



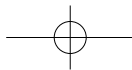
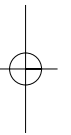
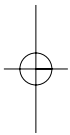
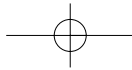
Nanotecnología y producción de alimentos: impactos económicos, sociales y ambientales

*Gian Carlo Delgado**

Fecha de recepción: julio 2008

Fecha de aceptación: noviembre 2008

* Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias
y Humanidades de la UNAM.
Correo electrónico: gjandelgado@unam.mx



Nanotecnología y producción de alimentos: impactos económicos, sociales y ambientales

Gian Carlo Delgado

Resumen

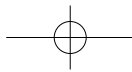
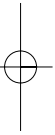
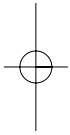
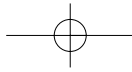
La nanotecnología, dígase la capacidad de manipular la materia a escala nanométrica, se perfila, junto con la biotecnología, la electroinformática y las ciencias cognitivas, como uno de los frentes tecnológicos de vanguardia de principios del siglo XXI. Las fuertes promesas que genera y la incertidumbre que la caracteriza son ciertamente algunos de sus elementos distintivos. El presente texto revisa el contexto social-discursivo del desarrollo de la nanotecnología en el área de los alimentos, tanto en términos de sus potenciales impactos económicos y sociales, como en cuanto a sus posibles implicaciones ambientales y a la salud.

Palabras clave: nanotecnología, alimentos, implicaciones, riesgos.

Abstract

The capacity of manipulating matter at a nanometric scale for specific purposes, or what it is called nanotechnology, seems to be, along with biotechnology, electroinformatics, and cognitive sciences, one of the key technological fields of the XXI Century. The big promises, on one side, and the considerable degree of uncertainty of nanotechnology, on the other, are a couple of elements that seem to distinguish the 'nano wave'. Considering the mentioned above, this paper reviews the social-discursive context of nanotechnology development in the area of food and food processing. It offers an appraisal of the economic and social expected impacts of nanotechnology for the food industry, as well as for its possible environmental and health implications.

Key words: nanotechnology, food, implications, risks.



Introducción

La nanotecnología es entendida como la capacidad de observar, manipular y controlar las propiedades de la materia a escala nanométrica. Las definiciones más aceptadas giran entorno a la escala de tamaño. Por ejemplo, según precisa la Royal Society,

...[los 'nanotecnólogos'] están interesados en la nano escala (que nosotros definimos que va de los 100 nanómetros (nm) hasta el tamaño de los átomos (aproximadamente 0.2nm)) porque a esa escala las propiedades de los materiales puede ser muy diferentes que las de aquellos de gran escala. Definimos nanociencia al estudio de los fenómenos y manipulación de materiales a escalas atómicas, moleculares y macromoleculares... y [delimitamos a las] nanotecnologías al diseño, caracterización, producción y aplicación de estructuras, dispositivos y sistemas para controlar la forma y el tamaño a escala nanométrica (Royal Society, 2004).

De forma similar, la Oficina Europea de Patentes, define el término "nanotecnología" como aquel que,

...cubre entidades con un tamaño geométrico controlado de por lo menos un componente funcional por debajo de los 100 nanómetros o más dimensiones susceptibles de tener efectos físicos, químicos o biológicos sólo intrínsecos al tamaño. Comprende equipo y métodos para un controlado análisis, manipulación, procesamiento, fabricación o medición por debajo de los 100 nanómetros (citado en Igami y Okazaki, 2007: 11).

No obstante, dado que hay diversas disciplinas previas al surgimiento de la nanotecnología que también operan a la escala nanométrica, para algunos es difícil hablar de la nanotecnología como una actividad nueva. En cambio, prefieren referirse a un conjunto de disciplinas que operan a la misma escala, las que hoy por hoy pueden ampliar su frontera de conocimiento gracias al desarrollo de instrumental novedoso (Delgado, 2008: 23-5), esto es, microscopios de fuerza atómica, microscopios de barrido, etcétera.

Ahora bien, lo que hace atractiva a la nanotecnología es que, como se mencionó, las propiedades de la materia cambian a escala nanométrica, ello sobre todo porque tienen una superficie más grande que los materiales a la macroescala (la cantidad de materia es menor

dentro que en la superficie de la (nano) estructura). Es una característica que puede tornarlos químicamente más reactivos, afectando su resistencia y propiedades eléctricas, magnéticas y ópticas; nuevas propiedades que precisamente se comienzan a explorar, conocer, manipular y explotar.

El negocio nanotecnológico

Hoy en día se estima (Paull, Wolfe, Hebert y Sinkula, 2003: 1146) que el grueso de la inversión en nanotecnología se enfoca en el desarrollo de:

- a) herramientas o instrumental nanotecnológico (e.g. microscopio de efecto túnel o SPM, las matrices o arrays, etiquetas moleculares, microfluidos) que se calcula concentran 4% de los fondos totales;
- b) nuevos materiales (e.g. textiles, cerámicas, etcétera) con 12%;
- c) dispositivos novedosos (e.g. sensores) con 32% e;
- d) innovaciones nanobiotecnológicas con 52%, el cual se distribuye a su vez en 54% en el desarrollo de nuevos medicamentos, 37% en procedimientos de diagnóstico, 5% para la administración de medicamentos y 4% para el descubrimiento de biofarmacéuticos.

Consecuentemente, ya hay numerosas patentes¹ y varios productos derivados de la nanotecnología que se comercializan o que están en fases de pre-comercialización, pero en comparación con las dimensiones de la inversión efectuada, éstos son aún relativamente pocos (véase Mazzola, 2003: 1137-43; Baker y Aston, 2005). El grado de retorno de ganancias es todavía mínimo, sobre todo frente al esperado en el mediano-largo plazo puesto que los diversos datos indican que, en términos del mercado global, hay una tendencia exponencial de negocio: en los próximos diez años, con nano-aplicaciones en alrededor de 15% de las manufacturas a nivel mundial (Nordan, 2005).²

Según Lux Research, en 2004 se registraron 12,980 mdd en ventas de productos que utilizan algún tipo de nanotecnología, monto que para 2008, según Científica, se especula en 166 mil mdd (Lux Research, 2006; Científica, 2008). Las proyecciones en el corto plazo son aún más llamativas en términos de su potencial ritmo de crecimiento. Para Lux, en 2010 se espera que las ventas asciendan a unos 507 mil mdd (Lawrence, 2005; Baker y Aston, 2005). Cinco años después, en 2015, se calcula ya el billón de dólares (millón de millones) (Feder, 2004).

¹ Las tres principales oficinas de patentes del mundo, Estados Unidos, Europa y Japón, ya han creado portafolios específicos sobre nanotecnología. La de Estados Unidos creó la colección 977; la europea la Y01N; y la japonesa la ZNM (Igami y Okazaki, 2007: 11-12). El ritmo de crecimiento de los portafolios de nano-patentes en Estados Unidos y la Unión Europea ronda el 12% durante el periodo de 1986 a 1996. Para 1997 el promedio fue de 18% para Estados Unidos y 19% para el caso de Europa (Ibid: 15).

