el 24 de diciembre de 2007).
- Bayer. Sin fecha. *Securely wrapped: Nanoparticles make Durethan® films airtight and glossy*. Bayer Research 15:34-37. Disponible en: http://www.research.bayer.com/edition_15/15_polyamides.pdf (consultado el 15/12/2007).
- Beane Freeman L., Bonner M, Blair A., Hoppin J, Sandler D, Lubin J, Dosemeci M, Lynch C, Knott C, Alavanja M. 2005. *Cancer Incidence among Male Pesticide Applicators in the Agricultural Health Study Cohort Exposed to Diazinon*. *Am J Epidemiol* 162(11): 1070-1079.
- Boxhall A, Tiede K, Chaudhry Q. 2007. *Engineered nanomaterials in soils and water: how do they behave and could they pose a risk to human health?* *Nanomedicine* 2(6):919-927.
- Bowman D, Hodge G. 2006. *Nanotechnology: Mapping the wild regulatory frontier*. *Futures* 38:1060-1073.
- Bowman D, Hodge G. 2007. *A Small Matter of Regulation: An International Review of Nanotechnology Regulation*. *Columbia Sci Technol Law Rev* Volume 8:1-32.
- Braydich-Stolle L, Hussain S, Schlager J, Hofmann M. 2005. *In Vitro Cytotoxicity of Nanoparticles in Mammalian Germline Stem Cells*. *Toxicol Sci* 88(2):412-419.
- Brunner T, Piusmanser P, Spohn P, Grass R, Limbach L, Bruinink A, Stark W. 2006. *In Vitro Cytotoxicity of Oxide Nanoparticles: Comparison to Asbestos, Silica, and the Effect of Particle Solubility*. *Environ Sci Technol* 40:4374-4381
- Cha D, Chinnan M. 2004. *Biopolymer-based antimicrobial packaging: A review*. *Critic Rev Food Sci Nutr* 44:223-237.
- Chen L, Remondetto G, Subirade M. 2006a. *Food protein-based materials as nutraceutical delivery systems*. *Trends Food Sci Technol* 17:272-283.
- Chen Z, Meng H, Xing G, Chen C, Zhao Y, Jia G, Wang T, Yuan H, Ye C, Zhao F, Chai Z, Zhu C, Fang X, Ma B, Wan L. 2006b. *Acute toxicological effects of copper nanoparticles in vivo*. *Toxicol Lett* 163:109-120.
- Chen M, von Mikecz A. 2005. *Formation of nucleoplasmic protein aggregates impairs nuclear function in response to SiO2 nanoparticles*. *Experiment Cell Res* 305:51-62.
- Científica 2006. Página de inicio. Disponible en: http://www.cientifica.eu/index.php?page=shop.browse&category_id=2&option=com_virtuemart&Itemid=80 (consultada el 15 de diciembre de 2007).
- Comunicación personal con el Dr. Qasim Chaudhry. 14 de enero de 2008.
- Invest Australia. 2007. *Nanotechnology: Australian Capability Report*, Tercera Edición. Gobierno de Australia, Canberra. Disponible en: <http://www.investaustralia.gov.au/NR/rdonlyres/38A6751A-1CEA-4502-84CE-BF80AFA9D9E9/0/NANOREPORT07Final.pdf> (consultado el 17 de enero de 2008)
- Clifford C. 2007. *Nanotechnology finds its way onto farms*. *ABC Rural*

Western Australia. 30 de marzo de 2007. Disponible en: <http://www.abc.net.au/rural/wa/content/2006/s1885825.htm> (consultado el 31 de agosto de 2007).

Codon Devices. 2007. Agricultura. Disponible en: <http://www.codondevices.com/applications.aspx?id=112> (consultado el 30 de setiembre de 2007).

Daniells, S. 2007. *Thing big, think nano*. Food Navigator.com Europe 19 de diciembre de 2007. Disponible en: <http://www.foodnavigator.com/news/ng.asp?n=82109> (consultado el 21 de diciembre de 2007).

Davidson C, Knapp A. 2007. *Multiple stressors and amphibian declines: Dual impacts of pesticides and fish on yellow-legged frogs*. Ecol Applications 17 (2): 587-597.

del Nobile M., Cannarsi M., Altieri C., Sinigaglia M., Favia P., Laciello G., D'Agostino R. 2004. *Effect of Ag-containing Nano-composite Active Packaging System on Survival of Alicyclobacillus acidoterrestris*. Journal of Food Science 69(8):379.

Desai M, Labhasetwar V, Amidon G, Levy R. 1996. *Gastrointestinal uptake of microparticles: Effect of particle size*. Pharm Res 13(12):1838-1845

Donaldson K, Beswick P, Gilmour P. 1996. *Free radical activity associated with the surface of particles: a unifying factor in determining biological activity?* Toxicol Lett 88:293-298.

Dunford R, Salinaro A, Cai L, Serpone N, Horikoshi S, Hidaka H, Knowland J. 1997. *Chemical oxidation and DNA damage catalysed by inorganic sunscreen ingredients*. FEBS Lett 418:87-90

El Amin A. 2006a. *Nano ink indicates safety breach in food packaging*. FoodNavigator.com 14 de noviembre de 2006. Disponible en: <http://www.foodnavigator.com/news/ng.asp?id=72022> (consultado el 23 de enero de 2008).

El Amin A. 2006b. *UK food sector examines impact of REACH*. Disponible en: <http://www.foodproductiondaily.com/news/ng.asp?n=71537-reach-fdf-chemicals> (consultado el 23 de enero de 2008).

El Amin A. 2007a. *Nanoscale particles designed to block UV light*. FoodProductionDaily.com. Europa. 18 de octubre de 2007. Disponible en: <http://foodproductiondaily.com/news/ng.asp?id=80676> (consultado el 30 de octubre de 2007).

El Amin A. 2007b. *Nano scale coating process developed for baking sector*. Food Production Daily. 28 de febrero de 2007. Disponible en: <http://www.foodproductiondaily.com/news/ng.asp?id=74584> (consultado el 24 de diciembre de 2007).

El Amin A. 2007c. *Carbon nanotubes could be new pathogen weapon*. FoodProductionDaily.com Europe 31 de agosto de 2007. Disponible en: <http://www.foodproductiondaily.com/news/ng.asp?id=79393-nanotechnology-pathogens-e-coli> (Consultado el 26 November 2007).

El Amin A. 2007d. *Polymer opal films shed light on spoiled foods*. Pack-Wire.com. 24 de julio de 2007. Disponible en: <http://www.packwire.com/news/ng.asp?n=78436-films-nanotechnology-colour> (Consultado el 24 de diciembre de 2007).

El Amin A. 2007e. *Nanotechnology used in additive to keep PLA clear*. FoodProductionDaily.com 19 de julio de 2007 Disponible en: <http://www.foodproductiondaily-usa.com/news/ng.asp?n=78332-rohm-and-haas-pla-bioplastics> (Consultado el 24 de diciembre de 2007).

El Amin A. 2007f. *The evolution of the nanotech revolution*. FoodProductionDaily.com. 7 de marzo de 2007. Disponible en: <http://www.foodproductiondaily.com/news/ng.asp?id=74756> (Consultado el 24 de diciembre de 2007).

Ervin D and Welsh R. 2003. *Environmental effects of genetically modified crops: differentiated risk assessment and management*. Capítulo 2a en J. Wesseler (Ed) "Environmental costs and benefits of transgenic crops in Europe: Implications for research, production, and consumption". Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands

FAO 2006. *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo (2006)*. FAO Italia. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0750s/a0750s00.pdf> (Consultado el 17 de enero de 2008).

FAO. 2007a. *Conseguir el derecho a la alimentación: el reto del siglo XXI en el ámbito de los derechos humanos*. 16 de octubre de 2007. Disponible en: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/wfd2007/pdf/WFDLeaflet2007S.pdf> (Consultado el 17 de enero de 2008).

Fleischwirtschaft. 2006. Disponible en: http://www.aquanova.de/media/public/publikationen2006/Fleischwirtschaft_ProfWeber_NovaSOL_060502.pdf (Consultado el 24 de diciembre de 2007).

FoodQualityNews.com. 2005. *CNI ushers in future with 30 nanotech patents*. Disponible en: <http://www.foodqualitynews.com/news/ng.asp?id=58288-cni-ushers-in> (Consultado el 26 November 2007).

Cap. 2 Del laboratorio a la cadena alimenticia: La nanotecnología en los alimentos y la agricultura

- Franz R. 2005. *Migration modelling from food-contact plastics into food-stuffs as a new tool for consumer exposure estimation*. Food Additives and Contaminants 22(10): 920–937.
- Gander P. 2007. *The smart money is on intelligent design*. Food Manufacture. Reino Unido. 1º de febrero de 2007. Disponible en: http://www.foodmanufacture.co.uk/news/fullstory.php/aid/4282/The_smart_money_is_on_intelligent_design.html (Consultado el 17 de enero de 2008).
- Garnett M, Kallinteri P. 2006. *Nanomedicines and nanotoxicology: some physiological principles*. Occup Med 56:307-311.
- Gatti A. Sin fecha. “*Nanopathology: a new vision of the interaction environment-human life*”. Disponible en: http://ec.europa.eu/research/quality-of-life/ka4/pdf/report_nanopathology_en.pdf (Consultado el 11 de septiembre de 2007).
- Gatti A. Contacto personal. 19 de septiembre de 2007.
- Gatti A. 2004. *Biocompatibility of micro- and nano-particles in the colon. Part II*. Biomaterials 25:385-392.
- Gatti A, Rivasi F. 2002. *Biocompatibility of micro- and nanoparticles. Part I: in liver and kidney*. Biomaterials 23:2381–2387
- Gatti A, Tossini D, Gambarelli A. 2004. *Investigation of Trace Elements in Bread through Environmental Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive System*. Segundo Simposio Internacional de la UIQPA, Bruselas, Octubre de 2004.
- Gatti A, Tossini D, Gambarelli A, Montanari S, Capitani F. *Investigation on presence of inorganic micro- and nanosized contaminants in bread and biscuits by Environmental Scanning Electron Microscopy*. Pendiente de publicación.
- Geiser M, Rothen-Rutshausen B, Knapp N, Schurch S, Kreyling W, Schulz H, Semmler M, Im H, Hagens W, Oomen A, de Jon W, Cassee F, Sips A. 2007. *What do we (need to) know about the kinetic properties of nanoparticles in the body?* Regulatory Toxicology and Pharmacology 49:217–229.
- Grupo ETC. 2004. *Down on the Farm*. Disponible en: <http://www.etcgroup.org> (Consultado el 17/01/2008).
- Grupo ETC. 2005. *Oligopoly, Inc. 2005. Concentration in Corporate Power*. Disponible en: <http://www.etcgroup.org> (Consultado el 17 de enero de 2008).
- Grupo ETC. 2007. *Extreme genetic engineering: An introduction to synthetic biology*. Disponible en: <http://www.etcgroup.org/upload/publication/602/01/synbioreportweb.pdf> (Consultado el 17 de enero de 2008).
- Grupo Consultor Helmut Kaiser. 2007a. *Nanopackaging Is Intelligent, Smart And Safe Life*. New World Study por Hkc22.com/beijingOffice. Comunicado de Prensa 14.05.07 Disponible en: <http://www.prlog.org/10016688-nanopackaging-is-intelligent-smart-and-safe-life-new-world-study-by-hkc22-com-beijing-office.pdf> (Consultado el 17 de enero de 2008).
- Grupo Consultor Helmut Kaiser. 2007b. *Strong increase in nanofood and molecular food markets in 2007 worldwide*. Disponible en: <http://www.hkc22.com/Nanofoodconference.html> (Consultado el 17 de enero de 2008).
- Hanzato T. 2001. *Pesticide effects on freshwater zooplankton: An ecological perspective*. Environ Pollution 112:1-10
- Hazzard R, Hodges G, Scott J, McGuinness C, Carr E. 1996. *Early intestinal microparticle uptake in the rat*. J Anat 189:265-271
- He X, Wang K, Li D, Tan W, He C, Huang S, Liu B, Lin X, Chen X. 2003. *A novel DNA-enrichment technology based on amino-modified functionalized silica nanoparticles*. J. Disper. Sci. Technol. 24: 633–640
- Hillyer J, Albrecht R. 2001. *Gastrointestinal persorption and tissue distribution of differently sized colloidal gold nanoparticles*. J Pharm Sci 90(12):1927-1936.
- Hisano S, Altoé S. 2002. *Brazilian farmers at a crossroad: Biotech industrialization of agriculture or new alternatives for family farmers?* Ponencia presentada en CEISAL, 3-6 de julio de 2002, Ámsterdam. Disponible en: <http://www.agroeco.org/brasil/material/hisano.pdf> (Consultado el 17 de enero de 2008).
- Hoet P, Bruske-Holfeld I, Salata O. 2004. *Nanoparticles – known and unknown health risks*. J Nanobiotechnol 2:12.
- Hund-Rinke K, Simon M. 2006. *Ecotoxic effect of photocatalytic active nanoparticles (TiO2) on algae and daphnids*. Environ Sci Poll Res 13(4):225-232.
- Hussain S, Hess K, Gearhart J, Geiss K, Schlager J. 2005. *In vitro toxicity of nanoparticles in BRL 3A rat liver cells*. Toxicol In Vitro 19:975-983.
- Hussain S, Javorina A, Schrand A, Duhart H, Ali S, Schlager J. 2006.

The interaction of manganese nanoparticles with PC-12 cells induces dopamine depletion. *Toxicol Sci* 92(2):456-46.

ICTA [Centro Internacional de Evaluación Tecnológica]. 2007. *Principles for the Oversight of Nanotechnologies and Nanomaterials*. Disponible en: http://www.icta.org/doc/Principles for the Oversight of Nanotechnologies and Nanomaterials_final.pdf (Consultado el 15 de enero de 2007).

IFST [Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos] 2006. *Information Statement: Nanotechnology*. Institute of Food Science & Technology Trust Fund, Londres. Disponible en: <http://www.ifst.org/uploadedfiles/cms/store/ATTACHMENTS/Nanotechnology.pdf> (Consultado el 15 de enero de 2008).

IFST 2006. *Response to FSA Draft Report on a Regulatory Review of the Use of Nanotechnologies in Relation to Food by the IFST*. Disponible en: http://www.ifst.org/uploadedfiles/cms/store/ATTACHMENTS/ResponseFSA_NanotechnologiesT405app.pdf (Consultado el 24 de diciembre de 2007).

Innovest (2006). *Nanotechnology: Non-traditional Methods for Valuation of Nanotechnology Producers*. Innovest, Strategic Value Advisers.

Invest Australia. 2007. *Nanotechnology: Australian Capability Report*, Tercera Edición. Gobierno de Australia, Canberra. Disponible en: <http://www.investaustralia.gov.au/media/NANOREPORT07.pdf> (Consultado el 17 de enero de 2008).

Joseph T and Morrison M. 2006. *Nanotechnology in Agriculture and Food. Nanoforum Report*. Disponible en: <http://www.nanoforum.org/dateien/temp/nanotechnology%20in%20agriculture%20and%20food.pdf?08122006200524> (Consultado el 17 de enero de 2008)

Just-Food.com (sin fecha). Disponible en: <http://www.just-food.com/store/product.aspx?ID=44028> (Consultado el 24 de enero de 2008).

LaCoste A, Schaich K, Zumbrunnen D, Yam K. 2005. *Advanced controlled release packaging through smart blending*. *Packag Technol Sci* 18:77-87.

Lagarón J, Cabedo L, Cava D, Feijoo J, Gavara R, Gimenez E. 2005. *Improved packaging food quality and safety. Part 2: Nano-composites*. *Food Additives and Contaminants* 22(10):994-998.

Lartigue C, Glass J, Alperovich N, Pieper N, Parmar P, Hutchison C III, Smith C, Venter J. 2007. *Genome Transplantation in Bacteria: Changing One Species to Another*. *Sci* 317(5838):632 – 638.

LeGood P, Clarke A. 2006. *Smart and active materials to reduce food waste*. SMART.mat. Disponible en: http://amf.globalwatchonline.com/epicentric_portal/binary/com.epicentric.contentmanagement.servlet.ContentDeliveryServlet/AMF/smartmat/Smartandactivepackaging-toreducefoodwaste.pdf (Consultado el 17 de enero de 2008).

Li N, Sioutas C, Cho A, Schmitz D, Misra C, Sempf J, Wang M, Oberley T, Froines J, Nel A. 2003. *Ultrafine particulate pollutants induce oxidative stress and mitochondrial damage*. *Environ Health Perspect* 111(4):455-460.

Limbach L, Wick P, Manser P, Grass R, Bruinink A, Stark W. 2007. *Exposure of engineered nanoparticles to human lung epithelial cells: Influence of chemical composition and catalytic activity on oxidative stress*. *Environ Sci Technol* 41:4158-4163.

