



NANOTECNOLOGIA EN LOS ALIMENTOS

MONICA PATRICIA PINZON RUIZ

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA "UNAD"
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA DE ALIMENTOS
CEAD ZIPAQUIRÁ. CUNDINAMARCA**

2010

NANOTECNOLOGIA EN LOS ALIMENTOS

MONICA PATRICIA PINZON RUIZ

Monografía para optar el título de Ingeniera de Alimentos

Director:

Dr. EDWIN EDUARDO RODRÌGUEZ MELENDEZ

Microbiólogo

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA “ UNAD”

ESCUELA DE CIENCIAS BASICAS E INGENIERIA

PROGRAMA DE INGENIERIA DE ALIMENTOS

ZIPAQUIRA

2010

Nota de aceptación:

Jurado

Jurado

Director

Zipaquirá, Abril de 2010

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor y director de trabajo de grado, por su apoyo incondicional, dedicación y guía en este documento, ya que con su saber, su profesionalismo permitió que culminara eficazmente mi carrera.

A la Ingeniera Liliana Becerra por su entrega, por sus grandes aptitudes cognoscitivas, por su experiencia, don de gente y gran compromiso en el aprendizaje de los estudiantes, logrando hacernos crecer como personas y como profesionales.

A mis demás tutores Ingeniero Luis Alfredo Sarmiento, Ingeniera Angeli Arias y a mis compañeros de estudio Nelly y Pedro por su amistad y apoyo en este proceso de aprendizaje y de crecimiento.

Algo grande está pasando en el mundo más pequeño, la ingeniería molecular o nanotecnología se convierte en una de las disciplinas estrella en el Planeta.

CONTENIDO

	Pág.
PRÓLOGO	
INTRODUCCIÓN	
1. TITULO	20
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	21
2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	21
3. OBJETIVOS	22
3.1 OBJETIVO GENERAL	22
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
4. HIPÓTESIS	23
5. VARIABLES	24
5.1 INDEPENDIENTE	24
5.1.1 Los indicadores	24
5.2 DEPENDIENTE	24
5.2.1 Los indicadores	24
6. JUSTIFICACIÓN	25
7. MARCO TEÓRICO	27
7.1 DEFINICIÓN DE ÁTOMO	27
7.2 MOLÉCULA	28

7.3 LOS BIOELEMENTOS	29
7.3.1 Bioelementos primarios	29
7.3.2 Bioelementos secundarios	31
7.3.3 Oligoelementos o elementos vestigiales	32
7.4 BIOMOLÉCULAS	32
7.5. ALIMENTO	33
7.5.1 Estructura de los alimentos	34
7.5.2 Componentes de los alimentos	35
7.5.2.1 El agua	35
7.5.2.2 Carbohidratos	37
7.5.2.1.1 Monosacáridos	38
7.5.2.1.2. Oligosacáridos	39
7.5.2.1.3 Polisacáridos	40
7.5.2.3 Proteínas	41
7.5.2.4 Lípidos	46
7.5.2.5 Vitaminas	50
7.5.2.6 Enzimas	51
8. LA NANOTECNOLOGIA	53
8.1 NANO	53
8.2 NANOCIENCIA	54
8.3 NANOTECNOLOGÍA	54

8.3.1 Nanotecnología húmeda	57
8.3.2 Nanotecnología seca	57
8.4 NANOPARTÍCULAS	57
8.5 NANOMATERIALES	58
8.6 NANOFABRICACIÓN	59
8.6.1 Métodos de nanofabricación	60
8.6.2 Técnicas de nanofabricación	61
8.7 NANOALIMENTO	62
8.8 SURGIMIENTO DE LA NANOTECNOLOGIA	63
8.9 ACONTECIMIENTOS HISTORICOS RELEVANTES PARA Y EN EL DESARROLLO DE LA NANOTECNOLOGIA	65
8.10 LA NANOTECNOLOGIA EN AMÉRICA LATINA	69
8.11 CAPACIDADES COLOMBIANAS EN NANOTECNOLOGIA	71
8.12 INFRAESTRUCTURA CON LA QUE CUENTA COLOMBIA	71
8.13 UNIVERSIDADES COLOMBIANAS QUE INVESTIGAN EN NANOTECNOLOGÍA.	72
8.14 ASPECTOS FAVORABLES Y DESFAVORABLES QUE PUEDEN PROPICIAR EL DESARROLLO DE LA NANOTECNOLOGÍA	73
8.15 IMPLICACIONES PARA COLCIENCIAS Y PROPUESTAS DE DESARROLLO PARA COLOMBIA	74
8.16 EMPRESAS COLOMBIANAS QUE HAN IMPLEMENTADO NANOTECNOLOGÍA A NIVEL INDUSTRIAL	75
9. LA NANOTECNOLOGÍA Y SU APLICABILIDAD EN LA INDUSTRIA	77
9.1 ELECTRONICA, ENERGIA E INFORMATICA	77