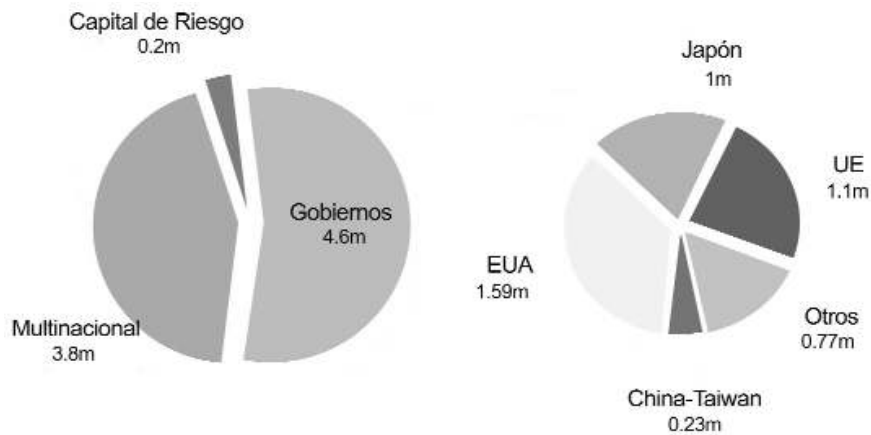
² Lux Research estima que, "...las aplicaciones emergentes de la nanotecnología afectarán casi todo tipo de bien manufacturado a partir de los próximos diez años, incorporándose en el 15% de la manufactura global por un valor de 2.6 billones de dólares en 2014" (Nordan, 2005).

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ALIMENTACIÓN Y DESARROLLO, A.C.

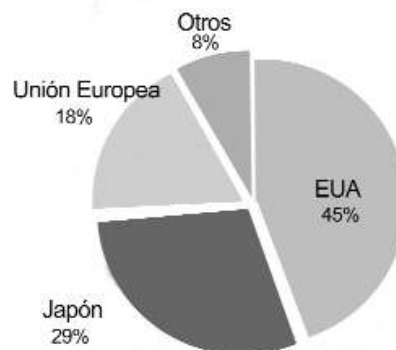
En tanto al gasto público en nanotecnología, se calcula que a nivel mundial pasó de 430 mdd en 1997 a tres mil mdd en 2003; de los cuales Estados Unidos aportó 25% (Roco, 2004: 892). Para 2004, Lux Research considera que el gasto total mundial ascendió a 8,600 mdd, de los cuales 4,600 mdd provinieron del sector público. En 2005 los montos sugieren haber aumentado a 5,900 mdd del sector público, 4,500 mdd del privado y unos 500 millones de *startups* para dar un total de unos 10,900 mdd (Lux Research, 2006; Holman, 2007). En 2006, las cifras de Lux precisan un total de 12,400 mdd en el gasto, de los cuales 6,400 mdd provinieron del sector público, 5,300 mdd del gran y mediano empresariado y unos 700 mdd de *startups* (Holman, 2007). Los cálculos para 2008 sugieren un monto total de unos 25 mil mdd (Científica, 2008).

Imagen 1 - Gasto mundial en nanotecnología según Lux Research

Inversión Pública en Nanotecnología, 2004
millardos de dólares (m)



Inversión Privada en Nanotecnología, 2004



Fuente: elaboración propia con base en datos de Nordan, Matthew. "Nanotechnology: where does US stand?" Lux Research. Testimonio ante la House Committee on Sciences. EUA, 29 de junio de 2005.

E S T U D I O S S O C I A L E S

Cuadro 1. Gasto público en nanotecnología por país
-2004 / millones de euros-

EUA	910 (Federal) + 333.3 (Estatal)
UE	915 (Estado) + 370 (Comisión)
Japón	750
China - Taiwán	83.3 + 75.9
Total	3,437
Total Mundial	3,850

Fuente: Comisión Europea. Some Figures about Nanotechnology R&D in Europe and Beyond. Bruselas, Diciembre de 2005.

Ahora bien, los datos más detallados y confiables son los de 2004 (véase imagen 1), cuando el gobierno de los Estados Unidos contribuyó con 1,600 mdd (1.15 a nivel federal y el resto a nivel estatal); el de Japón con alrededor de mil mdd; y la Unión Europea (UE) con poco más de mil mdd (350 mdd a nivel europeo y a nivel nacional: 271 mdd de Alemania, 187 mdd de Francia, 162 mdd del Reino Unido y el resto de otros países miembros). En tanto a la contraparte privada, 1,700 mdd correspondieron a actores empresariales estadounidenses, 1,100 mdd a japoneses y 700 mdd a europeos (Nordan, 2005).

Nótese que para propósitos comparativos con otros países como China o Corea del Sur, las cifras deben ajustarse a lo que cada monto compra a nivel local pues, por ejemplo, el gasto gubernamental de China en nanotecnología de 130 mdd para 2004, relativamente compraba lo que en Estados Unidos hacían unos 611 millones (Nordan, 2005).³ En 2006 esa misma relación representó un equivalente a 906 millones (Holman, 2007). Si a lo anterior se suma el gasto de Taiwán de poco más de cien millones de dólares y el de Hong Kong en el rango de otra cifra similar,⁴ China y sus provincias "especiales" -con las que tiene acuerdos de cooperación en investigación nanotecnológica- se colocan en términos relativos como "un" competidor importante en la arena internacional, aunque en términos absolutos no lo figure así (véase cuadro 1). Ello ya es especialmente visible en el rubro de publicaciones en nanociencia y nanotecnología (Delgado, 2007). Véase cuadro 2.

En adición a lo anterior, debe tenerse presente que el gasto en nanotecnología, por un lado, varía según la definición de ésta en cada país (por ejemplo a diferencia de la UE, en Estados Unidos ninguna actividad de la microelectrónica es sujeta a financiamiento en nanotecnología). Por el otro lado, hay que considerar también que cuando se habla de gasto en

³ Debe tenerse en cuenta que tal ventaja es sólo en aspectos como salarios y ciertos costos de material de trabajo y de construcción de instalaciones. Algunos componentes y herramientas de trabajo han de ser importadas a precios en dólares o euros, lo mismo sucede con la movilidad internacional de sus investigadores, etcétera.

⁴ No ha sido posible encontrar una fuente que indique verazmente las cifras de gasto total anual de Hong Kong en nanotecnología. Lo más cercano son las estadísticas del Innovation and Technology Fund de la Innovation and Technology Commission, según la cual el gasto en nanotecnología totalizada, hasta el 31 de enero de 2006, es de unos 137.9 millones (véase: www.itf.gov.hk/eng/statistics. Consultada el 1 de julio de 2007).

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ALIMENTACIÓN Y DESARROLLO, A.C.