Lok, C.-N., Ho, C.-M., Chen, R., He, Q.-Y., Yu, W.-Y., Sun, H., Tam, P.K.-H., Chiu, J.-F., y Che, C.-M. 2006. *Proteomic analysis of the mode of antibacterial action of silver nanoparticles*. *J. Proteome Res.* 5, 916-924

Long T, Saleh N, Tilton R, Lowry G, Veronesi B. 2006. *Titanium dioxide (P25) produces reactive oxygen species in immortalized brain microglia (BV2): Implications for nanoparticle neurotoxicity*. *Environ Sci Technol* 40(14):4346-4352.

Lovern B, Klaper R. 2006. *Daphnia magna mortality when exposed to titanium dioxide and fullerene (c60) nanoparticles*. *Environ Toxicol Chem* 25(4):1132-1137.

Lucarelli M, Gatti A, Savarino G, Quattroni P, Martinelli L, Monari E, Boraschi D. 2004. *Innate defence functions of macrophages can be biased by nano-sized ceramic and metallic particles*. *Eur Cytok Net* 15(4):339-346.

Luo J. 2007. *Toxicity and bioaccumulation of nanomaterial in aquatic species*. *J U.S. Stockholm Junior Water Prize*. doi: 10.2175/SJWP(2007)1:01

Magrez A, Kasa S, Salicio V, Pasquier N, Won Seo J, Celio M, Catsicas S, Schwaller B, Forro L. 2006. *Cellular toxicity of carbon-based nanomaterials*. *Nano Lett* 6(6):1121-1125.

Maynard A, Kuempel E. (2005). *Airborne nanostructured particles and occupational health*. *J Nanopart Res* 7:587-614.

Maynard A. 2006. *Nanotechnology: Assessing the risks*. *Nanotoday* 1(2):22-33

Cap. 2 Del laboratorio a la cadena alimenticia: La nanotecnología en los alimentos y la agricultura

- McMinn L, Hodges G, Carr K. 1996. *Gastrointestinal uptake and translocation of microparticles in the streptozotocin-diabetic rat*. J Anatom 189:553-559
- Melhus A. 2007. *Silver threatens the use of antibiotics*. Manuscrito inédito, recibido por correo electrónico el 30 de enero de 2007.
- Monteiro-Riviere N, Yang J, Inman A, Ryman-Rasmussen J, Barron A, Riviere J. 2006. *Skin penetration of fullerene substituted amino acids and their interactions with human epidermal keratinocytes*. Toxicol 168 (#827).
- Moore M. 2006. *Do nanoparticles present ecotoxicological risks for the health of the aquatic environment*. Environ Internat 32: 967-976.
- Nachay K. 2007. *Analyzing Nanotechnology*. Food Technol. Enero de 2007:34-36.
- Nanologue.net (2006). *Appendix to the Nanologue Background Paper on selected nanotechnology applications and their ethical, legal and social implications*. Nanologue.net. Disponible en: <http://www.nanologue.net/custom/user/Downloads/NanologueBackgroundPaperAppendix.pdf> (Consultado el 17/01/2007)
- Nanotechnology Victoria (sin fecha). *NanoParticle Diagnostics*. Disponible en: <http://www.nanovic.com.au/?a=investments.nanoparticle%20diagnostics&p=133> (Consultado el 31 de agosto de 2007).
- Nanotechnology Victoria, citado en: *Australian National Nanotechnology Strategy Taskforce 2006. Options for a national nanotechnology strategy*. Disponible en: <http://www.industry.gov.au/nano> (Consultado el 24 de enero de 2008)
- Nanowerk 2007. *Nanotechnology solutions for the packaging waste problem*. 27 de abril de 2007. Disponible en: <http://www.nanowerk.com/news/newsid=1852.php> (Consultado el 24 de diciembre de 2007).
- Nel A, Xia T, Li N. 2006. *Toxic potential of materials at the nanolevel*. Science 311:622-627.
- Oberdörster G, Maynard A, Donaldson K, Castranova V, Fitzpatrick J, Ausman K, Carter J, Karn B, Kreyling W, Lai D, Olin S, Monteiro-Riviere N, Warheit D, Yang H. 2005. *Principles for characterising the potential human health effects from exposure to nanomaterials: elements of a screening strategy*. Particle Fibre Toxicol 2:8.
- Oberdörster G, Maynard A, Donaldson K, Castranova V, Fitzpatrick J, Ausman K, Carter J, Karn B, Kreyling W, Lai D, Olin S, Monteiro-Riviere N, Warheit D, Yang H. 2005. *Principles for characterising the potential human health effects from exposure to nanomaterials: elements of a screening strategy*. Particle Fibre Toxicol 2:8.
- Oberdörster G, Oberdörster E, Oberdörster J. 2005. *Nanotoxicology: an emerging discipline from studies of ultrafine particles*. Environ Health Perspect 113(7):823-839.
- Oxfam Australia. Sin fecha. *Agriculture in crisis*. Disponible en: <http://www.oxfam.org.au/campaigns/fair-trade/> (Consultado el 17/01/2007).
- Programa de Cooperación de Ciencia y Tecnología Pakistán-EE.UU. 2006. *Development, Optimization, and Application of a High-Performing Engineered Fertilizer*. Resumen de Proyecto tomado de la Propuesta de Subsidio. Disponible en: http://www7.nationalacademies.org/dsc/USDA_NIFA_2006.html (Consultado el 23 de agosto de 2007).
- Petrelli G, Figà-Talamanca I, Tropeano R, Tangucci M, Cini C, Aquilani S, Gasperini L., Meli P. 2000. *Reproductive male-mediated risk: Spontaneous abortion among wives of pesticide applicators*. Eur J Epidemiol 16: 391-393.
- Pimental D, Hepperly P, Hanson J, Douds D, Seidel R. 2005. *Environmental, energetic and economic comparisons of organic and conventional farming systems*. Bioscience 55(7):573-582.
- PIRA International, datos citados en Louvier D. 2006. *Nanotechnology & Packaging: Overview*. Encuentro de Tecnología de SwissFoodNet. Berna. Universidad de Ciencias Aplicadas - Facultad Suiza de Agricultura. Martes, 12 de diciembre de 2006.
- Powell J, Harvey R, Ashwood P, Wolstencroft R, Gershwin M, Thompson R. 2000. *Immune potentiation of ultrafine dietary particles in normal subjects and patients with inflammatory bowel disease*. J Autoimmun 14:99-105.
- Proyecto sobre Nanotecnologías Emergentes. Sin fecha. *Inventario de Productos de Consumo*. Disponible en: <http://www.nanotechproject.com/44> (Consultado el 8 de agosto de 2007).
- pSivida. 2006. *pSivida launches pSiNutria in the Food Industry: Applications in food quality, safety, authentication and detection of bio terrorism*. ASX / Comunicado a los medios el 1 de diciembre de 2005. Disponible en: <http://www.psvida.com/News/download/ASX/ASX%20Release-pSiNutria%20Dec%202005.pdf> (Consultado el 17 de enero de 2008).

- Radu D, Lai C, Jeftinija K, Rowe E, Jeftinija S, Lin V. 2004. A polyami-damine dendrimer-capped mesoporous silica nanosphere-based gene transfection reagent. *J Am Chem Soc* 126:13216–13217.
- Raj M. 2006. *Project to develop nano herbicides*. TheHindu.com. 21 de agosto de 2006. Disponible en: <http://www.hindu.com/2006/08/21/stories/2006082108960100.htm> (Consultado el 23 de agosto de 2007).
- Relyea R and Hoverman J. 2006. *Assessing the ecology in ecotoxicology: a review and synthesis in freshwater systems*. *Ecol Lett* 9: 1157–1171.
- Reardon T, Timmer C, Barrett C, Berdegué J. 2003. *The rise of supermarkets in Africa, Asia, and Latin America*. *Am J Ag Econ* 5: 1140-1146.
- Renton A. 2006. *Welcome to the world of nanofoods*. Guardian Unlimited. Reino Unido. 13 de diciembre de 2006. Disponible en: <http://observer.guardian.co.uk/foodmonthly/futureoffood/story/0,,1971266,00.html> (Consultado el 17/01/2007)
- Reynolds G. 2007. *FDA recommends nanotechnology research, but not labelling*. FoodProductionDaily.com. Noticias. 26 de julio de 2007. Disponible en: <http://www.foodproductiondaily-usa.com/news/ng.asp?n=78574-woodrow-wilson-nanotechnology-hazardous> (Consultado el 24 de enero de 2008).
- Roach S. 2006. *Most companies will have to wait years for nanotech's benefits*. Foodproductiondaily.com. 21 de agosto de 2006. Disponible en: <http://www.foodproductiondaily.com/news/ng.asp?id=69974> (Consultado el 17 de enero de 2008).
- Roberts R. 2007. *The role of nanotechnology in brand protection*. Packaging Digest. Enero de 2007. Disponible en: <http://www.packagingdigest.com/articles/200701/34.php> (Consultado el 8 de agosto de 2007).
- Roco M. 2001. *From vision to the implementation of the US National Nanotechnology Initiative*. *J Nanoparticle Research* 3:5-11.
- Roco M, Bainbridge W (Eds). 2002. *Converging Technologies for Improving Human Performance: nanotechnology, biotechnology, information technology and cognitive science*. Informe auspiciado por NSF/DOC. Disponible en: <http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/> (Consultado el 24 de enero de 2008).
- Rouse J, Yang J, Ryman-Rasmussen J, Barron A, Monteiro-Riviere N. 2007. *Effects of mechanical flexion on the penetration of fullerene amino acid-derivatized peptide nanoparticles through skin*. *Nano Lett* 7(1):155-160.
- Roy I, Ohulchanskyy T, Bharali D, Pudavar H, Mistretta R, Kaur N, Prasad P. 2005. *Optical tracking of organically modified silica nanoparticles as DNA carriers: A nonviral, nanomedicine approach for gene delivery*. *Proc Nat Acad Sci USA* 102:279–284.
- RS/RAE [Sociedad Real – Academia Real de Ingeniería, Reino Unido]. 2004. *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*. Disponible en: <http://www.nanotec.org.uk/finalReport.htm> (Consultado el 17 de enero de 2008)
- Ryman-Rasmussen J, Riviere J, Monteiro-Riviere N. 2006. *Penetration of intact skin by quantum dots with diverse physicochemical properties*. *Toxicol Sci* 91(1):159-165.
- Sanguansri P, Augustin M. 2006. *Nanoscale materials development – a food industry perspective*. *Trends Food Sci Technol* 17:547-556.
- Sawyer R. 1990. *Food in the future*. Disponible en: <http://www.sfwriter.com/rmfood.htm> (Consultado el 15 de agosto de 2007).
- Sayes C, Fortner J, Guo W, Lyon D, Boyd A, Ausman K, Tao Y, Sitharaman B, Wilson L, Hughes J, West J, Colvin V. 2004. *The differential cytotoxicity of water-soluble fullerenes*. *Nanolett*. 4:1881-1887.
- Sayes C, Wahi R, Kurian P, Liu Y, West J, Ausman K, Warheit D, Colvin V. 2006. *Correlating nanoscale titania structure with toxicity: A cytotoxicity and inflammatory response study with human dermal fibroblasts and human lung epithelial cells*. *Toxicol Sci* 92(1):174–185.
- SCENIHR [Comité Científico de la Unión Europea sobre Riesgos Sanitarios]. 2006. *The appropriateness of existing methodologies to assess the potential risks associated with engineered and adventitious products of nanotechnologies*. Comisión Europea, Brussels.
- Scenta 2007. *High tech, non-stick nano packing*. Disponible en: <http://www.scenta.co.uk/Health/1704070/hi-tech-non-stick-nano-packing.htm> (Consultado el 24 de diciembre de 2007).
- Schneider J. 2007. *Can microparticles contribute to inflammatory bowel disease: Innocuous or inflammatory?* *Exp Biol Med* 232:1-2.
- Scrinis G and Lyons K. 2007. *The emerging nano-corporate paradigm: Nanotechnology and the transformation of nature, food and agri-food systems*. *Internat J Sociol Agric and Food*. 15(2). To be Disponible en: <http://www.csafe.org.nz/ij saf/>

Cap. 2 Del laboratorio a la cadena alimenticia: La nanotecnología en los alimentos y la agricultura

- Senjen R. 2007. *Nano silver – a threat to soil, water and human health?* Amigos de la Tierra Australia. Marzo de 2007. Disponible en: <http://nano.foe.org.au/node/189> (Consultado el 17 de enero de 2008).
- Shelke K. 2005. *Hidden ingredients take cover in a capsule.* <http://www.foodprocessing.com/articles/2005/421.html> (Consultado el 17 de enero de 2008).
- Shelke K. 2006. *Tiny, invisible ingredients.* Food Processing.com. Disponible en: <http://www.foodprocessing.com/articles/2006/227.html> (Consultado el 8 de agosto de 2007).
- Shelke, K. 2007. *Cheers! Beverages for Health.* FoodProcessing.com Disponible en: <http://www.foodprocessing.com/articles/2007/082.html?page=1> (Consultado el 30 September 2007).
- Sorrentino A, Gorrasi G, Vittoria V. 2007. *Potential perspectives of bio-nano-composites for food packaging applications.* Trends Food Sci Technol 18:84-95.
- Syngenta. Sin fecha. Regulador de crecimiento vegetal Primo MAXX. Disponible en: <http://www.syngentapp.com/prodrender/index.asp?nav=CHEMISTRY&ProdID=747> (Consultado el 24 de diciembre de 2007).
- Syngenta. 2004. *Syngenta Introduces a New Liquid Formulation of Heritage(TM) Fungicide.*
- Throback I, Johansson M, Rosenquist M, Pell M, Hansson M, Hallin S. 2007. *Silver (Ag(+)) reduces denitrification and induces enrichment of novel nirK genotypes in soil.* FEMS Microbiol Lett 270(2):189–194.
- Tinkle S, Antonini J, Roberts J, Salmen R, DePree K, Adkins E. 2003. *Skin as a route of exposure and sensitisation in chronic beryllium disease.* Environ Health Perspect 111:1202-1208.
- Toddler Health. Sin fecha. Disponible en: <http://www.toddlerhealth.net/overview.php> (Consultado el 24 de diciembre de 2007).
- Torney F, Trewyn B, Lin V, Wang K. 2007. *Mesoporous silica nanoparticles deliver DNA and chemicals into plants.* Nature Nanotechnol 2:295-300.
- Tran C, Donaldson K, Stones V, Fernandez T, Ford A, Christofi N, Ayres J, Steiner M, Hurley J, Aitken R, Seaton A. 2005. *A scoping study to identify hazard data needs for addressing the risks presented by nanoparticles and nanotubes.* Informe de investigación. Instituto de Medicina Ocupacional, Edinburgh.
- U.K. DEFRA [Departamento de Asuntos Ambientales, Alimentarios y Rurales del Reino Unido]. 2006. *UK Voluntary Reporting Scheme for engineered nanoscale materials.* September 2006. División de Sustancias Químicas y Nanotecnologías
- DEFRA, Londres. Disponible en: <http://www.defra.gov.uk/environment/nanotech/policy/pdf/vrs-nanoscale.pdf> (Consultado el 15 de enero de 2008).
- Universidad Técnica de Dinamarca. 2007. *Bioplastic developed into food packaging through nanotechnology.* Noticias. 23 de marzo de 2007. Disponible en: http://risoe-staged.risoe.dk/News_archives/News/2007/0322_bioplast.aspx (Consultado el 17 de enero de 2008).
- U.K. RS [Sociedad Real del Reino Unido]. 2007. *Synthetic biology: Call for views.* Disponible en: <http://royalsociety.org/page.asp?changes=0&latest=1&id=6731> (Consultado el 30 November 2007).
- US EPA [Organismo de Protección Ambiental de EE.UU.] 2007. *Pesticide Registration: Clarification for Ion Generating Equipment.* Disponible en: http://www.epa.gov/oppad001/ion_gen equip.htm (Consultado el 16/01/2008).
- U.S. EPA. 2007. *U.S. Environmental Protection Agency Nanotechnology White Paper.* Consejo de Políticas Científicas, Organismo de Protección Ambiental de EE.UU., Washington D.C. Disponible en: <http://www.epa.gov/OSA/pdfs/nanotech/epa-nanotechnology-whitepaper-0207.pdf> (Consultado el 17 de enero de 2008)
- U.S. FDA. 2006. *Nanoscale Materials [no specified CAS] Nomination and Review of Toxicological Literature.* 8 de diciembre de 2006. Elaborado por el Grupo de Trabajo de Selección Química de la Administración de Alimentos y Fármacos de EE.UU. Disponible en: http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/Chem_Background/ExSumPdf/Nanoscale_materials.pdf (Consultado el 15 de enero de 2008).
- US FDA. Sin fecha. Normativa de Productos de Nanotecnología. Disponible en: <http://www.fda.gov/nanotechnology/regulation.html> (Consultado el 10 de agosto de 2007)
- U.S. FDA. 2007. *Nanotechnology: A Report of the U.S. Food and Drug Administration Nanotechnology Task Force.* 25 de julio de 2007. Disponible en: <http://www.fda.gov/nanotechnology/taskforce/report2007.html> (Consultado el 15 de enero de 2008).

van Balen E, Font R, Cavallé N, Font L, Garcia-Villanueva M, Benavente Y, Brennan P, de Sanjose S. 2006. *Exposure to non-arsenic pesticides is associated with lymphoma among farmers in Spain*. *Occupation Environ Med* 63:663-668

Vassaux G, Nitcheu J, Jezzard S, Lemoine N. 2006. *Bacterial gene therapy strategies*. *J Pathol* 208:290-298.