9.2 NANOTECNOLOGÍA Y COSMÉTICOS	78
9.3 INDUSTRIA TEXTIL	79
9.4 ELECTRODOMÉSTICOS	82
9.5 MEDICINA	83
9.5.1 Materiales nanoestructurados para mejores implantes	83
9.5.2 Nanotecnología para combatir bacterias	84
9.5.3 Transporte de medicinas	84
9.5.4 Quemando tumores	85
9.6 TRANSPORTE	86
9.7 DEPORTES	87
9.8 AGRICULTURA	89
10. NANOTECNOLOGIA EN LOS ALIMENTOS	92
10. 1 NANOTECNOLOGÍA Y PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS	96
10.2 APLICACIONES EN ACEITES, GRASAS Y OTROS	102
10.3 NUTRACÉUTICOS	105
10.4 BIOSENSORES	108
10.4.1 Microarrays o biochips	109
10.4.2 Nariz Electrónica	109
10.4.3 Lengua Electrónica	110
10.4.4 Sensores químico	111
10.5 METODOS MODERNOS DE PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS QUE PRODUCEN NANOPARTICULAS	113

10.6 NANOTECNOLOGIA EN EL ENVASADO DE ALIMENTOS Y EN MATERIAÑLES EN CONTACTO CON ALIMENTOS	114
10.6.1 Nano envasado que libera sustancias químicas	119
10.6.2 Nano agentes antimicrobiano en envases y materiales en contacto con alimentos	121
10.6.3 Nano recubrimientos en comestibles	122
10.6.4 Material de envasado con nano sensores y nano sistemas de seguimiento y rastreo	123
10.6.5 Nanomateriales de envasado biodegradables	124
11. VENTAJAS, PREOCUPACIONES Y RIESGOS QUE PUEDE TRAER LA NANOTECNOLOGÍA	127
11.1 VENTAJAS	127
11.1.1 En el campo ambiental	127
11.1.2 En el campo de la salud	128
11.1.3 En el campo del agro y la alimentación	128
11.1.4 En el campo socio político – económico	129
11.2 PREOCUPACIONES Y RIESGOS	130
11.2.1 En el campo de la salud	130
11.2.2 El campo Medio ambiente	130
11.2.3 En la alimentación y la agricultura	131
12. CONCLUSIONES	144
RECOMENDACIONES	147
BIBLIOGRAFIA	148
ANEXOS	157

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Técnicas de nanofabricación	61
Cuadro 2. Aspectos que pueden propiciar el desarrollo de la nanotecnología	74
Cuadro 3. Multinacionales pioneras en investigación y desarrollo de nanotecnología muestras	90
Cuadro 4. Ejemplo de usos de nanomateriales en alimentos y envasado de alimentos	95
Cuadro 5. Compañías de la industria agrícola y alimentos dedicadas actividades de investigación y desarrollo en el campo de la nanotecnología	96
Cuadro 6. Ejemplos de aplicaciones a nanoalimentos funcionales	106
Cuadro 7. Principales aplicaciones de los embalajes activos, Inteligentes e ingeniosos	118
Cuadro 8. Ejemplo de nanomateriales de envasado que liberan sustancias químicas en etapa de desarrollo	120
Cuadro 9. Nano agentes antibacterianos en envases y materiales en contacto con alimentos	121
Cuadro 10. Materiales de envasado con nano-sensores en etapa de desarrollo	123
Cuadro 11. Desarrollo de bioplásticos nanocompuestos	125
Cuadro 12. Evidencias científicas de la toxicidad de nanomateriales usados hoy comercialmente en la industria de los alimentos	136
Cuadro 13. Nanomateriales en envasado de alimentos	158
Cuadro 14. Nanomateriales en envasado de alimentos	159