Cuadro 2. Posicionamiento en publicaciones de nanotecnología por autores (1995 - 2005)

País	Todos los autores (1995)	Primer autor (1995)	Todos los autores (2005)	Primer autor (2005)
UE (27)	3,797 (25.3%)	3,476 (23.2%)	17,343 (31.0%)	14,806 (26.4%)
EUA	3,112 (20.8%)	2,836 (18.9%)	14,247 (25.4%)	12,183 (21.8%)
Japón	1,146 (7.6%)	1,031 (6.9%)	6,191 (11.1%)	5,342 (9.5%)
China	507 (3.4%)	472 (3.1%)	9,859 (17.6%)	9,252 (16.5%)
Alemania	1,077 (7.2%)	894 (6.0%)	4,910 (8.8%)	3,458 (6.2%)
Tigres Asiáticos	351 (2.3%)	315 (2.1%)	5,366 (9.6%)	4,760 (8.5%)

Fuente: Youtie, Jan; Aspira, Philip; Porter, Alan L. "Nanotechnology publications and citations by leading countries and blocs". Journal of Nanoparticle Research. SpringerLink. Holanda, 2008.

nanotecnología, solamente se trata de aquel cuya modalidad es directa y específica ya que ahí no se considera el gasto indirecto en ciencia y otras tecnologías fundamentales para el avance de la nanotecnología (e.g. física, química, biotecnología). En tal sentido, la fortaleza del aparato científico-tecnológico como un todo es un factor más a considerar. Y es que si bien los porcentajes de adjudicaciones en la Oficina Europea de Patentes durante 1978-2005 es similar en nanotecnología para Estados Unidos (34.6%), Japón (29.2%) y Europa (28.4%) (Igami y Okazaki, 2007: 14), ello no es así en términos generales de la innovación tecnológica de vanguardia ya que Estados Unidos acapara 33% de esa a nivel mundial, mientras que la Unión Europea (de los 15) lo hace en 28.8% y Japón en 12.9% (NSF, 2004).

Nano-agroindustria

Se estima que el mercado de la nano-agroindustria pasará de los 2,600 mdd registrados en 2003 y los siete mil mdd en 2006, a unos veinte mil mdd para el 2010, un escenario en el que Asia, pero en particular China, conformarán el grueso del mercado mundial (Helmuth Kaiser Consultancy, 2004). Las cifras son conservadoras pues la línea divisoria entre lo que es y no es nanoagronegocio es bastante tenue. En este sentido, para ETC Group (Canadá), lo que está en juego es más bien el negocio de la venta de alimentos y el de las exportaciones agrícolas, valuados en tres billones de dólares (millones de millones) y 544 mil mdd anuales, respectivamente (ETC Group, 2004-B: 1).

En general, se considera que la nanotecnología impactará a la agroindustria como un todo, es decir, la producción agroindustrial, la industria de los alimentos procesados y la de su empaquetamiento. Lo anterior bien puede significar que la nanotecnología, en principio, facilitaría una mayor concentración del control del negocio de lo que se puede denominar, en paquete, como "nanoalimentos".

De cualquier modo, por el momento, se calcula ya la existencia de al menos medio millar de productos o nanosoluciones relacionadas a tal negocio (Helmuth Kaiser Consultancy, 2004).

Agricultura nanotecnologizada

En lo que respecta a la producción agroindustrial, se habla, por un lado, de la nanoestructuración prácticamente de todo tipo de agroquímicos (e.g. fertilizantes, herbicidas, pesticidas, etc.) de tal suerte que se mejore tanto la homogeneidad de los preparados como su capacidad reactiva y bioactiva. Por otro lado, también se busca el diseño de materiales funcionales a aplicaciones puntuales como sistemas de irrigación mejorados o plásticos "inteligentes". Por ejemplo, en la producción de tipo invernadero, o lo que se conoce como "plasticultura", una de las principales aplicaciones nanotecnológicas refiere al desarrollo de polímeros con todo un conjunto de características como la buena transmisión y difusión de la luz, el bloqueo de rayos UV, la evasión de la condensación de agua, etcétera. Este es el caso de las nuevas generaciones de plásticos de A. Schulman (EUA) como el Polybatch AMF 705, entre otros que ya comienzan a ser probados en algunos campos experimentales en México.

En un nivel más complejo, de lo que se habla es de "cultivos de precisión" (*precision farming*). Esto es, el uso conjunto de computadoras, sistemas de posicionamiento global y de micro/nano dispositivos sensoriales remotos para:

- monitorear en tiempo real las condiciones ambientales y del suelo, así como del desarrollo de las plantaciones (incluyendo el estrés);
- controlar los insumos empleados, o
- identificar eventuales patógenos, plagas u otros inconvenientes como los relacionados a las condiciones óptimas de almacenamiento de granos u otros productos agrícolas (e.g., humedad, temperatura, etc.).

Se considera que mediante tal uso extensivo de sensores (cuyo mercado se estima en siete mil mdd para el 2010 [ONWorld, sin fecha]), se podría entonces desarrollar un "tratamiento inteligente" que, similar al de la nanomedicina, pueda monitorear y diagnosticar la salud de los cultivos y, consecuentemente, a partir de desarrollar "nanoestructuras inteligentes", entregar dosis adecuadas de herbicidas, pesticidas, nutrientes, etcétera. De modo similar funcionaría la nanoveterinaria tanto en lo que refiere al monitoreo, diagnosis, tratamiento e intervención terapéutica de animales.

Syngenta (Suiza), por ejemplo, ya está usando nanoemulsiones en sus productos. Tal es el caso de su regulador de crecimiento Primo MAXX (Syngenta, sin fecha) o algunos de sus insecticidas para el control de pestes del algodón, arroz, cacahuates y soya, cuyas nanopartículas que contienen el químico activo pueden romperse al contacto con las hojas o con medios alcalinos como el estómago de ciertos insectos (patente estadounidense 6 544 540).

Además, se anuncia que la nanotecnología y la nanobiotecnología contribuirían en este escenario agroindustrial con el "perfeccionamiento" de la manipulación a nivel atómico-molecular de las semillas y animales con el objeto de ahondar la manipulación y "control" de la producción de alimentos que ya posibilita, en cierto grado, la biotecnología (dígase organismos genéticamente modificados) (véase Mooney, 1999; Altieri, 2000: 13-23; Delgado, 2002; Ho y Ching, 2003).

Según se informa, la Universidad de Chiang Mail (Tailandia) lleva a cabo desde 2004 investigaciones de manipulación de variedades endémicas de arroz a partir de "perforar" la membrana de la célula del cereal e introducir un átomo de nitrógeno que estimule el reordenamiento del ADN (ETC Group, 2004-A). Algo similar se reporta para el caso del arroz dorado que ha sido inyectado con nanofibras de carbono que contienen pedazos de ADN a modo de alterar su estructura genética (AzoNano, 2003).