Wang B, Feng W-Y, Wang T-C, Jia G, Wang M, Shi J-W, Zhang F, Zhao Y-L, Chai Z-F. 2006. *Acute toxicity of nano- and micro-scale zinc powder in healthy adult mice*. *Toxicol Lett* 161:115-123.

Wang B, Feng W, Wang M, Wang T, Gu Y, Zhu M, Ouyang H, Shi J, Zhang F, Zhao Y, Chai Z, Wang H, Wang J. 2007a. *Acute toxicological impact of nano- and submicro-scaled zinc oxide powder on healthy adult mice*. *J Nanopart Res* 10(2):263-276

Wang J, Zhou G, Chen C, Yu H, Wang T, Ma Y, Jia G, Gai Y, Li B, Sun J, Li Y, Jiao F, Zhano Y, Chai Z. 2007b. *Acute toxicity and biodistribution of different sized titanium dioxide particles in mice after oral administration*. *Toxicol Lett* 168(2):176-185.

Weiss J, Takhistov P, McClements J. 2006. *Functional materials in food nanotechnology*. *J Food Sci* 71(9):R107-R116.

Wolfe J. 2005. Safer and guilt-free nanofoods. *Forbes.com*. EE.UU. 10 de agosto de 2005. Disponible en: http://www.forbes.com/investmentnewsletters/2005/08/09/nanotechnology-kraft-hershey-cz_jw_0810soapbox_inl.html (Consultado el 8 de agosto de 2007).

Zhang Y, Zhang Y, Chen J, Zhang H, Zhang Y, Kong L, Pan Y, Liu J, Wang J. 2006. *A novel gene delivery system: Chitosan-carbon nanoparticles*. *Nanoscience* 11(1):1-8.

Capítulo 3

**Los trabajadores de la agricultura y la alimentación
cuestionan las nanotecnologías.
La resolución de la UITA**

Guillermo Foladori y Noela Invernizzi

La revolución de las nanotecnologías

Las nanotecnologías constituyen la revolución tecnológica más importante de nuestros tiempos. La característica técnica que las distingue es la producción de nuevos materiales y el otorgamiento de nuevas funciones a los materiales conocidos. Esto es posible porque la nanotecnología manipula la materia a escala atómica, molecular y macromolecular, lo cual permite que la materia manifieste nuevas propiedades, diferentes a las conocidas en el tamaño en que aparecen en la naturaleza (RS&RAE, 2004). El carbono, en su forma conocida como grafito, es blando y conductor eléctrico; en su forma de diamante, también conocido en la naturaleza, es el material más duro y no conduce la electricidad. Pero, los fulneros, creados con nanotecnología, forman cristales de fullerita que, mezclados con elementos como rubidio y potasio, se convierten en superconductores. Por su parte, los nanotubos de carbono, también creados con nanotecnología, son muy rígidos, llegando a ser 100 veces más resistentes que el acero y, al mismo tiempo, seis veces más livianos, siendo conductores o superconductores eléctricos (Terrones, 2005). Al mismo tiempo que los elementos en nanoescala presentan nuevas propiedades que pueden ser aprovechadas ventajosamente, pueden también generar tipos de toxicidad diferentes a las conocidas (Bartis & Landree, 2006, 6). Por ello, la reglamentación vigente no resulta adecuada ni suficiente y nuevas evaluaciones resultan necesarias, como lo reconocen expertos norteamericanos e ingleses (Food navigator.com, 2006; Carlstrom, 2005).

Como resultado de los nuevos materiales y de las nuevas propiedades que pueden explorarse en los ya conocidos, es posible reunir en un único producto funciones que antes eran desarrolladas por varios productos. El pan TipTop producido en Australia, por ejemplo, incorpora nanocápsulas de Omega 3 (www.tiptop.com.au). De esta forma, además de su función alimenticia ordinaria incorpo-

ra la función de suplemento alimenticio que anteriormente cumplían los comprimidos, aceites, etc., que debían ser empacados, comercializados y vendidos separadamente. La compañía Nanotech Inc. produce pinturas que tienen diversas funciones, como incrementar significativamente la capacidad de aislamiento térmico, ser anticorrosivas y antifúngicas (Barrañón, 2007). Nuevamente, varios productos existentes son sintetizados en uno solo. La ropa que no se arruga, repele las manchas, y puede conservar la temperatura corporal con independencia de la externa, es otro ejemplo de esa misma tendencia a condensar varias funciones observada en los productos de la nanotecnología.

En otros casos, el nuevo producto nanotecnológico desplaza al antiguo porque cumple la misma función de forma más eficiente. Un bloqueador solar que es capaz de penetrar más profundamente la piel y bloquear totalmente los rayos ultravioletas, puede llegar a sustituir radicalmente los antiguos (BusinessWeek, 2005). Un envase que avisa cuando el producto está perdiendo su validez, y que alarga la vida del contenido, sustituye mucho trabajo de supervisión y mantenimiento, así como los productos asociados a estas actividades.

En términos de la acumulación de capital, las nanotecnologías pueden considerarse el equivalente a conquistar un nuevo mundo, ya que el carácter dúctil (*enabling*) de estas tecnologías hace que puedan ser aplicadas en prácticamente cualquier rama de la producción con efectos devastadores sobre las antiguas tecnologías y productos. Dadas sus características disruptivas, y el hecho de surgir en un mercado mundial altamente globalizado, es previsible que la velocidad con que se impongan a nivel mundial, y la extensión que adquiera su difusión en términos geográficos, sea mucho mayor a la de cualquier revolución tecnológica anterior. Es claro que esto tendrá efectos profundos sobre la división social del trabajo. Nuevas ramas industriales surgirán y otras desaparecerán. Los textiles vegetales, el hierro, el cobre, el café, el té, como otros tantos productos

naturales, pueden llegar a reducirse como mercancías importadas por los países desarrollados y, con ello, sectores enteros de la economía mundial como los conocemos hoy en día se verían trastocados (ETC Group, 2005b).

También las nanotecnologías tendrán un profundo impacto sobre las clases trabajadoras. Por un lado, porque la multiplicación de funciones que pasan a realizar los productos de la nanotecnología reduce significativamente la cantidad de fuerza de trabajo necesaria, tanto al interior del proceso productivo, como también en la manipulación, almacenamiento, transporte y comercialización de antiguos productos que desaparecen del mercado. Por otro lado, porque la menor dependencia de las contingencias ambientales y de los recursos naturales hace previsible un cambio en la localización geográfica de las industrias, con el consecuente desplazamiento de fuerza de trabajo y migración laboral.

Científica, una empresa que se dedica a consultorías e información sobre nanotecnologías, lanzó un reporte a principios de 2007 (Científica, 2007), en el cual se concluye que está ocurriendo un proceso de centralización de las empresas productoras de nanomateriales, reduciéndose las pequeñas firmas y concentrándose la producción en las grandes multinacionales de la química. Al mismo tiempo, destaca el reporte, la producción de nanopartículas permitirá que muchas ramas de la producción incorporen nanocomponentes a sus productos, proyectando el mercado de productos con nanopartículas a 1,5 billones (10^{12}) de dólares para el año 2015. Mientras se abren promisorias oportunidades para la acumulación de capital, las perspectivas no son tan alentadoras para las clases trabajadoras y la población pobre, sobre las cuales recaerá el mayor impacto de las transformaciones productivas.

La Unión Internacional de Trabajadores de la Alimentación, Agrícolas, Hoteles, Restaurantes, Tabaco y Afines (UITA) (*International Union of Food, Agricultural, Hotel, Restaurant, Catering, Tobacco and Allied Workers' Associations-*

IUF) es una federación internacional de sindicatos de trabajadores de la agricultura y plantaciones, de la preparación y procesamiento de comida y bebidas, de hoteles, restaurantes y servicio de comidas, y todas las fases de la producción y procesamiento del tabaco. Se trata de una enorme federación con una larga historia, fundada en 1920. Hoy en día incluye 336 sindicatos en 120 países, nucleando a más de 12 millones de trabajadores (UITA, s/f).

La Secretaría Regional Latinoamericana de esta federación (Rel-UITA) se reunió en octubre de 2006 en Santo Domingo para su 13^{va} conferencia regional. Con la presencia de 95 delegados de 39 organizaciones de trabajadores pertenecientes a 14 países, emitió una resolución sobre las nanotecnologías. En sus términos generales la declaración llamó a la discusión pública, advirtiendo que se estaban introduciendo en el mercado productos con nanocomponentes antes que la sociedad civil y los movimientos sociales tuviesen tiempo para evaluar sus posibles implicaciones económicas, ambientales, sociales y en la salud. Además, la declaración advertía sobre la necesidad de no dejar en manos de “expertos” una discusión que implicará profundos cambios sociales. Se trata, posiblemente, de la primera declaración a nivel continental emitida por una federación de sindicatos de trabajadores. Meses después, en marzo de 2007, se realizó el 25 Congreso de la UITA en Ginebra. La Secretaría Regional Latinoamericana presentó a la discusión la resolución de Santo Domingo, que fue aprobada, extendiendo así su impacto a los 120 países y a los más de 12 millones de trabajadores que agrupa. Una resolución de esa naturaleza, claramente cuestionadora de la forma en que se están imponiendo las nanotecnologías y sus productos, obliga a una reflexión sobre el tema.

I. La resolución de la UITA

La resolución de la UITA contiene seis puntos que procedemos a analizar a seguir.

1. Movilizar a nuestras organizaciones afiliadas instándolas a debatir con el resto de la sociedad y los gobiernos las posibles consecuencias de la NT.

En los países desarrollados hay un intento por incorporar la discusión y participación pública al desarrollo de las nanotecnologías. Varios países cuentan con considerable experiencia en mecanismos de participación de ciudadanos legos en la evaluación de tecnologías, y en instancias de toma de decisiones sobre ciencia y tecnología (C&T). Estos mecanismos reconocen la necesidad de democratizar la toma de decisiones en C&T, yendo más allá de la evaluación de los “expertos”. Los alcances de esta democratización varían en función de los objetivos concretos que se persiguen con la participación pública. Cuando el objetivo es detectar potenciales implicaciones negativas de una tecnología dada, desde riesgos hasta dilemas éticos, se abre la posibilidad de una intervención social en el diseño y la reglamentación de tal tecnología. Cuando el objetivo es evaluar las reacciones de los consumidores ante nuevos productos, para orientar a las empresas a mejorar la imagen de los mismos, la democratización se restringe a la esfera del consumo. El alcance de la democratización depende también del propio diseño de estas metodologías participativas. La mayoría tiene como interlocutor al público “en general” y envuelve directamente a un número muy pequeño de ciudadanos. Esto lleva a cuestionar su efectiva representatividad social y su poder real para incidir en la toma de decisiones. Aunque una muestra de ciudadanos

puede transmitir la percepción del público sobre una tecnología, los ciudadanos, tomados individualmente, no tienen poder político de movilización y negociación, como si lo tienen las organizaciones de la sociedad civil, o movimientos sociales organizados. Aunque las organizaciones sociales defienden intereses sectoriales o clasistas explícitos y, por ello, su posición frente a una determinada tecnología es sesgada de acuerdo con tales intereses; dicho sesgo no debe verse como un obstáculo a la democracia, sino como parte de las reglas del juego democrático.

La resolución de la UITA, dirigida a cientos de sindicatos viene a sumarse a esta tendencia, incorporando la perspectiva de los trabajadores a este debate. La UITA no se opone a las nanotecnologías en abstracto, ni siquiera discute sus potencialidades técnicas. Lo que pone en discusión es su ritmo, consecuencias e implicaciones sociales. La declaración de UITA tiene, además de su contenido explícito, una importante función social: la de alertar, no sólo a sus afiliados, sino también a los gobiernos, a la industria y a los organismos internacionales que este sector de la sociedad civil está atento al desarrollo de las nanotecnologías.

2. 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.

El Principio de Precaución, a que alude aquí la UITA, comienza a desarrollarse en los pasados años setenta, y toma cuerpo en algunos acuerdos internacionales y legislaciones. El Protocolo de Montreal (1987), dedicado a las sustancias que pueden reducir la Capa de Ozono, hace referencia explícita a medidas de precaución que deben

ser tomadas. La Declaración de Río de Janeiro, de 1992, también orienta a los países a tener enfoques precautorios para proteger el ambiente. En 2000, la Comisión Europea emite una comunicación sobre el Principio de Precaución. Este principio consiste, en términos generales, en una medida de política pública a ser aplicada cuando existen riesgos potenciales serios o irreversibles a la salud o el medio ambiente, y antes que dichos riesgos se transformen en peligros probados. Esta política supone, entre otros, mecanismos de investigación y monitoreo, de manera que puedan ser detectados los peligros con antelación (EEA, 2001). El Principio de Precaución supone tomar medidas para proteger la salud y/o el medio ambiente antes de que existan evidencias científicas contundentes de que existen peligros; o sea que los productos sujetos al principio de precaución deben ofrecer una “certeza razonable con base científica de que no ofrecen peligro”. De esta forma, el Principio de Precaución incluye un fundamento científico (no hay peligro) y un fundamento político y de sentido común (certeza razonable) (Groth III, 2000).

Aunque ya existen algunas pruebas, y todos los organismos públicos de evaluación de riesgo reconocen que las nanopartículas implican una toxicidad diferente, las evidencias científicas sobre riesgos de productos de la nanotecnología son aún escasas. Frente a esta ausencia de métodos y datos científicos, una política preventiva y cautelosa sería detener las investigaciones (los trabajadores, los científicos y técnicos de laboratorio pueden verse afectados) y la comercialización de nanopartículas (los consumidores pueden ser afectados) hasta tanto no se realicen suficientes pruebas científicas que demuestren, bien la inexistencia de riesgos, o bien, si los hay, la posibilidad de revertirlos. Es esto último lo que refleja la resolución de la UITA, posicionándose en contra de la tendencia que los negocios están imponiendo al lanzar al mercado nanopartículas antes que existan exámenes suficientes que evalúen sus potenciales peligros.

Desde la perspectiva financiera hay quienes argumentan que la regulación sólo puede entorpecer el desarrollo de las nanotecnologías, y ejemplifican con la revolución informática, que creció en un ambiente no regulado (Wolfe, 2005). Pero, es claro que los trabajadores no tienen por qué estar preocupados con el florecimiento de los negocios, pero sí con la necesidad de regulación.

El caso de Estados Unidos muestra que regular sobre una nueva tecnología no es una tarea sencilla. Un documento del Woodrow Wilson International Center for Scholars (WWICS) analiza un instrumento de regulación, el *Toxic Substance Control Act* de los Estados Unidos y concluye que éste no toma en cuenta la diferencia de comportamiento de las sustancias entre el nivel macro y la nanoescala. Esto es fundamental, ya que aún siendo igual la composición química, las propiedades cambian con la escala. Tampoco el *Toxic Substance Control Act* puede contemplar las nuevas funciones que nanopartículas puedan desempeñar. Así, por ejemplo, no siempre resulta claro cuando nanotubos de carbonos, que se utilizan en docenas de diferentes aplicaciones, están cumpliendo funciones nuevas (WWICS, 2002). En un documento más extenso, la misma institución analiza todos los instrumentos legales de los Estados Unidos para enfrentarse a la toxicidad de las nanopartículas. Concluye que, a pesar de que existen varias leyes que dan base para regular las nanotecnologías, todas adolecen de fallas debido al carácter novedoso de las sustancias que enfrentan; siendo, por lo tanto, muy débiles para proteger al público de potenciales riesgos (Davies, s/f).

Otra de las dificultades a las que se enfrenta la regulación es la marginal dedicación de fondos a la investigación de riesgos. Se estima que del total del presupuesto destinado a la nanotecnología en el mundo, menos del 10% está orientado a investigar potenciales riesgos a la salud, el medio ambiente o sus implicaciones legales, éticas, sociales y económicas.