Cuadro 15. Nanomateriales en alimentos y bebidas	160
Cuadro 16. Nanomateriales en artículos de la cocina	161
Cuadro 17. Nanomateriales en alimentos y bebidas	162
Cuadro 18. Nanomateriales en alimentos y bebidas	163
Cuadro 19. Nanomateriales en aditivos de alimentos	164
Cuadro 20. Nanomateriales en suplementos alimenticios/nutriciols	165
Cuadro 21. Nanomateriales en suplementos alimenticios	166
Cuadro 22. Nanomateriales en suplementos alimenticios	167
Cuadro 23. Algunas patentes de nanotecnología para Comestibles y su empaçado	168

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura del átomo	28
Figura 2. Molécula de carbono 60	30
Figura 3. Estructura de la molécula de agua	36
Figura 4. Estructura Lineal- Formación del Anillo monosacáridos	38
Figura 5 Estructura de la fructuosa	39
Figura 6. Moléculas de disacáridos	40
Figura 7. Alfa Amilosa	41
Figura 8. Estructura básica de los aminoácidos	42
Figura 9. Algunos aminoácidos	42
Figura 10. Estructura primaria de las proteínas	43
Figura 11. Estructura secundaria de las proteínas-conformación. alfa y beta	44
Figura 12. Estructura terciaria de las proteínas.	45
Figura 13. Estructura Cuaternaria	46
Figura 14. Polialcohol de tres átomos de Carbono.	47
Figura 15. Acido graso saturado y ácido graso insaturado	48
Figura 16. Lípido Complejo principal constituyente de las membranas celulares.	49
Figura 17. Enzima	51
Figura 18. Tamaño relativo de objetos pequeños	53
Figura 19. Comparación tamaños a nanoescala	56
Figura 20. Esquema de sistemas de nanopartículas	107
Figura 21. Prototipo de nariz electrónica	110
Figura 22. Lengua electrónica	111

LISTA DE GRÀFICAS

	Pág.
Gràfica 1. Porcentaje de participación de las Universidades Colombianas en las publicaciones indexadas de nanociencia y nanotecnología.	73

GLOSARIO

ÁTOMO: es la unidad más pequeña de un elemento químico que mantiene su identidad o sus propiedades y que no es posible dividir mediante procesos químicos.

BIOCHIP: un biochip es un dispositivo a pequeña escala, análogo a un circuito integrado, ensamblado de o usado para analizar moléculas orgánicas asociadas con los organismos vivientes.

BUCKYBALLS: nano-estructura compuesta de 60 átomos de carbono (también conocidos como C60 estructurados en un espacio cerrado y perfectamente simétrico).

BUCKYTUBES: los Buckytubes son tubos de forma de malla hechos de moléculas de carbono en forma de domo geodésico.

FULLERENOS: los fullerenos son macromoléculas de carbono individuales, con estructuras cerradas formadas por varias decenas de átomos de carbono únicamente. Los fullerenos son una forma alotrópica del carbono.

MICROARRAYS: una colección (array) es un gran consiste en un gran número de moléculas ordenadas sobre un sustrato sólido de manera que formen una matriz de secuencias en dos dimensiones.

MICRÓN: es una millonésima de un metro, o, una milésima parte de un milímetro.
 mW/cm^2 : equivalente a un mili Vatio (unidad de potencia) ejercido sobre un centímetro cuadrado.

NANOALIMENTOS: son todos aquellos alimentos que hayan utilizado nanotecnología para, durante su producción y/o empaquetado.

NANOBIOSENSORES: son una nueva generación de biosensores que se están desarrollando actualmente mediante varias estrategias top-down y bottom-up de la nanotecnología.

NANOBIOSENSORES FOTÓNICOS: son nanobiosensores basados en nanopartículas de oro o magnéticas que interactúan con los cuantos de energía de la radiación electromagnética llamados fotones.

NANOSENSORES: dispositivo diseñados nanométricamente encargados de detectar una determinada acción externa, temperatura, presión, compuesto químico etc.

NANOESCALA: relativo a la dimensión de 0 a 100 nanómetros.

NANOESTRUCTURA: distribución y orden de las partes de un cuerpo estructurado a nanoescala.

NANOLABORATORIOS: frente a los laboratorios convencionales que ocupan amplias salas, podrán diseñarse auténticos centros de investigación del tamaño de un microchip.

NANOMATERIA: relativo a la materia estructurada a escala nanométrica.

NANOMEDICAMENTOS: son medicamentos que utilizan la nanotecnología para su diseño y/o modificación.

NANOTRANSPORTADORES: son de gran eficacia a la hora de transportar fármacos y ADN. Lo que facilita la capacidad de dirigir con precisión un fármaco a la localización deseada en el cuerpo, tal como la de órganos particulares o células específicas.