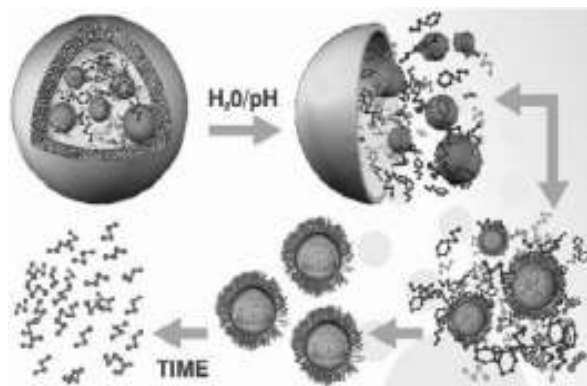
"Nanosoluciones" para alimentos procesados

En la industria de los alimentos procesados, las nanoaplicaciones son diversas. Se enlistan desde el empaquetamiento inteligente, hasta el nanodiseño de conservadores, nutriceuticals (vitaminas, etc.) y otros aditivos para la elaboración de alimentos "a la medida" del consumidor. Se excluye la posibilidad de manufactura y/o manipulación de alimentos átomo por átomo, dadas las limitaciones técnicas actuales y el desconocimiento de su viabilidad.

La idea es pues el procesamiento de "alimentos interactivos" cuyas características de sabor, color, aroma y de suplementos alimenticios adicionados sean definidos por y cuando el consumidor lo decida con base en sus gustos, demandas y necesidades nutricionales. El trasfondo técnico es la incorporación de miles de nanoestructuras (nanoemulsiones, nanopartículas biopoliméricas, nanolaminados, nanoesferas, etcétera [Takhisty y McClements, 2006]) que contengan cantidades mínimas, pero efectivas, de suplementos alimenticios, preservativos o mejoradores *-enhancers-* de color, sabor o aroma de gran funcionalidad (Dunn, 2004: 49). Véase imagen 2.

Esas u otras nanoestructuras podrían tener también la función de ayudar a asimilar los nutrientes una vez ingeridos los alimentos que inicialmente las contenían; incluso, podrían funcionar como vectores para administrar vacunas al estilo de algunas variedades de transgénicos conocidas como nutriceuticals o farmaceuticals (Chen, Weiis y Shahidi, 2006; Delgado, 2002).

Imagen 2. Sistema de Encapsulamiento de Ingredientes



Fuente: Kraft.

En sí, destacan líneas de investigación como: 1) las relativas al mejoramiento del manejo de líquidos volátiles como los saborizantes al convertirlos en polvos estables; 2) el uso de nanoestructuras para aislar o "dormir", hasta su consumo, ingredientes activos y sabores con potencial de interactuar con otros ingredientes de los alimentos a modo de prolongar el tiempo de vida en anaquel; 3) el desarrollo de microsferas nanoestructuradas para la protección de alimentos a la oxidación; 4) el empaquetamiento inteligente de ingredientes volátiles de los alimentos para reducir la pérdida de sabor durante el periodo de producción-venta; 5) el uso de propiedades bioadhesivas en nanoesferas para prolongar la percepción de sabor al momento de la ingesta de alimentos; 6) el bloqueo de sabores indeseados (amargos, etcétera) por medio de nanoestructuras que bloqueen la interacción entre el activo encapsulado y la mucosa oral donde están los receptores de sabor; 7) la liberación controlada de saborizantes contenidos en nanoestructuras que se disuelvan al contacto con la saliva o a cierta temperatura, entre otras (Shefer y Shefer, 2006; sin autor, 2007).

Vale precisar que las implicaciones de tal tipo de innovaciones en el procesamiento de alimentos son aún en buena medida desconocidas, no sólo en términos de las interacciones de los nanomateriales y el cuerpo humano, sino también de la eventual y constante dosificación de, por ejemplo, suplementos alimenticios que bien podría ser contraproducente al potencialmente inhibir la asimilación de otros nutrientes.

De cualquier modo, la expectativa de negocio es considerable al ser calculada en unos veinte mil millones de dólares a nivel mundial para el 2010 (IFST, 2006: 3). Ésta ha llevado al grueso de los gigantes de la industria de alimentos procesados a involucrarse en el desarrollo de todo tipo de nanoestructuras multi-funcionales, muchas de las cuales tendrán a su estómago como destino final. Se llega a hablar de más de dos centenares de empresas que a principios del siglo XXI realizan investigación y desarrollan decenas de aplicaciones en el sector (Takhistoy y McClements, 2006).⁵

Tal es el caso de Kraft (EUA) que abriera el primer laboratorio de nanotecnología de alimentos en 1999 al tiempo que lanzaba, al siguiente año, un consorcio denominado "Nanotek" conformado por quince universidades alrededor del mundo y por laboratorios nacionales de Estados Unidos. No es extraño, entonces, que Kraft encabece discretamente la iniciativa privada involucrada en el diseño del plan de acción de ese país en nanoalimentos. Y es que en 2004, después de varias indicaciones del público sobre potenciales riesgos e incertidumbres del uso de la nanotecnología en alimentos, Kraft decidió reducir su perfil público al transferir el consorcio Nanotek a Philips Morris USA bajo el nuevo nombre de "Red de Trabajo de Ciencia y Tecnologías Emergentes" (Feder, 2006).

Del otro lado del Atlántico, se puede mencionar el caso de Eminate, un consorcio del Reino Unido emplazado en Biocity Nottingham, el bioincubador más grande de Europa y parte de la

⁵ De las más relevantes por su tamaño están: Arla Foods, Associated British Foods, Ajinomoto, Basf, Bayer, Cadbury Schweppes, Campbell, Cargill, Danisco, DuPont Food Industry Solutions, General Mills, Glaxo-SmithKline, Danone, Heinz, Hershey, Krafts, Nestlé, Northen Foods, Nichirei, Nippon Suisan Kaisha, Pepsico, Sara Lee, Syngenta, Unilever y United Foods, entre otras.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ALIMENTACIÓN Y DESARROLLO, A.C.

Universidad de Nottingham. Eminate ha desarrollado gránulos de sal de tamaño nanométrico que no se amontonan y que aseguran son más salados que su similar de tamaño micrométrico. Se trata de una característica que permitiría a la industria de alimentos procesados reducir en 90% su uso (Sin autor, 2008-A). Se suman otros avances como la optimización de producción y nano/microencapsulamiento de nattokinase, una enzima que se obtiene de la fermentación de soya y que se cree tiene efectos positivos en la ruptura de coágulos y el crecimiento de huesos sanos y fuertes. Las nano/microcápsulas podrían ser introducidas, sin alterar el sabor, en productos como yogurs (Sin autor, 2008-A). El consorcio está constituido por R5pharmaceuticals, Health Care Supplements, Leatherhead Food International, Honda Trading, Universidad Trent de Nottingham, Universidad de Leicester, Universidad de Lincoln, Universidad de Loughborough y la Universidad de Leicester De Montfort (www.eminate.co.uk).

A la travesía de las nano-aplicaciones en la industria de los alimentos se suman Nestlé (dueña de 49% de L'Oreal), Heinz (EUA); Unilever (Reino Unido/Holanda); el consorcio NanoFood integrado por nanotecnólogos de diversas universidades nórdicas y empresas como Arla Foods (Suecia/Dinamarca), Danisco (Dinamarca), Aarhus United (Dinamarca) y Danish Crown (Dinamarca) (Sin autor, 2005); entre otros entes como los farmacéuticos pues la línea de distinción entre algunas de las potenciales aplicaciones en ambos sectores es altamente borrosa (IFST, 2006: 6; Joseph y Morrison, 2006; Dunn, 2004).