Cuando la UITA reclama regulaciones internacionales está más avanzada que las propuestas de la industria y los gobiernos. Mientras la industria, el comercio, y el sector financiero centran la atención en investigaciones y regulaciones para disminuir la “percepción negativa de riesgo”,¹ están dejando abierta la posibilidad de que las corporaciones migren sus capitales de país en país, buscando aquellos con regulación de riesgo más blanda. Tal vez no sea casual, por ejemplo, que en México, en la frontera con Estados Unidos, se esté construyendo lo que se considera el parque industrial para nanotecnología más grande de América Latina (Foladori & Zayago, 2007). Una reglamentación internacional, como la propuesta por UITA podría evitar estos laberintos de los negocios.

3. 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.

Las patentes son una modalidad de derechos intelectuales de propiedad, junto con las marcas registradas, los derechos de autor y los secretos de comercio. En las últimas décadas, el conocimiento, como capital intangible, ha venido sustituyendo al capital físico como fuente de beneficios. Se supone que las patentes garantizan la innovación, al per-

mitir que su dueño ponga precios monopólicos a los productos que utilizan dichas patentes durante 20 años. Pero, además, las patentes juegan un papel fundamental en el mercado bursátil, ya que aún sin cristalizar en un producto de mercado (solamente cerca del 2% de las patentes termina aplicándose en algún producto), su potencial puede elevar sus precios y los de las compañías que detentan dicha patente, creando burbujas de crecimiento económico, no siempre con bases en la economía material.

La carrera por las patentes en nanotecnología se desató a mediados de los años noventa, cuando sólo había registradas unas 2000 patentes de nanotecnología a nivel mundial. A partir de entonces, el crecimiento en el registro de patentes ha sido exponencial, y diez años después había más de 6000 patentes registradas (Regalado, 2004). Quien controla las patentes controlará las nuevas tecnologías. Aun cuando pocas de ellas lleguen a materializarse en productos comercializables, el hecho es que las patentes son el caballo de batalla de las empresas en la actualidad. Las patentes pueden ser usadas como barrera para el ingreso a una determinada área de negocios, pueden acabar con competidores, pueden servir para obtener ganancias por su venta, pueden aumentar las acciones de la compañía, y pueden rendir ganancias extraordinarias cuando aplicadas a productos en el mercado.

No obstante, las patentes en nanotecnología se enfrentan a muchas dificultades prácticas. Los sistemas de clasificación de patentes no están adaptados a las propiedades específicas de la nanotecnología, ni siquiera existe una clasificación específica, de manera que puede ser discutible si muchos inventos entran en el área de la nanotecnología. El carácter facilitador de muchos nanoproductos, como los nanotubos de carbono, que pueden aplicarse a muy variados usos, hace que una misma patente pueda cristalizar en muy diferentes productos; con ello la patente puede adquirir un precio muy elevado en el mercado. Estas dificultades han generado en los Estados Unidos una verdadera

¹ Lux Research señala que del total de productos con nanocomponentes que estará en el mercado en el 2014, 25% implicará riesgos reales al momento de la fabricación; 7% implicará riesgos reales para el usuario de los productos; y 14% estará expuesto a riesgos derivados de la caducidad de los productos con nanocomponentes; pero, advierte que 40% estarán expuestos a riesgos percibidos (Lux Research, 2005).

disputa legal en torno a las patentes, con impugnaciones de copia, altos costos por pago de abogados y resultados inciertos en los juicios.

El ETC Group publicó un documento donde argumentaba que patentar los elementos básicos y los dispositivos de nanotecnología podía monopolizar las posibilidades de investigación y desarrollo (ETC Group, 2005a). Efectivamente, como muchos de los elementos inventados por la nanotecnología pueden tener muy diferentes usos, quien patente un nanotubo de carbono, o un fulenero, podría cerrar el paso a investigaciones de potenciales usos de dichos productos. Otro problema son las patentes que se reclaman sobre la versión nano de productos utilizados tradicionalmente. Sólo una persona en la China tiene 900 patentes de productos relacionados a la medicina tradicional en formulaciones en nanoescala. Además, el documento de ETC Group resaltaba que la mayoría de las patentes ya están concentradas en Estados Unidos, Japón, Alemania, Canadá y Francia, y en manos de grandes corporaciones multinacionales tales como IBM, Micron Technologies, Advanced Micro Devices e Intel. Aunque los países pequeños o en desarrollo puedan llegar a patentar algunos inventos, es claro que la nueva revolución de las nanotecnologías colocará en ventaja a aquellas corporaciones y países que detentan la mayoría de las patentes y pueden ejercer su poder monopólico. Los impactos podrían llegar a ser devastadores para muchas ramas de la producción, productores y países.

La nanotecnología de agroalimentos es un área dinámica para las patentes. En el sector agrícola, grandes corporaciones como BASF, Bayer Crop Science, Syngenta, y Monsanto están patentando pesticidas nanoencapsulados, que se disuelven en agua, con mayor durabilidad, requieren de menor cantidad de producto activo y tienen mayor letalidad, o alcanzan exclusivamente el objetivo, sin mayores efectos secundarios anunciados (ETC, 2004). La versión nano de antiguos pesticidas también permite, en algunos casos, crear

un nuevo pesticida y, por lo tanto alargar la vida de la antigua patente. En el área de los alimentos y los nutriceuticals también se utilizan los nanoencapsulados, y nanoenroscados (nanocochleates) para suministro de suplementos alimenticios y/o para cambios en el sabor, textura y color de los alimentos. Muchos de estos procedimientos han sido patentados. Aquanova patentó una solución que combina reducción de grasas y saciedad en un solo portador (NovaSOL); Unilever tiene patentes de nanoemulsores que aplica a alimentos y cosméticos. Junto con Nestlé, Unilever tiene patentes en nanoencapsulados para alimentos y suplementos alimenticios. Kraft también tiene patentes en nanocápsulas y nanopartículas para alimentos.

En la agricultura, la revolución de las nanotecnologías puede llegar a ser tan devastadora para los campesinos y pequeños productores como la introducción de la mecanización agrícola. En la industria de la alimentación la sustitución de fuerza de trabajo, obsolescencia de muchas ramas industriales y servicios y el surgimiento de nuevas ramas sin precedentes sindicales u organizativos constituye, sin duda, una preocupación para muchos trabajadores. La demanda de UITA por frenar el otorgamiento de patentes de circulación internacional toca el punto neurálgico de los negocios en nanotecnología, pues, de otra forma, los negocios se pondrían por delante de las necesidades y riesgos de los consumidores y trabajadores, como ya está aconteciendo.

4. 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.

El *Codex Alimentarius* es un conjunto de estándares, prácticas y recomendaciones relativas a la producción

de alimentos y su manipulación, cuyo propósito es brindar seguridad al consumidor. Fue creado en 1963, y en la Comisión que se encarga de actualizarla participan la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Organización Mundial de la Salud. Como este código está reconocido por la Organización Mundial del Comercio como referencia en la solución de conflictos, el reclamo de UITA tiene, también en este punto, alcance para las transacciones internacionales.

La aplicación de la nanotecnología a la agricultura y alimentación está aumentando rápidamente. Estimaciones de la consultora Helmut Kaiser ubican la rama de los nanoalimentos entre las que más crecerá en el corto plazo, pasando su mercado de 7 mil millones de dólares en 2006, a 20,4 mil millones en 2010 (Kaiser, 2004).

Nanoforum.org (European Nanotechnology Gateway) lanzó el reporte *Nanotechnology in Agriculture and Food* a principios de 2006 (Joseph & Morrison, 2006). Allí se realiza una actualización de dichas actividades a nivel mundial, mismas que ya habían sido adelantadas y ejemplificadas con mayor detalle en el documento del ETC group (2004) *Down on the Farm*. La nanotecnología orienta hacia una agricultura de precisión, en la cual se monitorean muchas variables y se aplican insumos (agua, fertilizantes, pesticidas, herbicidas, etc.) en la cantidad y lugar específicos donde se necesitan. La distribución inteligente de insumos en los vegetales, utilizando sistemas que detecten la salud de cada una de las plantas, permite advertir al productor sobre desequilibrios, inclusive antes de que él mismo pueda percatarse, y suministra insumos nanoencapsulados que permiten evitar efectos secundarios y reducir el volumen necesario de éstos. Hay también otras aplicaciones, como el cultivo de nanopartículas de oro mediante su captación por medio de determinadas plantas que las absorben de los suelos que las contienen, o la limpieza de suelos y cursos de agua. Si estas nanopartículas tienen efectos secundarios durante su producción, su uso, o una vez que el ciclo de

vida donde están insertas finalice es algo que no se sabe a ciencia cierta. Tal es la base de la reivindicación de UITA.

Entre las muchas posibles aplicaciones de la nanotecnología en la industria de la alimentación, la revolución en los empaques es posiblemente la más cercana. Los empaques inteligentes pueden alertar al consumidor cuando su contenido está vencido o contaminado; son capaces de responder inteligentemente adaptándose a cambios en el ambiente, o a su propio deterioro, corrigiendo aberturas o rasgaduras; son antimicrobiales; y pueden incorporar en el propio producto, y no sólo en el embalaje, microchips que den seguimiento al producto hasta su mismo consumo. Todas estas son innovaciones que sustituirán empleo, instrumentos y maquinaria, y rediseñarán la división social del trabajo (ETC, 2004).

Los alimentos interactivos y los nutraceuticos son otras áreas de gran interés. Los alimentos interactivos contienen nanocápsulas con colores y sabores que sólo son liberadas cuando el consumidor, o su organismo las demande. Los nutraceuticos son alimentos que contienen suplementos alimenticios, medicamentos o cosméticos, como el pan australiano TipTop de que hablamos al comienzo. En 2002 Nestlé y L'Oreal, dos empresas conocidas en la rama de la alimentación la primera y de los cosméticos la segunda, anunciaron la creación de la *joint venture* INNEOV para producir alimentos-cosméticos que mejoren la calidad de la piel, de las uñas o del pelo (Nestlé, 2002). Diversas técnicas de la nanotecnología permiten estos combinados, como el nanoencapsulado que, junto con nanosensores, permitiría que la "parte" cosmética del alimento permanezca inactiva, pero se libere en el caso en que sean detectadas deficiencias en el organismo.

5. 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.

Hace ya décadas que existen reglamentaciones de seguridad en el trabajo, y de seguridad para el consumidor. ¿Por qué no podrían aplicarse dichos criterios al trabajo con nanotecnologías, y al consumo de productos de las nanotecnologías? Maynard, un especialista en seguridad y salud ocupacional del Institute for Occupational Safety and Health de Estados Unidos, explica que la forma convencional en que se analizan los eventuales riesgos de los materiales, líquidos y gases y vapores es por su masa y composición. El problema con las nanopartículas y nanodispositivos es que su pequeño tamaño hace que sean mucho más reactivas, por tener una proporción de superficie expuesta mayor. En un artículo de la revista británica *Nature*, de noviembre del 2006, catorce investigadores líderes en toxicología llamaban la atención sobre los potenciales riesgos de las nanopartículas advirtiendo sobre la necesidad de tomar en cuenta esas dimensiones de las nanopartículas:

Estudios recientes que examinan la toxicidad de los nanomateriales producidos en culturas de células y animales han mostrado que el tamaño, el área de superficie, la química de superficie, la solubilidad y posiblemente la forma, todos juegan un papel en determinar el potencial de los nanomateriales producidos en causar daños (Maynard, et al, 2006, 267).

De manera que las nanotecnologías ofrecen un reto a las metodologías tradicionales de evaluación de riesgo de salud ocupacional y a los instrumentos existentes. Por ello, es importante que nuevas metodologías sean diseñadas, incorporando criterios de tamaño, de forma, de área de superficie, de área de actividad y de estructura, y nuevos instrumentos construidos para detectar y monitorear.

El problema que se presenta es la poca importancia que se le da a la investigación de riesgo. Para el año fiscal 2006, los Estados Unidos sólo dedicaron 3,7% de su presupuesto federal de la National Nanotechnology Initiative a investigar sobre seguridad y salud en los trabajadores; y otro 4% para las implicaciones éticas, legales y sociales de las nanotecnologías (NanoWerk, 2006). Si a esto le agregamos que la venta de productos con nanopartículas está creciendo exponencialmente, y que, por tanto, también lo hará la cantidad de trabajadores que se incorporen a procesos que produzcan o utilicen nanopartículas y nanodispositivos, resulta clara la urgencia de medidas preventivas.

Más grave aún resulta el hecho de que, aunque los presupuestos destinados a las investigaciones de riesgo son insignificantes frente al reto que significa el disponer de nuevos y desconocidos elementos de manera creciente, ya se han realizado algunos estudios de laboratorio con animales, comprobando varios peligros para la salud. Se sabe que algunas nanopartículas pueden penetrar barreras naturales del organismo, como la de sangre del cerebro, la placenta, pueden penetrar la piel y viajar por el cuerpo, alojarse en los pulmones, pueden perjudicar el ADN, etc.

La organización ambientalista Friends of Earth-Australia lanzó un documento en 2006, advirtiendo sobre los riesgos en los cosméticos que utilizaban nanocomponentes (Miller, 2006), y, en 2007, otro, específicamente dedicado a la potencial toxicidad de la plata utilizada en nanoescala, uno de los productos más usados como bactericidas en la línea blanca (refrigeradores, lavarropas) y en los envases de alimentos (Senjen, 2007). Tanto las soluciones de plata como el dióxido de titanio o el de silicio escapan a muchas reglamentaciones. En Estados Unidos, por ejemplo, la *Food and Drug Administration* utiliza el criterio de masa para indicar su potencial toxicidad, pero en la nanoescala esto no es suficiente (Senjen, 2007, ETC, 2004).

6 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.

No cabe duda que una revolución tecnológica que cree nuevos materiales y revitalice con nuevas funciones a los viejos tendrá profundas implicaciones en la división social del trabajo. Es muy probable que algunos productos y ramas de la producción sean sustituidos por otros, como ya ha ocurrido en revoluciones tecnológicas anteriores. En un documento preparado para el South Center, el grupo ETC (ETC Group, 2005b) analiza los potenciales impactos de las nanotecnologías en los mercados, particularmente aquellos que afectan a los países en desarrollo. Estudiando el caso del mercado del caucho, el platino y el cobre, el documento muestra que hay procedimientos nanotecnológicos que pueden mejorar la durabilidad de las llantas de autos, que es el principal mercado para el caucho, y que puede significativamente reducir la demanda mundial de dicho producto. También los nanotubos de carbono pueden volverse un efectivo competidor de los cables de cobre, afectando la demanda mundial de este producto. El platino puede ser reemplazado por nanotecnología en su función de catalizador en convertidores y baterías. Estos son algunos ejemplos de la presión que algunos países exportadores de estas materias primas podrán enfrentar cuando comiencen a sentir la substitución por productos de la nanotecnología. El grupo ETC estima que las fibras textiles, como el algodón, o el yute pueden ser de las primeras en encontrar sustitutos nanotecnológicos. Con ello miles o millones de productores rurales y trabajadores agrícolas asalariados se verán afectados, muchos viéndose orillados a la ruina económica y pauperización.

Otro impacto importante provendrá de la compactación

de varias actividades en una sola, motivado por los nuevos productos de la nanotecnología; como es el caso de los empaques inteligentes a que hicimos referencia anteriormente. La reducción de funciones lleva a la convergencia de varias ramas hoy diferentes en una sola. Está próxima la fusión de la industria de los cosméticos y la alimentación. Estos cambios, además de las consecuencias económicas, tendrán profundas implicaciones políticas. ¿La unificación económica de cosméticos y alimentos llevará a la unificación sindical de sus trabajadores?

Sectores más calificados también sufrirán impactos devastadores. Una de las ramas más dinámicas de la nanotecnología médica es la del diagnóstico. Laboratorios dentro de chips adheridos al cuerpo o viajando por dentro de él, como si fuesen virus, podrán analizar decenas de biomarcadores en segundos y enviar sus señales a sistemas informáticos externos. Los laboratoristas y enfermeros e inclusive una parte importante de las funciones médicas serán automatizadas, abaratando la fuerza de trabajo calificada y convirtiéndola en obsoleta en esas ramas.

Conclusiones

Las nanotecnologías constituyen la revolución tecnológica en curso. Dado el carácter globalizado de la economía, los impactos se manifestarán en todo el mundo simultáneamente. Debido a su carácter altamente disruptivo, ya que implican el otorgar a los materiales nuevas funciones y crear nuevos materiales, es probable que esta revolución se imponga mucho más rápidamente que las anteriores. Además, por su esencia facilitadora, en el sentido de que las nanotecnologías pueden aplicarse a prácticamente todas las ramas de la actividad económica, es previsible que se impongan horizontalmente en los diversos sectores de la economía.

Lo anterior no sería un problema si el curso de los acontecimientos estuviese comandado por una actitud precautoria y planificada. Sin embargo, el crecimiento está siendo exponencial en lo que toca a la creación de nuevos productos con nanocomponentes o nanodispositivos y a su incorporación al mercado, pero en lo que respecta a investigaciones y medidas precautorias de riesgo, la dinámica es muy lenta y restringida. Además, los gobiernos poco están haciendo por investigar los potenciales impactos en sus economías y cómo compensar el desempleo de trabajadores cuando sus actividades se vuelvan obsoletas o las ramas donde trabajen desaparezcan. Tampoco hay mucha preocupación con la calificación de la población y de los trabajadores frente a las demandas que la nueva revolución tecnológica va a imponer. La conclusión general que estas tendencias muestran es clara: el ritmo de desarrollo de las nanotecnologías, las áreas en que se está investigando y produciendo, los países y regiones donde se está impulsando y los financiamientos que se están otorgando están comandados por los negocios, por las grandes corporaciones que ya detentan la mayoría de las patentes y concentran el grueso de la investigación.

Mientras que para el gran capital esta es una inmensa frontera virgen abierta a la ganancia, para la población civil y los trabajadores hay mucha incertidumbre y falta de información transparente. Lo único evidente es que si los trabajadores organizados no presionan para enderezar el curso de este proceso, tanto ellos como el resto de la población civil sufrirá todas las posibles consecuencias negativas, resultados imprevistos y errores científicos. Es de gran importancia que organizaciones de trabajadores, como lo ha hecho la UITA, reclamen a organismos internacionales asumir las tareas de evaluación de riesgos, de planificación de actividades compensatorias de los impactos económicos y sociales y de reglamentación internacional del proceso de desarrollo de las nanotecnologías.

Referencias

Barrañón, Armando (2007). Penetración incipiente de mercados globales por las nanotecnologías pasivas. Ponencia presentada a la Octava Convención Anual de la Media Ecology Association. Ciudad de México, Junio 6-10, 2007.

BusinessWeek (2005). Nano, Nano, On the Wall... L'Oréal and others are betting big on products with microparticles BusinessWeek, December 12. http://www.businessweek.com/magazine/content/05_50/b3963100.htm Consultado mayo 12, 2007.

Carlstrom, Paul. (2005). Nanotech material toxicity debated. More oversight being urged by environmentalists. *The Chronicle*. September 12. <http://www.sfgate.com/cgi-bin/article.cgi?file=/c/a/2005/09/12/BUG3KEKGDAl.DTL&type=printable> Consultado mayo 07, 2007.

Cientifica (2007). Half Way to the Trillion-Dollar Market? A Critical Review of the Diffusion of Nanotechnologies. http://www.cientifica.eu/index.php?option=com_content&task=view&id=68&Itemid=111 Consultado abril 24, 2007.

Davies, J. Clarence. (s/f). Managing the effects of Nanotechnology. Woodrow Wilson International Center for Scholars. Washington D.C.

EEA (European Environment Agency). (2001). *Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896-2000*. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities.

ETC Group (2004 noviembre). La invasión invisible del campo. Ottawa: ETC Group.

ETC Group (2005a). ETC Group (2005). *Las patentes de nanotecnología: más allá de la naturaleza. Implicaciones para el Sur global*. Ottawa: ETC Group.

ETC Group (2005b). *The potential impacts of nano-scale technologies on commodity markets: The implications for commodity dependent Developing countries*. South Centre Trade Research Papers, 4. <http://www.southcentre.org/publications/researchpapers/ResearchPapers4.pdf> Consultado junio 09, 2006.

Foladori, Guillermo & Zayago, Edgar (2007). Tracking Nanotechnology in México. *Nanotechnology Law & Business Journal*, 4(3).

Food Navigator.com (2006). UK food regulator finds 'gaps' in regulating nanotechnology. 24/05/2006. News. <http://www.foodnavigator.com/news/ng.asp?id=67935> Consultado mayo 07, 2007.

Food Navigator.com (2006). UK food regulator finds 'gaps' in regulating nanotechnology. 24/05/2006. News. <http://www.foodnavigator.com/news/ng.asp?id=67935> Consultado mayo 07, 2007.

Groth III, Edward. (2000). Science, precaution and food safety: how can we do better? Consumers Union. Org. A Discussion Paper for the US Codex Delegation. http://www.consumersunion.org/pub/core_food_safety/002267.html Consultado marzo 12, 2007.

Joseph, Tiju & Morrison, Mark (2006). *Nanotechnology in Agriculture and Food*. Institute of Nanotechnology. Nanoforum.org (European Nanotechnology Gateway). <http://www.nanoforum.org/dateien/temp/nanotechnology%20in%20agriculture%20and%20food.pdf?11072006040222n> Consultado mayo 07, 2007.

Kaiser, Helmut (2004). *Nanotechnology in Food and Food Processing Industry Worldwide 2003-2006-2010-2015*. <http://www.hkc22.com/nanofood.html> Consultado mayo 07, 2007.

Lux Research (2005). Nanotechnology's Environmental, Health, And Safety Risks can be addressed responsibly today. Release June 15, 2005.

Maynard, Andrew (2005). Nanotechnology and Occupational Health. CDC National Institute for Occupational Safety and Health. EPA, June 13.

Maynard, Andrew D.; Aitken, Robert J.; Butz, Tilman; Colvin, Vicki; Donaldson, Ken; Oberdörster, Günter; Philbert, Martin A.; Ryan, John; Seaton, Anthony; Stone, Vicki; Tinkle, Sally S.; Tran, Lang; Walker Nigel J. & Warheit, David B. (2006 November). Safe handling of nanotechnology. *Nature*, 444, 16.

Miller, Georgia (2006). *Nanomaterials, sunscreens and cosmetics*. Report. Friends of Earth-Australia.

NanoWerk (2006). Official calls U.S. nanotechnology risk research a priority. December 14, 2006. <http://www.nanowerk.com/news/newsid=1150.php> Consultado Mayo 11, 2007.

Nestlé (2002). Nutrition and beauty: Nestlé and L'Oréal announce a joint-venture project. *Press Releases*. June 25, 2002. http://www.ir.nestle.com/News_Events/Press_Releases/Press/Press_Template/News.htm?PressGUID=%7BEF3B614A-0586-4FAF-854C-8FC262236874%7D Consultado mayo 07, 2007.

Cap. 3 Los trabajadores de la agricultura y la alimentación cuestionan las nanotecnologías. La resolución de la UITA

Regalado, Antonio (2004). Nanotechnology Patents Surge as Companies vie to stake claim. *The Wall Street Journal*, June 18: A1.

Rel-UITA (2007). Resolución sobre Nanotecnología. 25 Congreso de la IUF Ginebra, 19-22 de marzo de 2007. <http://www.rel-uita.org/sindicatos/congreso-uita-2007/resoluciones/resolucion-nano.htm> Consultado abril 24, 2007. [Presentada por: La 13ª Conferencia Rel-UITA, octubre del 2006]

RS&RAE (Royal Society and Royal Academy of Engineering). (2004). Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties (Policy document 20/04). London: The Royal Society and The Royal Academy of Engineering. <http://www.nanotec.org.uk/finalReport.htm> Consultado julio 27, 2006

Senjen, Rye (2007 March). Nanosilver – a threat to soil, water and human health? Friends of Earth – Australia. (Background paper) <http://nano.foe.org.au/filestore2/download/189/FoE%20Nanosilver%20report.pdf> Consultado abril 07, 2007.

Terrones, Humberto (2005). Nanociencia y nanotecnología en México. *Tip. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*. UNAM. 8(1), 50-51.

UITA (Unión Internacional de Trabajadores de la Alimentación, Agrícolas, Hoteles, Restaurantes, Tabaco y Afines) [IUF (International Union of Food, Agricultural, Hotel, Restaurant, Catering, Tobacco and Allied Workers' Associations)]. (s/f). About the IUF. <http://www.iuf.org/www/en/abouttheiuf.php> Consultado abril 26, 2007.

Wolfe, Josh (2005). Nanotech Vs. The Green Gang. *Newsletters Forbes.com* 04/06/05 http://www.forbes.com/2005/04/06/cz_jw_0406soapbox_inl_print.html Consultado Mayo 07, 2007.

WWICS (Woodrow Wilson International Center for Scholars). (2003). Nanotechnology & Regulation. A Case Study using the Toxic Substance Control Act (TSCA). A Discussion Paper. Publication 2003-6.

Capítulo 4

**El pasado devela el presente.
Los estudios sobre evaluación de tecnología**

Guillermo Foladori - Edgar Zayago Lau

Introducción

Desde principios de los años sesenta algunos países industrializados vienen evaluando las tecnologías emergentes (Evaluación de Tecnología – ET) con el propósito de anticipar los potenciales efectos que puedan tener. Este es, actualmente, el caso de las nanotecnologías. Su evaluación resulta de gran importancia porque al ser *tecnologías habilitadoras* se las puede aplicar a cualquier rama de la producción. Es previsible que el próximo uso masivo de las nanotecnologías implique grandes cambios sociales y económicos, así como impactos potenciales a la salud y el medio ambiente, además de cuestiones éticas y de reglamentación jurídica adecuada.

Los métodos que se usan para la ET siempre incorporan la opinión de diferentes actores y sectores; incorporan, por ejemplo los intereses y opiniones de los científicos involucrados en su creación, de los financiadores, del gobierno, de las organizaciones de empresarios que las utilizarán, y de los consumidores. En el lenguaje técnico este proceso de ET supone la readecuación o corrección de las tecnologías según las opiniones de los diversos actores, se habla así de una co-producción de la tecnología (Schot & Rip, 1997).

Hasta el momento estas metodologías no han considerado como interlocutor la perspectiva de los trabajadores organizados, como los sindicatos. En este capítulo argumentamos que incorporar la opinión de los sindicatos significará ampliar las posibilidades de que las nuevas tecnologías respondan más estrechamente a las necesidades sociales. Utilizaremos el caso de la UITA (*Unión Internacional de Trabajadores de la Alimentación, Agrícolas, Hoteles, Restaurantes, Tabaco y Afines*) que en 2007 emitió una resolución cuestionando el uso de la nanotecnología en las ramas industriales donde trabajan; convirtiéndose así en la primera organización sindical a escala mundial que se manifiesta públicamente sobre las nanotecnologías.¹

I. El origen de las metodologías de Evaluación de Tecnología (ET)

El concepto de la ET tiene muchas variantes que dependen de su aplicación y manejo. Pero la función principal de la ET ha sido la de informar sobre los costos y beneficios sociales de los cambios tecnológicos (Menkes, 1979). Arie Rip, expande un poco más esta definición y establece que, en general, la ET se asocia con una identificación temprana de los posibles impactos que, en un momento determinado, una tecnología pueda tener en los mercados y en la sociedad. Esto es de mucha utilidad para los encargados de implementar las políticas tecnológicas o para los que toman las decisiones, ya que esta herramienta permite anticipar el costo o el beneficio social y consecuentemente económico de las tecnologías emergentes. Los beneficios del uso de esta herramienta son de particular interés para empresas, consultorías, institutos tecnológicos o agencias de salud (Rip, 2004, 15512).

Smits y Leyten ilustran la manera en que la institucionalización de la ET se materializa por primera vez en el mundo. Esto ocurre a principios de los años 70s en los Estados Unidos de América (EUA), cuando Richard Nixon autoriza la creación de la Oficina del Congreso para la Evaluación de la Tecnología (*Congress Office of Technology Assessment, OTA*). La ya desaparecida OTA tenía como encargo principal el evaluar y anticipar los impactos negativos de las nuevas tecnologías. Posterior a la experiencia en EUA, varios países como Alemania Occidental, Francia, Suecia y

Hoteles, Restaurantes, Tabaco y Afines (UITA) es una federación internacional de sindicatos de trabajadores de la agricultura y plantaciones, de la preparación y procesamiento de comida y bebidas, de hoteles, restaurantes y servicio de comidas, y todas las fases de la producción y procesamiento del tabaco. Se trata de una enorme federación con una larga historia, fundada en 1920. Hoy en día incluye 336 sindicatos en 120 países, nucleando a más de 12 millones de trabajadores (UITA, s/f).

¹ La Unión Internacional de Trabajadores de la Alimentación, Agrícolas,

Holanda también institucionalizan el uso de la ET acorde a sus intereses (Smits & Leyten, 1988).

La ET ha tenido tres olas o etapas en su desarrollo de acuerdo a su función. La primera durante los 60s y donde su función principal era la de anticipar los impactos de las nuevas tecnologías. La segunda en los 70s, donde algunos gobiernos, como el estadounidense, la usaron como una herramienta para diseñar la política de desarrollo tecnológico. Y, la tercera, al inició en los 80s, cuando la ET se convirtió en un mecanismo de auxilio en la toma de decisiones, no solo del gobierno sino también para la industria y los grupos involucrados en el proceso de innovación (van Merkerk & Smits, 2008, 315). Ya para mediados de los 80s, la ET era plenamente reconocida en tres áreas: en los estudios de ciencia y tecnología como una temática específica; como una actividad profesional en sí misma; y, como una herramienta o metodología para que los *policy makers* pudieran evaluar los impactos tecnológicos con anticipación (Porter *et al.*, 1980).

La aplicación de la ET se fue transformando, generándose así varios procedimientos o metodologías. El hacer una discusión a fondo de éstas queda fuera del alcance de este trabajo, aunque haremos un recuento de las más representativas.

Smits, Leyten y Hertog, señalan que las ETs se pueden clasificar en tres subdivisiones de acuerdo a sus propósitos y resultados: i) *ET de concientización*, que busca analizar los cambios sociales e incrementar el conocimiento de las posibles demandas y expectativas que la sociedad pueda tener respecto a los desarrollos tecnológicos; o en su caso, estudiar el potencial de tales desarrollos e informar a la sociedad sobre ellos; ii) *ET para formular estrategias*, que tiene la función de orientar el proceso de adaptación de las nuevas tecnologías de acuerdo a la dinámica de cada sector, para que los resultados sean los esperados, también se le conoce como *Evaluación Tecnológica Estratégica*; y, iii) *ET constructiva*, que intenta fortalecer los vínculos entre el

proceso de desarrollo tecnológico y el ambiente de aplicación, es decir, entre los investigadores y consumidores, para facilitar el aprendizaje y la retroalimentación (Smits, Leyten & Hertog, 1995, 282-285).

Existen aquellos, como Grin y van der Graaf, que argumentan que el desarrollo de nuevas tecnologías depende, normalmente, de la interacción de tres actores: el gobierno, el científico y la firma especializada. Establecen que la función más importante de la ET es la de permitir estudiar cómo estos actores pueden ser organizados para que su interacción produzca tecnologías ajustadas a las demandas políticas y sociales (Grin & van der Graaf, 1996).

Rinie van Est, del instituto Rathenau (Holanda) identifica dos tipos de ETs dependiendo de los participantes a los que están dirigidas; el de participación pública y el reservado a los *stakeholders* o *actores principales*. En el primer caso se busca captar la opinión del público para evaluar sus expectativas sobre algún desarrollo tecnológico. En el segundo, se busca identificar las posibles soluciones a un problema específico del cual los participantes se encuentran plenamente informados (van Est, s/f).

Independientemente de las variantes y las metodologías que se usen en la ET, el objetivo es el mismo: anticipar impactos de nuevas tecnologías y reducir sus costos negativos; al decir de Schot y Rip,

Esta familia de enfoques se caracteriza por su propósito que vemos como una filosofía general de las ET: reducir los costos humanos de aprendizaje de prueba y error en el proceso en que la sociedad maneja las nuevas tecnologías, y lo hace anticipando potenciales impactos y alimentando con perspicacia nuevamente la tomada de decisiones y las estrategias de los actores (Schot & Rip, 1997, 251).

Aunque los propósitos de las ET resultan bastante claros, no es tan obvio quiénes son los diferentes actores; y, por cierto, las organizaciones sociales y en particular los sindicatos, no aparecen como actores en la mayoría de los escritos sobre el tema.

2. El ejemplo del método de la Evaluación Constructiva de la Tecnología (ECT)

La Evaluación Constructiva de la Tecnología (ECT) es una de las metodologías de ET descritas en la sección anterior. El objetivo de la ECT es vincular la política de desarrollo tecnológico y las actividades de evaluación para promover la coproducción de la tecnología (Rip, Misa & Schot, 1995). Este objetivo de promover la coproducción de la tecnología no es contemplado por las ET tradicionales. Por esta razón sus autores argumentan que la ECT permite desarrollar mejores tecnologías para una mejor sociedad (Rip & te Kulve, 2008).