La NASA se vincula a la campaña al estar comprometida en la investigación de alimentos especiales para el espacio, mientras que el Pentágono lo hace para raciones diversas y más sustanciosas, pero de menor peso (Scott y Chen, 2003).

En México, Pepsico-Gamesa han invertido en instalaciones de investigación y desarrollo ubicadas en el Parque de Investigación e Innovación Tecnológica (Monterrey) para el desarrollo de nano/bio-procesos útiles al procesamiento de sus productos.

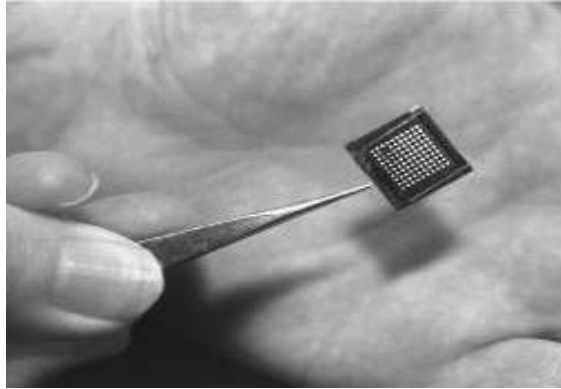
Nanotecnología para el empaquetamiento

Las nanoaplicaciones en la industria de empaquetamiento prometen revolucionar un nicho de mercado que se estimaba en más de mil mdd en el 2005 y que se cree llegará a los 4,800 mdd para el 2011 y a los 14,100 mdd en 2013 (Sin autor, 2006-C). Y es que se calcula que para el 2015, al menos 25% de los embalajes de alimentos contendrán algún tipo de "nanosolución".

Entre las investigaciones más sonadas está, por ejemplo, el uso de nanopartículas en envases a modo de que contengan por un mayor tiempo el gas de las bebidas carbonatadas. Igualmente, el desarrollo de la "lengua electrónica" de Kraft (imagen 3), una plataforma de nanosensores extremadamente sensibles a los gases que desprenden los alimentos cuando se hechan a perder y que hace que un indicador cambie de color.

Se menciona de igual forma el desarrollo de diversos tipos de recubrimientos y películas autolimpiadoras (que requieren menos limpieza) y antibacterianas para aplicaciones en muebles de cocina, tablas de picar, sartenes, ollas, y demás utensilios de cocina que así lo permitan (Sin autor, 2006-E).

Imagen 3. Lengua electrónica



Fuente: Shefer, A. y Shefer, S. (2006).

Otras soluciones para prolongar la vida de los alimentos incluyen empaques poliméricos nanoestructurados (alrededor de 20% de la producción mundial de plásticos está relacionada con el negocio del empaquetamiento de alimentos). Por ejemplo, se busca que éstos liberen sustancias antimicrobianas, antibacterianas, antioxidantes, etcétera. Un caso, entre otros, es la tecnología desarrollada por CSP Technologies [www.csptechnologies.com/brochure/CSP.pdf]. Asimismo, destacan las innovaciones de Bayer Polymers que, por ejemplo, desarrolló una película de embalaje denominada Durethan KU2-2601 que es más fuerte y resistente al calor que el resto de las que se encuentran en el mercado. Además, protege los alimentos envasados de la humedad y del oxígeno por la vía de cuantiosas nanopartículas de silicate que han sido introducidas a la película nanoestructurada (Sin autor, 2003; Britton, 2008). De este modo se habla de nanoaplicaciones para alargar el tiempo de vida de los alimentos perecederos, como lo son el uso de barreras UV nanoestructuradas (e.g. de plata, óxido de zinc o dióxido de titanio) (Scott y Chen, 2003; Britton, 2008). El Light Stabilizer 210 de DuPont es un ejemplo de un aditivo para plásticos basado en dióxido de titanio nanoestructurado.

Está además, el empaquetamiento "extremo" que es desarrollado por el Pentágono y la NASA para condiciones especiales como de cero gravedad, de alta presión o de temperatura (Scott y Chen, 2003).

Al negocio de esta industria se suma lo que se califica como "empaquetamiento inteligente" y que incluye técnicas de "nano-impresión" (e.g. nanocódigos de barra) y de nanocodificación de materiales plásticos y de papel para propósitos de autenticación por radio frecuencia. Se trata de razgos útiles tanto para la protección de marcas y patentes, como para el rápido y fácil manejo de millones de paquetes por parte de cadenas como Walmart (EUA) o Carrefour (Francia).

Implicaciones ambientales y a la salud de los "nano-alimentos"

Tomando nota de la incertidumbre que rodea las nanoestructuras en cuanto a sus potenciales impactos al medio ambiente y la salud, es de esperarse que el uso masivo de éstas en la agroindustria, conlleve a que el orden de probabilidad de riesgo sea aún mucho mayor. No extraña, pues, que cuando los trabajadores comenzaron a dar cuenta de la introducción de nanoestructuras en ciertos productos, la secretaria regional latinoamericana de la Unión Internacional de Trabajadores de la Alimentación, Agrícolas, Hoteles, Restaurantes, Tabaco y Afines (Rel-UITA) aprobara, en octubre de 2006, una resolución sobre las nanotecnologías en la que hacen un llamado a debatir, analizar y evaluar las implicaciones de las nanotecnologías en técnicos y obreros, usuarios y consumidores, entre otros puntos.⁶ Y es que los directamente más afectados son los trabajadores que manejan y están en contacto con grandes cantidades de nanomateriales; de ahí que para la International Organization for Standardization (ISO), una de las mayores inquietudes es la estandarización, evaluación y regulación de tales insumos pues los trabajadores estarían expuestos a dosis y frecuencias de exposición que bien podrían ser tóxicas aunque no lo fueran a nivel del producto individual (ISO, 2008).

De lo anterior se deriva que, en efecto, de frente a la complejidad de la nanotecnología, se aprecia cuando menos pertinente el estudio minucioso sobre la reactividad de las nanopartículas *per se* y sus interacciones con el medio ambiente, no sólo inmediatas y reducidas a espacios determinados, sino también en el largo plazo y en una situación de saturación ambiental global con diversas nanopartículas pululando y potencialmente reactivas. Lo mismo es válido en relación a la salud, pues la investigación no sólo debe enmarcarse entorno a análisis nanotoxicológicos (exposición inmediata), sino a las potenciales implicaciones de largo plazo que se podrían presentar por una convivencia permanente con esas nanoestructuras; dígase por la vía de los nanoalimentos.

La urgencia de esos estudios radica, entre otras cuestiones y como se precisó arriba, en que si las nanoestructuras "...son menores a 70 nm, potencialmente podrían entrar al núcleo de la célula e incluso dañar el ADN"; así lo asegura Qasim Chaudhry del Laboratorio Central de Ciencia (Londres, Reino Unido) (Watson, 2007: 12), quien agrega, para el caso de los alimentos, que las nanopartículas de plata, una sustancia antimicrobial con grandes expectativas comerciales como conservante de alimentos o aditivo anti-humedad, bien podrían afectar la microflora estomacal con repercusiones desconocidas (Watson, 2007: 12).