La ECT se aplica actualmente para evaluar y modular los impactos de las nanotecnologías, así como una forma de construir sus trayectorias tecnológicas. Los países precursores en el uso de esta herramienta han sido Holanda y Dinamarca (Rip et al., 1995, 5). En Holanda esta metodología ha sido más extensamente practicada y avanzada (Ornetzeder & Rohrer, in van Merkerk, 2007).

El concepto aparece en Holanda en 1983 creado por Peter Tindemans, un servidor público que laboraba en el Ministerio de Educación, Cultura y Ciencia (MECC) (Rip, comunicación personal, marzo 20, 2008). En 1984 dicho ministerio publica un memorado sobre la ECT titulado *Integration of Science and Technology in Society*, donde la idea de incluir un elemento de construcción para las tecnologías emergentes es visible (Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen, 1984). El aspecto de “construcción” refiere a la idea de fabricar o diseñar la trayectoria tecnológica por los actores involucrados, cualquiera que éstos sean.

En los años consecutivos, el gobierno Holandés siguió manteniendo el interés por el estudio del ECT y su aplicación. En 1986, el MECC, crea la Organización para la Evaluación Tecnológica de Holanda (*the Netherlands Organization for Technology Assessment, NOTA*), que tenía el mandato de conducir estudios de evaluación de tecnologías. En 1987,

NOTA publica un estudio sobre el uso y aplicación de la ECT (Rip, Misa & Schot, 1995, 6-7). Un año después, Smits & Leyten (1988) presentan un artículo sobre las posibilidades de aplicación del ET, poniendo especial interés en el aspecto de “construcción” que esta metodología ofrece.

Posteriormente, en 1991, la Universidad de Twente, en Enschede, organizó, con financiamiento de NOTA y el Ministerio Holandés de Economía, un seminario para discutir los alcances y utilidad de la ECT. En tal reunión expertos en áreas como economía del cambio tecnológico, historia y sociología de la ciencia y tecnología y evaluación de la tecnología, trabajaron en la definición del paradigma de la ECT. Los resultados del seminario se recogieron en el libro editado en 1995 por Rip, Misa y Schot, titulado *Managing Technology in Society. The Approach of Constructive Technology Assessment*. Esto influyó para que NOTA se convirtiera en lo que hoy se conoce como el Instituto Rathenau, a razón de que su mandato se amplió para incluir procesos de ET más participativos y para impulsar el debate entre más actores (van Est, s/f). Posteriormente a la experiencia de Holanda, varios países como Noruega, Dinamarca, Alemania e instituciones como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) han adoptado actividades asociadas con la ECT (Schot & Rip, 1997). Actualmente, un referente importante del uso de la ECT en Holanda es el programa Nanoned, que fue creado para el periodo 2003-2009, que cuenta con fondos de 235 millones de euros y donde aproximadamente uno por ciento de estos recursos se usan para el estudio de los aspectos sociales de las nanotecnologías (Nanoned, s/f).

La ECT se presenta como algo más que una herramienta de diseño para las tecnologías emergentes, se presenta cómo una práctica de diseño *in situ* que anticipa impactos y que permite a la sociedad aprender sobre los nuevos desarrollos tecnológicos;

ETC no es sólo una herramienta administrativa. ETC puede ser vista como una nueva práctica de diseño (que incluye herramientas) donde los impactos son anticipados, los usuarios y otras comunidades impactadas son incorporadas desde el comienzo y de forma interactiva, y que contiene un elemento de aprendizaje social (Schot & Rip, 1997, 255).

La ECT se vale de varias herramientas, como por ejemplo los escenarios socio-técnicos. Los escenarios socio-técnicos consisten en presentar diferentes alternativas de uso y de implicaciones de las tecnologías. El propósito es motivar la reflexión y mejorar la comunicación entre los diferentes actores, que de manera subjetiva exponen sus intereses en un seminario o *workshop*. En Holanda existen algunos ejemplos recientes del uso de la ECT y este tipo de herramientas para el caso de las nanotecnologías (Den Boer, Rip & Speller, 2008; Rip, & te Kulve, 2008 y van Merkerk, 2007).

Rutger van Merkerk usa la ECT para el caso del *Laboratorio-en-un-Chip* (que emplea nanotecnología en su funcionamiento). Para este ejercicio el investigador utiliza lo que él llama “la ECT de tres etapas”. Las etapas requieren una serie de procedimientos específicos: i) *informar a los participantes* que el método tiene el propósito de reducir la asimetría de conocimiento entre los actores y proveer información útil sobre la tecnología, esto se realiza entregando documentos y provocando la discusión y análisis sobre ellos; ii) *escenarios socio-técnicos individuales*, donde los actores articulan sus visiones, expectativas y experiencias en la construcción de escenarios que describen el futuro desarrollo de la tecnología en cuestión; y, iii) *seminarios multidialogo*, donde los actores comentan sus escenarios e interactúan cara a cara con los otros actores, esto se hace para que cada uno reflexione en lo posible sobre las visiones y opiniones de los otros (van Merkerk, 2007).

Posterior al ejercicio del ETC, se espera que cada actor reajuste sus ideas considerando las de los demás, se trata entonces de un ajuste reducido a los intereses y expecta-

tivas de cada actor. Tales intereses son, efectivamente, los que definen y modulan la trayectoria de la tecnología en un contexto determinado.

Existen otros enfoques para evaluar los impactos de tecnologías emergentes similares a la ECT, como por ejemplo el *Real Time Technology Assessment* (RTTA), que recomienda el uso de la historia como un complemento analítico. En general, el RTTA utiliza herramientas parecidas a las usadas por la ECT para promover la discusión y el dialogo entre los actores, como lo es la creación de escenarios socio-técnicos. No obstante, para la elaboración de los mismos, el RTTA revisa en retrospectiva (históricamente) el desarrollo de la tecnología en cuestión para crear escenarios futuros con más bases. Es decir, se busca situar a la tecnología en su contexto histórico para entender y proyectar de mejor manera su trayectoria (Guston & Sarewitz, 2002, 98).

La sugerencia de localizar las nuevas tecnologías en su contexto socio-económico puede ofrecer una perspectiva diferente a la discusión que los actores proponen en el ejercicio de escenarios futuros. A continuación vamos a utilizar un caso concreto para mostrar la importancia que esta contextualización puede llegar a tener. El caso alude a la aplicación de las nanotecnologías a la agricultura y la posición de la UITA (*La Unión Internacional de Trabajadores de la Alimentación, Agricultores, Hoteles, Restaurantes, Tabaco y Afines*) frente a ello.²

² La comparación con otros casos históricos siempre ha sido prioridad de los estudios sociales. Varios autores ya han comparado, por ejemplo, los problemas que han tenido los alimentos genéticamente modificados con los que podrían eventualmente tener las nanotecnologías. En el ejemplo que aquí analizamos la diferencia radica en que el centro de las preocupaciones es el riesgo sobre los trabajadores, en lugar del riesgo sobre los consumidores que es la forma que comúnmente toman estos análisis histórico-comparativos.

3. Nanotecnología en la agricultura y la alimentación

Al igual que en otras ramas de la economía, la nanotecnología está entrando en la producción agropecuaria y en la industria de la alimentación. Grandes corporaciones de la alimentación y el agro-negocio están invirtiendo en investigación y desarrollo, y algunas de ellas ya tienen productos en el mercado. El ETC Group (2004) elaboró un pionero informe sobre la expansión de las nanotecnologías a la agricultura en 2004. Comenzaba haciendo referencia a la estrategia desarrollada por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos en su propuesta “Nanoscale Science and Engineering for Agriculture and Food Systems” (USDA, 2003), donde se señalan las siguientes áreas estratégicas de investigación: “detección de patógenos y contaminantes, preservación de identidad y rastreo, sistemas inteligentes de entrega de tratamientos de salud, sistemas inteligentes de integración para agricultura y procesamiento de alimentos, nanodispositivos para biología molecular y celular, fabricación de materiales a nanoescala, cuestiones ambientales y sobre desperdicios, y, educación del público y de la futura fuerza de trabajo” (USDA, 2003, 3). El informe del ETC Group da cuenta de empresas que están investigando en el área, de patentes que se están presentando, de los potenciales impactos sobre la salud y el ambiente y de los efectos sobre la sociedad y economía; y concluye que a pesar de las profundas transformaciones que estas tecnologías pueden implicar no existe reglamentación y sólo si la sociedad comienza a discutir estos temas será posible avanzar más allá de cuestiones puramente técnicas para preguntarse sobre quién controla estas tecnologías, quien se beneficia de ellas y cómo afectarán el futuro de la sociedad (ETC Group, 2004).

Un par de años después, el Proyecto sobre Nanotecnologías Emergentes del Woodrow Wilson International Center for Scholars encargó un informe sobre las nano-

tecnologías en la agricultura (Kuzma & VerHage, 2006). Citando a la Helmut Kaiser Consultancy, y en referencia a 2004, se estimaba que sólo el sector de alimentos y bebidas empacadas tuvo ventas de productos con nanotecnología por 860 millones de dólares, lo cual era casi seis veces más que en 2002, mostrando el rápido crecimiento en ese sector. Pero también que cinco de las 10 principales corporaciones de los alimentos y bebidas estaban investigando en nanotecnologías. El trabajo de Kuzma y VerHage avanza en otros temas, mostrando que a partir de los proyectos de investigación se puede estimar, aunque con la debida cautela de la falta de información, que son los trabajadores de laboratorio y obreros industriales que trabajan con nanotecnologías los primeros grupos que serán expuestos a potenciales riesgos a la salud, seguidos de los consumidores (Kuzma & VerHage, 2006).

Una investigación aún más detallada fue publicada a principios de 2008, y realizada por la organización ambientalista Amigos de la Tierra (Millen & Senjen, 2008).³ Allí las autoras señalan que la nanotecnología tiene varias aplicaciones en la agricultura, el procesamiento de alimentos, el empaque y el monitoreo. Aplicada a la agricultura la nanotecnología significa agricultura de precisión, donde muchas variables son monitoreadas y controladas, tales como el grado de humedad y nutrientes y los agrotóxicos. Los sistemas permiten anticiparse al conocimiento directo del agricultor y también solucionar con respuestas inteligentes determinados requerimientos de los cultivos. Este reporte contiene información detallada de empresas que trabajan en el área, de productos que ya están en los anaqueles de los comercios y de riesgos a la salud y el medio ambiente. Pero también sugiere, así como lo hiciera el documento del ETC Group cuatro años antes, que dada la trayectoria tecnología de las nanotecnologías, éstas facilitarán los monopolios sobre todo el sistema agropecuario y de alimen-

3 Una parte de este documento fue traducido al español y publicado como capítulo en este mismo libro.

tación, y subordinarán aún más a los productores rurales y consumidores a los intereses de las grandes corporaciones, que ven en las nanotecnologías una nueva frontera de beneficios económicos.

Hay varias razones técnicas que apoyan la expectativa de grandes ganancias en el sector agropecuario y de la alimentación al utilizar nanotecnología. Una de ellas es el desarrollo de la biología sintética, que permite crear nuevos sistemas biológicos de manera artificial. No se trata de introducir genes de unas especies en otras, como en la biotecnología, sino de crear nuevas secuencias o cadenas totalmente artificiales de ADN, que luego son incorporadas a una célula receptora, o bien crear un organismo vivo totalmente nuevo.⁴ Craig Venter, que fue el primero en descifrar el genoma de un organismo vivo, patentó en 2007 junto con sus colegas, una lista de 381 genes. Estos genes son, supuestamente, los imprescindibles para crear un organismo artificial, si se combinan apropiadamente con el material molecular necesario para leerlos y transformar las indicaciones en proteínas (The Economist, 2007).

Estos seres vivos cumplirían funciones específicas. Bacterias sensibles a determinados materiales,⁵ o que produzcan

4 En la página de Synthetic Biology puede leerse: “¿Cuál es la diferencia entre biología sintética y biología de sistemas?”

La biología de sistemas estudia sistemas biológicos complejos como totalidades integradas, usando herramientas de modelación, simulación y comparación para experimentar. El foco tiende a ser los sistemas naturales, a menudo con significado médico (al menos en el largo plazo).

La biología sintética estudia cómo construir sistemas biológicos artificiales a partir de aplicaciones de ingeniería, usando muchas de las mismas herramientas y técnicas experimentales. Pero el trabajo es fundamentalmente una aplicación de ingeniería a la ciencia biológica, antes que un intento de hacer más ciencia. El foco está normalmente en maneras de tomar partes de sistemas biológicos naturales, caracterizarlos y simplificarlos, y luego usarlos como un componente del sistema biológico altamente no natural y fabricado” (Syntheticbiology.org, s/f).

5 “Un equipo en la Universidad de Edimburgo diseñó y fabricó bacterias como sensores biológicos para detectar arsénico en el agua. Una secuencia de genes en la bacteria son estimulados para producir ácido si el ar-

energía,⁶ o remedien ambientes,⁷ o sinteticen compuestos farmacéuticos,⁸ o membranas orgánicas que controlen la humedad del suelo,⁹ son algunas posibilidades. Investiga-

sénico está presente por arriba del nivel de seguridad para el consumo humano. El resultante cambio en la acidez puede ser leído de manera barata y sencilla utilizando dispositivos ya existentes para exámenes de pH” (POST, 2008, 2).

6 “Un tema central es examinar el potencial de usar organismos sintéticos o modificados para generar etanol de plantas vegetales” (POST, 2008, 2). “Un objetivo de la **biología sintética** es hacer lo que se conoce como celulosa de etanol. Hasta el momento, el etanol –sea para vino, cerveza o combustible- es hecho fermentando azúcar o almidón. Pero aún en cultivos como la caña de azúcar y el maíz, que han sido criados por causa de sus altos rendimientos, mucha planta se desperdicia. Aunque la levadura no puede digerir celulosa o fibra, las moléculas que forman el esqueleto de la planta, algunas bacterias y otras especies de hongos son capaces de hacer ese trabajo. Identificando los genes para las encimas que hacen eso, modificándolos y armándolos de nueva forma producirá sistemas que podrán digerir la planta entera y convertirla en etanol. Nancy Ho, de la Purdue University, en Indiana, ya ha logrado una forma para que las células de levadura fermenten los azúcares producidos mediante la descomposición de la celulosa – cosa que la levadura natural no puede hacer” (The Economist, 2006).

7 “...desarrollo de micro-organismos que pueden acumular y/o degradar sustancias tales como metales pesados y pesticidas. Por ejemplo, un equipo en Berkley ha creado una cepa de *Pseudomonas* para degradar un organofosfato (comúnmente usado como pesticida)” (POST, 2008, 2).

8 “Un buen ejemplo para ilustrar esto es la producción del precursor del fármaco contra la malaria *artemisinín*. La droga producida por una variedad de ajeno que crece en los manglares pantanosos del Sudeste Asiático es demasiado cara para los países en desarrollo donde la bacteria de la malaria se está volviendo resistente a los tratamientos accesibles. Insertando genes de tres diferentes organismos en *E. coli* los biólogos sintéticos han creado una cepa de bacteria que puede producir al precursor del artemisinín. El *Artemisinín* producido de esta manera cuesta como la mitad de lo que costaba anteriormente” (Chopra & Kamma, 2006).

9 “Investigadores de la Universidad de Stavanger en Noruega han desarrollado una membrana nanoporosa hecha de desechos de material orgánico, tal como algas, huesos de pescado y estiércol, que puede prevenir la pérdida de agua de la tierra y de las raíces de las plantas y regular la temperatura del suelo en regiones que son excesivamente áridas, calientes o frías. Exámenes de la membrana realizados en las tierras desérticas

dores del MIT buscan la forma de incorporar conectores universales a cadenas de ADN que cumplan funciones específicas; una suerte de chips biológicos, o ladrillos biológicos (BioBrick) que puedan ser anexados a cualquier cadena genética y ser comprados independientemente (The Economist, 2006). Con estas fábricas vivas artificiales la productividad podría dar saltos significativos. También los riesgos se incrementarían, con la potencial creación de armas biológicas inteligentes, o como consecuencia de errores que lleven a catástrofes. El mismo concepto de vida y no vida, o la distinción entre el origen natural y el artificial se borraría.

La biología sintética ha recibido un fuerte estímulo de mecanismos e instrumentos más rápidos y baratos para descifrar el ADN. Y, también, de la síntesis química del ADN, lo cual permite construir artificialmente genomas completos o por partes. En 2006 la consultora en investigación en ciencias de la vida Beachhead -LLC calculaba la inversión en investigación y desarrollo de biología sintética en 600 millones de dólares, y estimaba que en los próximos diez años el monto ascendería a los 3.500 millones de dólares (Beachhead, LLC, 2006).

Otra técnica de gran auge y que promete grandes ganancias es el micro y nano encapsulamiento de insumos. Las nanocápsulas se disuelven más fácilmente en el agua, reduciendo el decantamiento en los recipientes, haciendo más eficiente el fluido en bombas, aspersores, fumigadores y otros instrumentos, y mejorando la distribución del producto. Resultan más estables y durables frente a lluvias,

de Nigeria indicaron que la tecnología reduce la necesidad de irrigación entre 30 a 50 por ciento. Diferentes pigmentos también pueden ser adicionados a las membranas para incrementar o reducir el reflejo solar, dependiendo en sí el suelo requiere calentarse o enfriarse.... La membrana permite la absorción del agua que está en torno a las raíces, antes que se seque. Viene en la forma de polvo que se disuelve en el agua y luego se aplica a los semilleros. Luego de ser absorbida por la tierra el material crea una membrana alrededor de las raíces de la planta que les facilita retener el agua disponible" (Wu, 2007).

cambios de temperatura y otros fenómenos naturales. Optimizan su potencial, por ejemplo en el caso de herbicidas la capacidad de matar o controlar y, por tanto, supone que una aplicación menor rinde efectos iguales o mejores. Son, también, de más fácil absorción por las plantas. También pueden ser construidas para que sólo ejerzan su acción cuando están en un medio ambiente determinado, impidiendo así que perjudiquen seres vivos o contaminen el suelo indiferenciadamente. Como el encapsulamiento supone una técnica de manipulación diferente, los mismos productos activos pueden ser utilizados de forma nueva con mejores resultados. El ETC group cita una declaración de Syngenta que dice:

el microencapsulado surge como una técnica capaz de producir efectos nuevos y sorprendentes a partir de ingredientes conocidos así que las ventas crecen tan rápidamente como si un nuevo ingrediente activo fuese inventado! (ETC group, 2004, 14).

Pero, estas innovaciones no se desarrollan sin el acicate de la ganancia. La posibilidad de obtener resultados patentables, que luego se conviertan en productos en el mercado es el objetivo de estas investigaciones. Inclusive cuando principios activos ya conocidos son manipulados con nanotecnología, son susceptibles de nuevas patentes, lo cual se conoce como *evergreening patentes*, lo cual no significa que sean productos "verdes" en el sentido ambientalista, sino que se reviven patentes. En la industria farmacéutica esto es de gran importancia, ya que algunas medicinas patentadas cubren los costos de muchas otras que están en el mercado con patentes vencidas. Además, tan pronto se pueda demostrar que los efectos activos mejoran, o bien producen menores efectos secundarios, la nueva medicina puede desplazar competidoras rápidamente. Es el caso que sufrió el producto Taxol (*Bristol Myers Squibb*), uno de los preferidos para el tratamiento de metástasis en el cáncer de mama. El mercado de este fármaco está en torno de los 3 mil millones de dólares. En términos terapéuticos la

misma droga manipulada en nanoescala y dirigida mediante nanocapsulas directamente a las células afectadas no tiene, supuestamente, los efectos secundarios que tiene el Taxol, y puede ser administrada en dosis más poderosas. En términos financieros se trata de un producto nuevo, posible de ser patentado y capaz de desplazar del mercado a las drogas vigentes. De hecho, la competencia del Taxol ya existe. Se trata del Abraxane, un producto de la *American Pharmaceutical Partners*. La droga (paclitaxel) es nano-encapsulada en albúmina, que es una proteína natural, por lo cual el sistema inmunológico no la detecta, como sí ocurre en muchos casos con el Taxol. La nueva droga fue aprobada por la FDA (*Food and Drug Administration*) de los Estados Unidos en enero de 2004, y las acciones de la *American Pharmaceutical Partners* inmediatamente saltaron un 50% (Wherrett & Yelovich, 2005a, 2005b). El informe del ETC Group sobre la nanotecnología en la agricultura señala el intento de la Monsanto en asociarse con Flamel Nanotechnologies para desarrollar el producto Agsome, que es una nanocapsula del herbicida RoundUp que la Monsanto produce, y que, frente al vencimiento de su patente, se propone revivir (ETC Group, 2004).

4. El pasado devela el futuro

Frente a los potenciales aumentos de la productividad del trabajo que la nanotecnología permite, y la perspectiva de facilitar la agricultura allí donde la naturaleza la hace más laboriosa, resulta para muchos difícil de entender que una unión de sindicatos de la alimentación y la agricultura como la UITA apruebe una declaración que representa, en términos generales, una moratoria a la aplicación de productos de la nanotecnología. La declaración, que puede verse en el anexo de este libro fue aprobada en marzo de 2007, en el 25 Congreso Mundial realizado en Ginebra.

Aunque la mayoría de los seis puntos de la declaración

se refieren a la necesidad de investigar los posibles riesgos a la salud, el medio ambiente y las implicaciones económicas y sociales, y, también, a que los gobiernos y organismos internacionales reglamenten antes que los productos de las nanotecnologías entren al mercado, hay un elemento de trasfondo que justifica esta actitud; y que desde un punto de vista político, ético, y también de metodología social, es importante resaltar: la experiencia histórica de los sindicatos en relación con las agro-corporaciones que están concentrando las patentes, la investigación y la comercialización de las nanotecnologías y sus productos.¹⁰ Tomemos el caso de Syngenta.¹¹

Syngenta es una de las principales corporaciones mundiales que investiga y aplica nanotecnología, junto con otras grandes como Du Pont, Bayer y Monsanto. El ETC group ya señalaba en 2004 que BASF, la cuarta corporación de agroquímicos en ventas mundiales realiza investigaciones para nanoencapsular agrotóxicos y ya ha presentado solicitud de patentes. Bayer Crop Science también investiga, y se presenta el ejemplo de emulsiones que trabajadas a nivel nanométrico reducen las aplicaciones y alargan la

¹⁰ Es elocuente del peso de esta experiencia histórica el hecho que el ex - secretario general de la Regional Latinoamericana de la UITA, Enildo Iglesias, haya prácticamente comenzado su participación en el Seminario "Nanotecnologia, Saúde dos Trabalhadores, Alimentos e Impactos à Sociedade e ao Meio Ambiente", organizado por IIEP, Fundacentro, Dienes, Renanosoma, y otros, el 3 y 4 de octubre de 2007 en San Pablo, Brasil, resaltando las corporaciones que investigan en nanotecnología en la agricultura, como Monsanto, Syngenta y Dow Chemical, y diciendo a continuación: "Esse bicho eu já conheço", dando a entender la amplia experiencia histórica poco cordial de los sindicatos de la UITA con dichas corporaciones transnacionales.

¹¹ "Syngenta, una multinacional con base en Suiza, fue formada en noviembre del 2000 por la fusión de **Novartis Agribusiness** (Suiza) y **Zeneca Agrochemicals** (Reino Unido). **Novartis** fue formada en 1996 por la fusión de **Ciba-Geigy** y **Sandoz**; en aquel momento, era la mayor fusión corporativa en la historia. **Zeneca** fue formada después de la separación de **Imperial Chemical Industries** (ICI) en 1993" (PANNA, 2007).

vida de los agrotóxicos. Monsanto, según el ETC Group, investiga en la posibilidad de nanoencapsular sus herbicidas. Syngenta produce microemulsiones concentradas en productos como el Primo MAXX que es un regulador de crecimiento ampliamente comercializado, y la nano emulsión del fungicida Banner MAXX que no se separa del agua como los fungicidas convencionales que hay que agitarlos cada dos horas, al tiempo que por su tamaño es absorbido por la planta y no se lava con la lluvia. También Syngenta ha desarrollado insecticidas nanoencapsulados para uso frente a plagas domésticas, y tiene patentes de microcápsulas que sólo liberan su producto activo en medios alcalinos específicos como el estómago de ciertos insectos (ETC Group, 2004).¹²

En 2006 Syngenta ocupó el tercer lugar mundial en ventas de semillas, luego de Monsanto y Dupont. Entre las tres controlaron el 39 por ciento del mercado mundial (ETC group, 2007). Y, en cuanto a los agrotóxicos, Syngenta, Bayer, Monsanto, BASF, Dow y DuPont venden el 85 por ciento del total mundial; siendo sólo Syngenta responsable por el 23 por ciento (Transnationale.org, 2007).

La tendencia a la concentración del mercado de semillas pone en riesgo la soberanía alimenticia del mundo, y, junto con el control de los agroquímicos, estas corporaciones subordinan los procesos productivos agrícolas a sus propias trayectorias tecnológicas. En 2007 y 2008, por ejemplo, en la medida en que se han incrementado los precios de los hidrocarburos a nivel mundial, también lo ha hecho el nitrógeno que se usa en fertilizantes y que requiere de gran cantidad de gas natural para su producción. Como esas semillas requieren de fertilizantes para su crecimiento, resulta que los agricultores son cada vez más vulnerables a las

fluctuaciones mundiales de los precios y, consecuentemente, también de las corporaciones del agronegocio.

Uno de los ejemplos más elocuentes de la dependencia del agricultor respecto de las grandes corporaciones es la tecnología “terminador”, llamada así porque las semillas incluyen modificaciones genéticas que controlan la fertilidad del grano (el agricultor comprará semillas, las plantará y obtendrá granos estériles) el tiempo de crecimiento y la susceptibilidad a las enfermedades, pero lo hacen siempre y cuando estas semillas sean tratadas con los insumos químicos que las mismas corporaciones venden. De esta forma la empresa se asegura vender al productor agropecuario el paquete tecnológico completo. En el año 2000 Syngenta era dueña de al menos 7 patentes de semillas “terminador” en Estados Unidos.

Los efectos de esta trayectoria tecnológica en la salud humana y el medio ambiente, y basada en la aplicación de químicos a la agricultura, han sido largamente cuestionados, así como también lo ha sido la constante violación a diferentes reglamentaciones y códigos de ética por parte de estas corporaciones de agroquímicos. Syngenta y sus compañías fusionadas han sido cuestionadas por la Pesticide Action Network North America (PANNA, 2002) por violar leyes (vertido de productos tóxicos en cursos de agua en las costas de New Jersey durante más de veinte años; embarques ilegales de DDT a Tanzania a finales de los ochenta; producción ilegal de pesticida Bt en Estados Unidos; importación ilegal a Estados Unidos de maíz genéticamente modificado de Chile). Por degradar el medio ambiente (vertido de al menos 35 diferentes químicos y metales pesados en el Río Rin en Suiza en 1986, que devastó el ecosistema; explosión de fábrica en Pakistán con vertido de tóxicos e impacto sobre trabajadores y pobladores; abandono de sitios con químicos peligrosos descubiertos en 2002 en Estados Unidos). Por atentar contra la salud humana (pruebas de pesticidas en humanos en Brasil, Gran Bretaña, India y Egipto). Y, por difundir información

¹² Debe advertirse que la distinción entre nano y micro es sólo de tamaño; por lo tanto, y a los efectos de su acción, la materia a nivel de 200 o 300 nanómetros, a pesar de llamarse micro por pasar los 100 nanómetros, puede comportarse igual que por debajo de los 100 nanómetros (véase el capítulo de Miller & Senjen al respecto).

científica falsa (según estudios promovidos por el gobierno Danés en Vietnam en 1997 los insecticidas de Zeneca –asociada a Syngenta– acaban con insectos benéficos, cosa que Zeneca ha ocultado y negado). También es indicativo de su comportamiento no ético, que Syngenta no mencione en su informe anual de 2001 y en el *Resumen Anual 2000* que el Gramoxone contiene Paraquat (Madeley, 2003).

Diversas organizaciones sociales (entre ellas la UITA) y organizaciones no gubernamentales han estado denunciando y reclamando a las instituciones correspondientes el cese de la producción y uso de herbicidas basados en el producto activo Paraquat desde 1960. Este químico, que aparece en herbicidas como el *Gramoxone* producido por Syngenta –y que constituye el 38 por ciento de sus ventas–, es altamente tóxico. Beber una cucharita de té de este producto puede ser letal, como lamentables casos lo han demostrado. Es, también, altamente peligroso para la salud de muchas especies de mamíferos. En mayo de 2007, varias organizaciones sociales y no gubernamentales de América Latina, Asia y Europa levantaron una queja ante la FAO (Food and Agricultural Organisation) de las Naciones Unidas contra Syngenta. Esta corporación fue acusada de violar el Código de Conducta de la FAO, que había previamente firmado (Declaración de Berna, 2007).¹³

13 Organizaciones no Gubernamentales condujeron una investigación en China, Indonesia y Pakistán para ver si la venta de paraquat (bajo el nombre comercial de Gramoxone) obedecía al código de conducta de la FAO. El Artículo 3.5 estipula que pesticidas cuyo manipuleo y aplicación requiere el uso de equipo de protección personal incómodo, caro, o no fácilmente asequible debe ser evitado, especialmente en el caso de usuarios de pequeña escala en climas tropicales. El Paraquat es severamente restringido o sujeto a regulaciones especiales en muchos países europeos. Syngenta vende más de diez herbicidas en Alemania y ninguno de ellos tiene requerimientos de protección para el usuario más exigentes (equipo de protección personal o PPE) que el paraquat (mandil de hule, máscara con filtro de partículas, guantes protectores, etc.). La investigación realizada en Asia, aunque limitada, mostró que muchos de los vendedores de pesticidas no venden el equipo de protección esencial y no pueden decirle a los consumidores donde encontrar tales productos (más del

Muchos países ya han prohibido o restringido severamente el uso de herbicidas con el producto activo Paraquat (Suecia 1983, Nueva Zelanda 1983, Kuwait 1985, Finlandia 1986, Filipinas 1989, Indonesia, 1990, República de Corea 1991, Hungría, 1991, Austria, 1993, Dinamarca 1995, Eslovenia 1997, USA 1997, Alemania 1999, Chile 2001, Suiza 2002, Malasia 2002, Belice 2002-2003, European Union 2003, etc.) (Berne Declaration *et al*, 2006). El informe escrito por John Madeley para la Declaración de Berna, la Swedish Society for Nature Conservation, la Pesticide Action Network UK, la Pesticide Action Network Asia Pacific, y el Foro Emaus, revisa toda la literatura existente y muestra reportes gubernamentales como el de Malasia donde la mayor parte de los envenenamientos ocurridos entre 1979 y 1986 estuvieron vinculados con plaguicidas, principalmente con Paraquat. Otros informes como el de Costa Rica reporta que más del 60 por ciento de los envenenamientos provienen de agrotóxicos, donde la principal aplicación es el Paraquat en las bananeras (Madeley, 2003). No debe sorprender que una coalición de organizaciones civiles esté realizando una campaña acusando de culpabilidad a Syngenta por su producción de Paraquat.

A pesar de estos reclamos y resultados de investigaciones, la corporación Syngenta coloca por delante sus intereses financieros y vende Gramoxone en más de 100 países, para plantaciones de banana, cacao, café, algodón, palmera de aceite, piña, hule y caña de azúcar. En algunos países está desarrollando campañas publicitarias y entrega premios a los compradores, como en Costa Rica y Tailandia, siendo otra práctica que viola el Código de Conducta de la FAO en su Artículo 11.2.18 (Declaración de Berna, 2007).

30% en Indonesia, 70% en China y 100% en Paquistán). Fuentes sobre equipo de protección son pocas y distantes, obligando a los agricultores a hacer largas caminatas sólo para enfrentarse a precios a los que muchos no pueden acceder. La venta de paraquat en regiones donde el PPE no está disponible y accesible claramente viola el código de conducta y debe ser detenida (Declaración de Berna, 2007).

El informe patrocinado por una coalición de organizaciones señala que el Paraquat ha causado más estragos en países en desarrollo, donde las legislaciones son menos estrictas.

Las condiciones generales de trabajo son frecuentemente incompatibles con los lineamientos de seguridad ante químicos, especialmente en países en desarrollo. Durante el manipuleo y rociado de pesticidas el potencial de alta exposición está continuamente presente. Todos estos factores implican un alto riesgo para los trabajadores (Berne Declaration, *et al*, 2006).

Este es el caso de China, donde las empresas que llevaron a la fusión en Syngenta construyeron una fábrica de producción de herbicidas entre 1998 y 2000, siendo uno de sus principales productos el gramoxone (Paraquat) (Syngenta, 1998; PAN-UK, 2002). Es en esos países con menor reglamentación donde Syngenta coloca sus mayores expectativas de ganancia.