⁶ El llamado de la Rel-UITA se centra en abrir y ampliar el debate sobre las posibles consecuencias de la nanotecnología; aplicar el principio precautorio hasta que se demuestre que los productos en cuestión son seguros y se apruebe un régimen regulatorio internacional específicamente diseñado para analizar esos productos; la suspensión del otorgamiento de patentes hasta que los países afectados y los movimientos sociales puedan realizar una evaluación sobre sus impactos; exigir a la Organización Mundial de la Salud (OMS) y a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación la actualización del Codex Alimentarius, tomando en cuenta el uso de la nanotecnología; reclamar a la OMS el inicio de estudios de corto y largo plazo sobre los potenciales efectos de la nanotecnología sobre la salud de los técnicos y obreros que las producen, usuarios y consumidores; y solicitar a la Organización Internacional del Trabajo 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 (véase Foladori, 2007).

Se suma la posibilidad de ingerir nanopartículas, e.g. de dióxido de titanio, provenientes de nuevos empaques nanoestructurados, como una de entre tantas posibilidades que se contemplan en un contexto en el que, entre otras cuestiones, no se sabe cuál es el 'grado aceptable de ingesta' (ADI, por sus siglas en inglés) (IFST, 2006: 6). En tal sentido, se ha hecho un llamado para regular, caso por caso, el uso de nanoestructuras en alimentos y embalajes (Food and Drug Administration, 2007: 9), aun cuando las mismas partículas de mayores dimensiones ya estén aprobadas por los entes gubernamentales responsables. El Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos del Reino Unido, precisa, que sería apropiado tratar a los nanomateriales como una clase separada de "nuevos alimentos" o nuevos aditivos alimenticios o para empaquetamiento; que los ingredientes en forma de nanopartículas deberían ser sometidos a una completa evaluación de seguridad; y que los productos que hagan uso de nanopartículas deberían etiquetarlo, entre otros aspectos (IFST, 2006: 11, 15).

Nótese que la cuestión central de cualquier evaluación de riesgo de seriedad es el libre flujo de información sobre lo que está sucediendo en los laboratorios y centros de producción. Se trata de algo complejo de gestionar pues mucha información clave es considerada confidencial bajo criterios como el secreto industrial y, en ciertos casos, como un asunto sensible por sus posibles implicaciones entorno al avance y consolidación de la comercialización de la nanotecnología como un solo frente. Ello dificulta, por tanto, el manejo responsable del riesgo (sea cual fuese éste, e.g. principio precautorio) al tiempo que entorpece la aplicación de un marco regulatorio acorde a la complejidad de las nanotecnologías. No es casual que, en este panorama, la industria nanotecnológica y los gobiernos que la apoyan, en boca de Mihail Roco, prefiera hablar de un "ambiente de regulación a nivel global que se autodefina" (Roco, 2006: 1-23). Es decir, lo que en los hechos hasta ahora viene sucediendo.

Así, con medidas y acciones de carácter optativo, el empresariado es liberado de la "presión" para, por ejemplo, el etiquetamiento de productos que hacen uso de nanoprocesos o nanoestructuras en cualquier etapa de su manufactura. Se trata de una disposición que no es del agrado del grueso de la "nano-industria", sobre todo la de cosméticos y suplementos alimenticios (e.g. vitaminas, etc.) cuyos productos bajo los criterios actuales son "reconocidos generalmente como seguros" (GRAS) y por lo tanto no están sujetos a autorizaciones de pre-mercado como sí sucede con las medicinas o los aditivos alimenticios (Food and Drug Administration, 2007: iii).

Lo laxo del actual contexto de control y regulación en los Estados Unidos es patente cuando el grupo asesor en nanotecnología de la Food and Drug Administration (FDA) se limita a proponer a la Administración como "fuente guía para los productores sobre cuando el uso de nano-ingredientes podría (sic.) requerir la entrega de información adicional" (Food and Drug Administration, 2007: iii). Al tiempo, precisa que la valoración de la FDA sobre el etiquetamiento de propiedades declaradas optativamente por el productor, no necesariamente incluye información sobre el uso de nanomateriales dado que:

...la oportunidad de la agencia para corroborar tal información dependerá de si el nanomaterial fue relacionado a los fundamentos de tales declaraciones y, si así lo fue, de que tal información sobre el nanomaterial haya sido entregada a la agencia, e.g. sea por medio de una forma de solicitud o de modo voluntario (Food and Drug Administration, 2007: 29).

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ALIMENTACIÓN Y DESARROLLO, A.C.

En Alemania sucede algo peculiar pues, en efecto, el gobierno desde el Ministerio Federal para la Educación y la Investigación (BMBF) muestra públicamente su interés por indagar (y eventualmente regular) los potenciales riesgos ambientales y a la salud de las nanotecnologías. Para ello ha lanzado el grupo de trabajo NanoCare que, entre otros actores, involucra la participación de trece socios de la iniciativa privada.⁷ Lo llamativo es que, en pleno conflicto de intereses, quien hace las simulaciones tóxicas de algunas nanoestructuras son Bayer y Basf que, a su vez y al igual que otras empresas, están interesadas en identificar propiedades tóxicas y ecotóxicas de las nanoestructuras para detectar potenciales aplicaciones (Richter, 2007). Así, mientras las corporaciones rentabilizan su participación para, entre otras cuestiones, construirse una imagen pública positiva, el gobierno hace lo suyo sin afectar o comprometer los intereses del nanonegocio (Bayer, 2006).

A la par de esta situación se identifica una cierta aceptación a la certificación optativa de nano procesos por parte del sector privado, algo que igualmente se puede leer como un mecanismo corporativo útil a la construcción de una imagen pública positiva. Este servicio ya lo presta la empresa Cenarios (Alemania) que realiza análisis de riesgo y prospectivas de futuro con base en herramientas que son en sí mismas una caja negra. Dando por hecho que en el avance de la CyT no existe la incertidumbre ni la ignorancia, a pesar de que se sabe que aquella de vanguardia se sitúa en la frontera de lo desconocido, Cenarios se presenta como un ente que ofrece certificaciones "objetivas" bajo un *slogan* que es cuando menos irreal en términos de la lógica del conocimiento (no del negocio, ciertamente): "Escoge certeza. Agrega valor" (Cenarios, sin fecha).

En un tenor similar, la Asociación de Industrias Nanotecnológicas, Insight Investment, la Red de Transferencia de Conocimiento en Nanotecnología y la Royal Society, todas de Reino Unido, lanzaron en julio de 2007 una iniciativa para desarrollar un "*nanocódigo de responsabilidad*" que establezca los principios de buenas prácticas para los nano-negocios.⁸ Es decir, de un pronunciamiento que, aunque válido, no implica ningún compromiso por *de facto*. Útil también para la construcción de una imagen pública positiva de la nanoindustria, no extraña que entre los miembros del grupo de trabajo para la elaboración de dicho nanocódigo, estén multinacionales como BASF (Alemania), Unilever (Reino Unido/Holanda) o Smith y Nephew (Reino Unido).