A principios del 2007, se divulgó la noticia de tres estudios presentados en el mes de abril al encuentro de investigación ambiental de la enfermedad de Parkinson en California, señalando que la exposición a los agrotóxicos Paraquat y dieldrin desarrolla el mal de Parkinson en humanos y también afectan otros seres vivos. La noticia señala que,

El primer estudio examinó un grupo de 80.000 aplicaciones y exposiciones a licencias privadas de pesticidas. Los investigadores encontraron que los trabajadores agrícolas expuestos a paraquat tienen el doble de posibilidad de riesgo de Parkinson. El segundo y tercer estudio trató sobre una proteína llamada alphasynuclein. El segundo estudio mostró a la proteína acumularse en roedores expuestos a paraquat. El tercer estudio conecta esta proteína al mal de Parkinson, al encontrar que la proteína mata las células del cerebro que producen dopamina afectadas por el mal (Reuters, 2007)

En julio de 2007 una Corte de la Unión Europea prohibió el uso del gramoxone, basándose en que no cumplía con los requisitos de salud (The Business Journal, 2007).

Ejemplos similares a los anteriores pueden ser trazados en el caso de cualquier otra de las corporaciones y lo mismo podría hacerse para las corporaciones de la alimentación que están investigando y produciendo con nanotecnología. Esta experiencia histórica de los sindicatos con las compañías transnacionales del agronegocio, muestra que la principal motivación de dichas corporaciones es la obtención de ganancia, pero, lo más importante es que subordinan cualquier tipo de riesgo a la salud y el medio ambiente a aquel primer objetivo. Es natural, entonces, que cuando surge una nueva tecnología, como ahora está siendo el caso de las nanotecnologías, los trabajadores supongan, con fundamento, que las ventajas técnicas sólo se convertirán en mayores ganancias, con perjuicio para ellos y los consumidores.

El caso que presentamos anteriormente no puede ser extrapolado o generalizado, pero tampoco es aislado. A principios de 2008 la *Silicon Valley Toxics Coalition* (SVTC) ha desarrollado una campaña pública por la reglamentación de la investigación en nanotecnologías y el consumo de sus productos. El argumento es simple: Silicon Valley ya pasó por el problema de empresas de semiconductores como IBM y Fairchild Camera and Instrument que contaminaron, a principios de los ochenta, el agua para beber de más de 80 mil residentes de Santa Clara, y hubo un cúmulo de alegaciones de impactos a la salud atribuidos al agua, manifiestos en defectos de nacimiento y abortos. Aún hay en Santa Clara 29 sitios contaminados por limpiarse. La industria de los semiconductores era publicitada como una industria limpia. Para el Valle del Silicón no fue así. Ahora es el turno de las nanotecnologías. También estas tecnologías se publicitan como limpias, y de alta capacidad para revertir problemas ambientales como la contaminación. Sin embargo, existen muchas interrogantes sobre sus posibles impactos a la salud humana y al medio ambiente. La *Silicon Valley Toxics Coalition* exige reglamentación pública y monitoreo, sobre la base de la experiencia histórica con los

semiconductores. Más aún, argumenta que sin la presión de los grupos organizados de la sociedad civil las instituciones públicas tienen dificultad para reaccionar frente a los experimentos de las empresas. El documento elaborado por la Coalición compara las deficiencias que había en la legislación cuando ocurrió la contaminación por la industria de semiconductores con la deficiencia de la legislación actual. Sugestivamente, el subtítulo del reporte se llama: “Lecciones aprendidas del vertedero de químicos en 1981 por la industria de la electrónica e implicaciones para regular las nanotecnologías” (SVTC, 2008).

Basta rastrear reclamos similares de otras organizaciones sociales para encontrar diferentes actores y el mismo argumento: el comportamiento histórico. Otras técnicas de evaluación social de tecnologías, como pueden ser los escenarios futuros, pronósticos basados en el desarrollo técnico, análisis de visiones de los científicos y políticos, y foros y deliberaciones públicas, tienden a presentar las diferentes posiciones de manera neutra, donde el lector o político toma una opción en función de su propio interés o subjetividad. Pero esta aparente neutralidad parte del falso supuesto de que las nuevas tecnologías pueden ofrecer diferentes resultados y tomar diferentes caminos según la voluntad política e independientemente de los actores y las fuerzas sociales en juego. El razonamiento basado en la experiencia histórica es mucho más objetivo, en el sentido de mostrar cuáles son las tendencias que explican la introducción de nuevas tecnologías (aumento de la tasa de beneficio), cuál el móvil prioritario que las empresas defienden (lucro) y cómo las consideraciones y beneficios sociales sólo son alcanzados cuando la movilización y lucha política de organizaciones civiles y de clase se enfrentan a los intereses de las corporaciones. Además, incorporar a las organizaciones sociales como actores, con su argumento histórico como criterio de evaluación resulta más ético que restringir el abanico de autores a empresas, gobierno y público en general. Cómo este criterio histórico debe ser

incorporado en términos técnicos a las metodologías de evaluación de tecnología es otra cuestión; pero su inclusión altera las “reglas del juego” de suponer que el cauce de una tecnología puede ser fácilmente corregida a partir de diálogos informativos y participativos entre sectores de la sociedad donde los sujetos de mayor riesgo (que siempre son los trabajadores y consumidores) están desvinculados de sus organizaciones y su historia consciente.

Conclusiones

Cuando nuevas tecnologías son aplicadas a los procesos de producción pueden provocar impactos considerables en la salud humana, en el medio ambiente, en la forma de organización del trabajo, en la división social del trabajo, en la concepción de la población sobre determinados aspectos de la vida cotidiana, y en muchos otros ámbitos. Este parece ser el caso de las nanotecnologías, tanto por su versatilidad que las hacen posibles de ser aplicadas a cualquier rama de la actividad económica, como por el hecho de que, al desarrollar propiedades nuevas en los materiales, desata encadenamientos de resultados que muchas veces no pueden ser previstos con las herramientas científicas conocidas.

Existen algunas metodologías para evaluar y adelantarse a esas consecuencias, con el propósito de que las nuevas metodologías se ajusten mejor a los diferentes intereses sociales, económicos y políticos y, también, impliquen menores costos sociales. La mayoría de estas metodologías supone el diálogo entre los principales actores, para “lijar” asperezas y reencaminar diseños tecnológicos considerando opiniones que van más allá de los actores inmediatamente involucrados en los procesos de creación de las tecnologías.

Estas metodologías, sin embargo, tienden a discutir las tecnologías como si ellas fuesen independientes de las fuerzas sociales y económicas, y centran su atención en la corrección del diseño, y en completar la eficiencia con precauciones técnicas sobre riesgos y reglamentaciones. Aunque esto significa un avance en términos de la aptitud de la tecnología para mejorar su desempeño social, tiende a dejar de lado la historia en la cual estas tecnologías se inscriben. Cuando una tecnología irrumpe en una sociedad es porque determinadas fuerzas sociales y económicas lo hicieron posible, desplazando otras trayectorias tecnológicas y encarnándose en determinados actores que ven en esas tecnologías ventajas económicas.

El artículo mostró un ejemplo concreto de cómo un sector políticamente importante de la sociedad tiene una visión cautelosa de las nanotecnologías en función de las tendencias en las cuales se inscriben y los actores principales que las defienden. Analizamos el caso de la aplicación de las nanotecnologías a la agricultura, la posición de la UITA y la experiencia histórica de estos sindicatos frente a una de las corporaciones transnacionales de vanguardia en la investigación y aplicación de la nanotecnología a la agricultura, como es la Syngenta.

Referencias

- Beachhead, LLC (2006). Synthetic Biology Promises To Shape The Future Of Life Sciences. *Biocompare. Life Science News*. 1/17/2006. <http://news.biocompare.com/newsstory.asp?id=117177> Consultado marzo 20, 2008.
- Berne Declaration, Pesticide Action Network UK, Pesticide Action Network Asia Pacific (2006 September). *Paraquat. Unacceptable Health Risks for Users*. Written by Richard Isenring, Edited by John Madeley. Zurich: Berne Declaration, Pesticide Action Network –UK, Pesticide Action Network Asia & The Pacific.
- Chopra, Paras & Kamma, Akhil (2006). Engineering life through Synthetic Biology. *Silico Biology* 6, 0038. <http://www.bioinfo.de/isb/2006/06/0038/> Consultado febrero 26, 2008.
- Declaración de Berna (2007). Syngenta accused of violating FAO code of conduct. <http://www.evb.ch/en/p25012607.html> Consultado febrero 28, 2008.
- Den Boer, Duncan; Rip, Arie & Speller, Sylvia (2008). Scripting Possible Futures of Nanotechnologies: A Methodological that Enhances Reflexibility. *Journal of Technology in Society* (en prensa).
- ETC Group (2004 noviembre). *La invasión invisible del campo*. Ottawa: ETC Group.
- ETC group (2007 octubre). Las 10 compañías de semillas más importantes del mundo 2006. Ottawa: ETC group. http://www.etcgroup.org/upload/publication/pdf_file/657 Consultado febrero 18, 2008.
- Grin, J., & van der Graaf, H. (1996). *Technology Assessment as Learning, Science, Technology and Human Values*, 21, 72-99.
- Guston, David & Sarewitz, Daniel (2002) Real Time Technology Assessment. *Technology in Society*, 24, 93-109. http://www.iufdocuments.org/cgi-bin/show_about.cgi?!=es Consultado abril 3, 2008.
- Kuzma, Jennifer & VerHage, Peter (2006). *Nanotechnology in Agriculture and Food Production*. Woodrow Wilson International Center for Scholars. PEN 4 SEPTEMBER 2006. http://www.nanotechproject.org/process/assets/files/2706/94_pen4_agfood.pdf Consultado abril 20, 2008.
- Madeley, John (2003). *Paraquat. El controvertido herbicida de Syngenta*. San José, Costa Rica: Berne Declaration, Swedish Society for Nature Conservation, Pesticide Action Network UK, Pesticide Action Network Asia Pacific, Foro Emaús, RAP-AL. http://www.evb.ch/cm_data/public/Informe_paraquat_esp_3.pdf Consultado febrero 24, 2008.
- Menkes, J. (1979). Epistemological Issues of Technology Assessment. *Technological Forecasting and Social Change* 15, 11-23.
- Miller, Georgia & Senjen, Rye (2008). *Out of the laboratory and into the food chain: Nanotechnology in food and agriculture*. Friends of Earth-Australia. www.foe.org/pdf/nano_food.pdf Consultado marzo 30, 2008
- Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen (1984). *Integratie van Wetenschap en Technologie in de Samenleving*. (Policy Memorandum: Integration of Science and Technology in Society). Beleidsnota, 's-Gravenhage: Tweede Kamer.
- Nanoned (s/f). Nanoned, Technology Assessment. <http://www.nanoned.nl/TA/Technology+Assessment.htm> Consultado marzo 10, 2008.
- PANNA (Pesticide Action Network North America). (2002). PANNA: Syngenta Corporate Fact Sheet. <http://www.panna.org/files/syngenta.dv.html> Consultado febrero 26, 2008.
- PANNA (Pesticide Action Network North America). (2007). PANNA: Syngenta Corporate Fact Sheet. <http://www.panna.org/files/syngenta.dv.html> Consultado febrero 22, 2008.
- PAN-UK (Pesticide Action Network –UK). (2002). Time to phase out paraquat - Syngenta's controversial pesticide. 22 April 2002. Press release: Immediate. <http://www.pan-uk.org/News/Press%20Release/paraquat.htm> Consultado febrero 22, 2008.
- Porter, A. L., Rossini F. A., Carpenter, S. R. & Roper, A. T. (1980). *A Guidebook for Technology Assessment and Impact Analysis*. New York: North-Holland.
- POST (Parliamentary Office of Science and Technology) (2008 January). *Postnote Number 298. Synthetic Biology*. London. www.parliament.uk/parliamentary_offices/post/pubs.cfm Consultado febrero 26, 2008.
- Reuters (2007). Studies Strengthen Link Between Pesticides and Parkinson's In: Beyond Pesticides Daily News Blog, April 24, 2007 <http://www.beyondpesticides.org/dailynewsblog/?p=83> Consultado febrero 22, 2008.
- Rip, A., Misa, T. J., Schot, J. W. (eds.) (1995). *Managing Technology in*

Society. *The Approach of Constructive Technology Assessment*. London: Pinter

Rip, Arie & te Kulve, Haico (2008). *Constructive Technology Assessment and Socio-technical Scenarios*. In: Fisher, Erik; Selin, Cynthia & Wetmore, Jameson (Eds.), *The Yearbook of Nanotechnology in Society*, Vol. 1: Presenting Futures Series. New York: Springer.

Rip, Arie (2004). *Technology Assessment*. In the *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, 26, 15512-15515. Amsterdam: Elsevier.

Schot, Johan & Rip, Arie (1997). *The Past and Future of Constructive Technology Assessment*. *Technological Forecasting and Social Change*, 54 (2), 251-268.

Smits, R., Leyten, J. & den Hertog, P (1995). *Technology Assessment and Technology Policy in Europe: New Concepts, New Goals, New Infrastructures*. *Policy Sciences* 28, 271-299.

Smits, Ruud & Leyten, Jos (1988). *Key Issues in the Institutionalization of Technology Assessment*. *Futures*, 20 (1), 19-36.

SVTC (Silicon Valley Toxics Coalition). (2008). *Regulation Emerging Technologies in Silicon Valley and Beyond*. [http://www.etoxics.org/messages/SVTC_Nanotech_Report\(April-2008\).doc](http://www.etoxics.org/messages/SVTC_Nanotech_Report(April-2008).doc) Last Visited April 24, 2008.

Syngenta (1998, abril 1). **ZENECA GETS CHINESE GO-AHEAD FOR \$85 MILLION AGROCHEMICALS JOINT VENTURE**. Syngenta Media. <http://www.syngenta.com/en/media/article.aspx?pr=040198&Lang=en> Consultado febrero 22, 2008.

Syntheticbiology.org (s/f). <http://syntheticbiology.org/FAQ.html> Consultado marzo 20, 2008.

The Business Journal (2007 July 11). *EU court bans Syngenta weed killer* <http://www.bizjournals.com/triad/stories/2007/07/09/daily23.html> Consultado febrero 22, 2008.

The Economist (2006). *Life 2.0 - Synthetic biology*. *The Economist*, U.S. Edition. September 2.

The Economist (2007). *Patent pending; Artificial life*. *The Economist*, U.S. Edition. June 16.

Transnationale.org (2007). *Syngenta AG*. <http://www.transnationale.org/companies/syngenta.php> Consultado febrero 26, 2008.

<http://www.transnationale.org/companies/syngenta.php> Consultado febrero 26, 2008.

UITA (Unión Internacional de Trabajadores de la Alimentación, Agrícolas, Hoteles, Restaurantes, Tabaco y Afines) [IUF (International Union of Food, Agricultural, Hotel, Restaurant, Catering, Tobacco and Allied Workers' Associations)]. (s/f). *About the IUF*. <http://www.iuf.org/www/en/abouttheiuf.php> Consultado abril 26, 2007.

USDA (United States Department of Agriculture). (2003). *Science and Engineering for Agriculture and Food Systems*. <http://www.nseafs.cornell.edu/web.roadmap.pdf> Consultado abril 20, 2008.

van Est, Rinie (s/f). *The Rathenau Institute's approach to participatory TA*. <http://www.itas.fzk.de/deu/tadn/tadn003/vest00a.htm> Last visited March 19, 2008.

van Merkerk, Rutger & Smits, Ruud (2008). *Tailoring CTA for Emerging Technologies*. *Technological Forecasting & Social Change*, 75(3), 312-333.

van Merkerk, Rutger (2007). *Intervening in Emerging Nanotechnologies. A CTA of Lab-on-a-Chip Technology*. Utrecht: Labor Grafimedia.

Wherrett, Carl & Yelovich, John. (2005a). *A Giant Leap for Nano*. *The Motley Fool*. January 18, 2005. <http://www.fool.com/News/mft/2005/mft05011811.htm> Consultado noviembre 15, 2005.

Wherrett, Carl & Yelovich, John. (2005b). *Billion-Dollar Markets*. *The Motley Fool*. January 18. <http://netscape.fool.com/news/commentary/2005/commentary05012704.htm> Consultado noviembre 15, 2005.

Wu, Jane (2007). *'Waste membrane' could help crops conserve water*. *SciDev.Net*. 20 February 2007. http://www.scidev.net/content/news/eng/waste-membrane-could-help-crops-conserve-water.cfm?utm_source=feed-1&utm_medium=rss Consultado febrero 26, 2008.

Resolución de la UITA

**Unión Internacional de Trabajadores de la Alimentación,
Agrícolas, Hoteles, Restaurantes, Tabaco y Afines (UITA)**

1. Movilizar a nuestras organizaciones afiliadas instándolas a debatir con el resto de la sociedad y los gobiernos las posibles consecuencias de la NT.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.

*Guillermo Foladori y Noela Invernizzi
(Coordinadores)*

Nanotecnologías en la Alimentación y Agricultura

Auspician:



Umverteilen!
Stiftung für eine, solidarische Welt