Lo arriba señalado se enmarca en un panorama mundial de generalizada ausencia de regulación, pues no existen, al menos hasta el 2008, lineamientos precisos sobre la estandarización de nanomateriales; sobre la calidad y seguridad de los procesos productivos que hacen uso de nanosoluciones, ni tampoco sobre los productos que son vendidos en el

⁷ Está compuesto por tres proyectos puntuales: NanoCare, INOS y TRACER. Los socios empresariales clave son: Degussa AG, BASF AG, Bayer MaterialScience AG, Solvay Infra Bad Hönningen GmbH and SusTech GmbH & Co.KG. Scientific partners include the Universities of Münster, Bielefeld and Saarbrücken and the Karlsruhe Research Centre. El financiamiento gubernamental de 2006 a 2009 asciende a ocho millones de euros. www.nanopartikel.info

⁸ Para la página de la iniciativa, vaya a: www.responsiblenanocode.org Para los sitios web de los convocantes de la iniciativa: www.nanotechia.co.uk; www.insightinvestment.com; www.royalsoc.ac.uk; y http://mnt.globalwatchonline.com/epicentric_portal/site/MNT/?mode=0

mercado internacional. Desde luego, mucho de ello se debe, en buena medida, al hecho de que se desconocen las características toxicológicas del grueso de nanomateriales.

A modo de reflexión final

En la coyuntura de toma de decisiones y del manejo, o no, del riesgo, e independientemente de la manera en la que éste sea gestionado (pro-activa y/o reactivamente; ya sea en el "aquí y el ahora" o en el "hoy, aquí, el mañana y allá"), Andrew Maynard sugería a principios de 2006 que los gobiernos y la industria debían incrementar su gasto en investigación sobre los peligros ambientales y a la salud de las nanotecnologías. Maynard explica que de los cerca de seis mil mdd de dólares que gastaron solamente los gobiernos en 2005 en IyD nanotecnológico a nivel mundial, sólo fueron destinados a ese tipo de investigaciones entre unos 15 y 40 millones por año (Sin autor, 2006-B: 25).⁹ ¿Es suficiente? cuestionaba Maynard al tiempo que respondía: "...bueno, creo que eso depende de qué tan serios somos en cuanto al desarrollo de nanotecnologías seguras" (Sin autor, 2006-A: 7).

Para Brian Wynne, el asunto debe asumirse prudentemente en términos de regulación y etiquetamiento pues, de no hacerse, es de esperarse que llegue el tema a los titulares noticiosos de modo indeseable (Sin autor, 2006-D). Ello se debe, detalla Wynne, porque asumir que la gente se opone a la aplicación de nuevas tecnologías meramente por ignorancia, es algo peligroso e ingenuo (Sin autor, 2006-D). Y es que, en efecto, poca gente ha escuchado alguna vez la palabra "nanotecnología", y mucho menos, sabe qué es. Se trata de un panorama que, según la European Food Safety Authority, se refleja en una gran indiferencia sobre el tema, más allá de su rechazo (Sin autor, 2008-B).

No es entonces casual que Strand observe que,

...mientras unos sugieren la necesidad de una plataforma de conocimiento estratégico sobre las percepciones del público desde la cual se pueda actuar sobre éstas y modificarlas, otros prefieren mantener el caso abierto independientemente de si el público tiene buenas o malas razones para estar en contra...enfaticando la necesidad de comprender y aprender a partir del análisis de las diversas perspectivas que están presentes en el debate. La mayoría tendería a coincidir, sin embargo, en que la situación actual de desconfianza entre el público y el *establishment* tecnológico es altamente indeseable y costoso (Strand, 2006).

En tal sentido, se llama al diálogo y debate constructivo y participativo como plataforma de análisis general y particular del avance de la nanotecnología y sus implicaciones pues, si bien, lo novedoso genera reacciones encontradas, lo que es cierto es que la nanotecnología no será la excepción tecnológica: generará resultados positivos y negativos. La diferencia se puede hacer al estimular un desarrollo socialmente dialogado y consensuado a modo de minimizar costos innecesarios, distribuir el riesgo y socializar y potenciar los beneficios.

⁹ Datos incompletos de Rejeski vertidos ante la Cámara de Representantes de Estados Unidos en 2005 hablan de un monto de unos 23 millones de dólares en más de 150 proyectos en medio ambiente, salud y seguridad de las nanotecnologías en ocho agencias distintas en Estados Unidos, Canadá y la Unión Europea (Rejeski, 2005).

Bibliografía

- Altieri, M. A (2000) "The Ecological Impacts of Transgenic Crops on Agroecosystem Health" en *Ecosystem Health*. 6. EUA.
- AzoNano (2003) "Nanofibers to Be Used in Drug Delivery, Gene Therapy, Crop Engineering and Environmental Monitoring. AzoNano.com" en: www.azonano.com/details.asp?ArticleID=114 <<http://www.azonano.com/details.asp?ArticleID=114>> (Consultado 2 de febrero de 2009).
- Baker, S. y A. Aston (2005) "The Business of Nanotech" en *Business Week*. 14 de febrero. EUA.
- Bayer (2006) "Bayer participa en 'NanoCare'". Bayer México. 20 de febrero. En: www.bayer.com.mx/bayer/cropscience/bcsmexico.nsf/id/Bayparen%E2%80%9C9Cna_BayESP (Consultado el 1 de julio de 2008).
- Britton, S. (2008) "High Cost of Nanotechnology Means Manufacturers Miss Out" en *Food Manufacture*. Reino Unido, 19 de mayo. En: www.foodmanufacture.co.uk/news/fullstory.php/aid/6397/High_cost_of_nanotechnology_means_manufacturers_miss_out.html (Consultado el 2 de febrero de 2009).
- Cenarios (sin fecha) En: www.tuev-sued.de/technische_anlagen/risikomanagement/nanotechnologie/zertifizierung (Consultado el 1 de julio de 2008).
- Chen, H., Weiis, J. y Shahidi, F. (2006) "Nanotechnology in Nutraceuticals and Functional Foods" en *Food Technology*. Vol. 60, no. 3. Marzo, EUA. Disponible en: <http://members.ift.org/NR/rdonlyres/4A403244-F5EF-428F-A53F-F31B8730BFD8/0/0306nano.pdf> (Consultado el 2 de febrero de 2009).
- Científica (2008) *Nanotechnology Opportunity Report*. 3rd edition. EUA.
- Delgado, G. C. (2002) *La amenaza biológica: mitos y falsas promesas de la biotecnología*. Plaza y Janés. México.
- (2007) "Alcances y límites del sistema científico tecnológico chino" en *CONfines*. México, Vol. 3, no. 5.
- (2008) *Guerra por lo invisible: negocio, implicaciones y riesgos de la nanotecnología*. México, Ceiich.
- Dunn, J. (2004) "A Mini Revolution" en *Food Manufacture*. Londres, Reino Unido. 1 de Septiembre. En: www.foodmanufacture.co.uk/news/fullstory.php/aid/472/ Consultado el 2 de febrero de 2009.
- ETC Group (2004a) "Atomically Modified Rice in Asia?" en *News Release*. Canadá.
- (2004b) *Down on the Farm: The Impact of Nano-scale Technologies on Food and Agriculture*. Canadá.
- Feder, B. (2004) "Nanotech IPOs, Without a Product" en *The International Herald Tribune*. 26 de mayo.
- (2006) "Nanotech-based Synthetic Food Colorines, Frying Oil Preservatives and Packaging Coated with Antimicrobial Agents Have Quietly Entered the Market" en *New York Times*. EUA, 11 de octubre.
- Foladori, G. e N. Invernizzi (2007) "Los trabajadores de la alimentación y la agricultura cuestionan las nanotecnologías." *Rel-UITA*, 28 de mayo. Uruguay.
- Food and Drug Administration (2007) *Nanotechnology*. Nanotechnology Task Force. EUA.

- Helmuth Kaiser Consultancy (2004) *Nanotechnology in Food and Food Processing Industry Worldwide*. Zurich, Suiza.
- Ho, M-W y Ching, L. L. (2003) "En defensa de un mundo sustentable sin transgénicos." (redactores) en *Grupo de Ciencia Independiente*. Londres, Reino Unido, 15 de julio.
- Holman, M. (2007) "Top Nations in Nanotech See Their Lead Erode" en *Lux Research*. Nueva York, EUA.
- IFST (2006) "Nanotechnology" en *Information Statement*. Institute of Food Science & Technology Trust Fund. Reino Unido.
- ISO (2008) *Nanotechnologies - Health and Safety Practices in Occupational Settings Relevant to Nanotechnologies*. Suiza, 1 de octubre.
- Joseph, T. y Morrison, M. (2006) *Nanotechnology in Agriculture and Food. Nanoforum Report*. Institute of Nanotechnology. Reino Unido.
- Lawrence, S. (2005) "Nanotech Grows Up. Funding for R&D Doubled in 2004" en *Technology Review*. EUA, vol. 13. Junio.
- Lux Research (2006) *The Nanotech Report. Investment Overview and Market Research for Nanotechnology*. Lux Research. Nueva York, EUA.
- Mazzola, L. (2003) "Comercializing Nanotechnology" en *Nature Biotechnology*. 21(10), EUA.
- Mooney, P. (1999) *The ETC Century*. RAFI. Canadá.
- Nordan, M. (2005) "Nanotechnology: Where Does the US Stand?" en *Lux Research. Testimonio ante la House Committee on Sciences*, EUA.
- NSF (2004) *Science & Engineering Indicators 2004*. Vol. 2, EUA.
- ONWorld (sin fecha) "Wireless Sensor Networking: \$7 billion market by 2010" Press Release. En www.onworld.com/html/newswirelessensors2.htm <<http://www.onworld.com/html/newswirelessensors2.htm>> (Consultado el 2 de febrero de 2009).
- Paull, W., Hebert y Sinkula (2003) "Investing in Nanotechnology" en *Nature Biotechnology*. 21(10), EUA.
- Rejeski, D. (2005) "Environmental and Safety Impacts of Nanotechnology: What Research is Needed?" Pronunciamiento ante el Comité de Ciencia de la Casa de Representantes, EUA.
- Richter, V. (2007) *Presentación oral en el EuroNano Forum 2007*. Dusseldorf, Alemania, 20 de junio.
- Roco, M. (2004) "Nanoscale Science and Engineering: Unifying and Transforming Tools" en *American Institute of Chemical Engineers Journal*. Vol. 50, núm. 5, EUA.
- (2006) "Progress in Governance of Converging Technologies Integrated from the Nanoscale" en *Annals of the New York Academy of Science*. Vol. 1093, EUA.
- Royal Society, The (2004) *Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties*. Reino Unido.
- Scott, N. y Chen, H. (2003) *Nanoscale Science and Engineering for Agriculture and Food*. National Planning Workshop (coords), 18-19 noviembre de 2002. Informe para el Departamento de Agricultura de EUA. EUA.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ALIMENTACIÓN Y DESARROLLO, A.C.

- Shefer, A. y Shefer, S. (2006) "The Application of Nanotechnology on the Food Industry" en *Foodtech International*. EUA. En: <http://www.foodtech-international.com/papers/application-nano.htm> (Consultado el 2 de febrero de 2009).
- Sin autor (2003) "Securely Wrapped. Nanoparticles Make Durethan® Films Airtight and Glossy" en *Bayer Research*. Núm. 15, Alemania. Disponible en: www.research.bayer.com/edition_15/15_polyamides.pdf
- (2005) "New Consortium to Secure Safe and Healthy Food" en *Press Release*. 14 de junio. En: www.scanbalt.org/sw4126.asp <<http://www.scanbalt.org/sw4126.asp>> (Consultado el 2 de febrero de 2009).
- (2006a) "Nano Safety Call" en *New Scientist*. EUA, 11 de febrero de 2006, 7.
- (2006b) "Nanodollars" en *New Scientist*. EUA, 25 de febrero, 2006: 25.
- (2006c) *Smart Packaging Markets; 2006-2013*. NanoMarkets LC. EUA, abril de 2006.
- (2006d) "Nanoparticles Loom Large, Warns Scientist" en *Food Manufacture*. Reino Unido, 2 de mayo.
- (2006e) "Nanoparticles Set to Help Food Producers Keep their Processing Equipment Cleaner" en *Food Manufacture*. Reino Unido, 1 de junio.
- (2007) "It's a Small World...and Getting Smaller" en *Food Manufacture*. Reino Unido, 1 de febrero.
- (2008a) "Researchers Explore Ways to Reduce Salt Levels in Food, while Retaining Product Taste" en *Food Manufacture*. Reino Unido, 2 de enero.
- (2008b) "Consumers Show Lack of Understanding and Indifference, Rather than Opposition" en *Food Manufacture*. Reino Unido, 25 de enero.
- Strand, R. (2006) "Estudios ELSA en nanociencia y nanotecnología: una observación metodológica" en Foladori, G. e Invernizzi, N. (coord.) *Nanotecnologías disruptivas. impactos sociales de las nanotecnologías*. Porrúa, México.
- Syngenta (sin fecha) Página electrónica de filial en Australia. En: www.syngenta.com.au/Start.aspx?PageID=10101&ProductID=294042&menuId=2053. (Consultada el 1 de julio de 2008.)
- Takhistoy, P., Weiss, J. y McClements, J. (2006) "Food Nanotechnology" en *Journal of Food Science*. Vol. 71, núm. 9. EUA.
- Watson, E. (2007) "Nanoparticles in Food Warning" en *Food Manufacture*. Londres, Reino Unido. 1 de Junio. En: http://www.foodmanufacture.co.uk/news/fullstory.php/aid/4902/Nanoparticles_in_food_warning.html (Consultado el 2 de febrero de 2009).
- Youtie, J., Aspira, P. Porter, A. L. (2008) "Nanotechnology Publications and Citations by Leading Countries and Blocs". *Journal of Nanoparticle Research*. SpringerLink. Holanda.