NANOPARTÍCULAS: es una pieza pequeña de materia, compuesta de un elemento particular o un compuesto de elementos. Lo típico es que midan menos de 100 nanómetros de diámetro. El término puede referirse a un amplio rango de materiales, incluida la materia particulada que expulsa el tubo de escape de un automóvil.

NANOSHELLS: son nanopartículas que se conforman por una delgada capa metálica generalmente de oro, de unos 8 a 10 nanómetros que recubre una estructura esférica de silicio de un diámetro aproximado de unos 100 nanómetros

PROLOGO

Las nanociencias y las nanotecnologías son nuevas áreas de investigación y desarrollo cuyo objetivo es el control del comportamiento y la estructura fundamental de la materia a nivel atómico y molecular. Estas disciplinas abren las puertas a la comprensión de nuevos fenómenos y al descubrimiento de nuevas propiedades susceptibles de ser utilizables a escala macroscópica y microscópica. Los cambios sustanciales en los materiales obtenidos mediante esta tecnología es lo que le ha permitido sus aplicaciones en diferentes disciplinas.

La nanotecnología ha tenido un desarrollo excepcional especialmente en sectores tales como las telecomunicaciones, Medicina, Automoción, Industria Aeroespacial, la construcción y es en la actualidad que se está mostrando su potencial en la industria alimentaria. La aplicación más inmediata se ha dado en el campo de los envases, etiquetado, monitorización, antimicrobianos, liberación de nutrientes, nuevas texturas, procesado de alimentos y del desarrollo de la sensorica aplicada al control de la calidad y la seguridad alimentaria. No obstante, la aplicación en los alimentos requiere de amplios estudios sobre los posibles efectos de estos nuevos materiales y componentes para garantizar una correcta y segura aplicación a todos los niveles. Es importante además una difusión correcta a la sociedad de todas las ventajas que esta nueva tecnología nos depara y la confianza en su aplicación.

INTRODUCCION

Las ciencias, en el presente siglo, están creciendo a una velocidad exponencial, si se compara con épocas anteriores, y estos avances han hecho posibles aplicaciones en todos los sectores de la industria y la academia. Uno de los mayores adelantos, que debido a su complejidad ha generado interdisciplinariedad entre áreas como química, física, biología, Ingeniería entre otras, es la nanotecnología

La nanotecnología precisamente sin ser un área específica de la ciencia o de la ingeniería, integra un conjunto de teorías y procesos orientados a investigar y desarrollar técnicas de manipulación y control de la materia a escala nanométrica, con el fin de fabricar materiales, dispositivos y sistemas capaces de autoensamblarse y replicarse dentro de un esfuerzo canalizado hacia la imitación biológica con funciones y propiedades predeterminadas.

Cuando se manipula la materia a la escala tan minúscula de átomos y moléculas, demuestra fenómenos y propiedades totalmente nuevas. Por lo tanto, científicos utilizan la nanotecnología para crear materiales, aparatos y sistemas novedosos y poco costosos con propiedades únicas.

Este nuevo paradigma multidisciplinario se perfila en la actualidad como una de las fronteras del conocimiento de mayor impacto en la transformación de la sociedad que transita los comienzos del siglo XXI.

De ahí que este trabajo o revisión bibliográfica, se enmarca en un esfuerzo por estudiar el origen, desarrollo de la nanotecnología, sus aplicaciones en algunas ciencias como la medicina, la farmacéutica, las comunicaciones, el medio

ambiente, entre otros y su uso específicamente en los productos alimenticios, sus beneficios, peligros e impactos que esta pueda traer para el hombre.

El documento se encuentra enmarcado en el área de investigación de ingeniería de alimentos, como lo es la biotecnología, y se cimentó fundamentalmente en documentación bibliográfica como libros, artículos científicos, revistas y páginas de internet, presentados en los últimos 9 años.

1. TITULO

“NANOTECNOLOGIA EN LOS ALIMENTOS”

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Teniendo en cuenta que la nanotecnología y los nanomateriales , al igual que con cualquier otra tecnología nueva pueden dar lugar a muchos avances para la sociedad y beneficios para el medio ambiente , y que también pueden plantear nuevos desafíos para la salud, la seguridad ambiental y probablemente causar algunos impactos sobre la sociedad; es necesario dar a conocer de manera más amplia esta nueva técnica , su funcionamiento, aplicación en la elaboración, procesamiento y empaquetado en los alimentos y un mayor conocimiento sobre los beneficios y riesgos que esto pueda generar en la salud de las personas y el medio ambiente.

2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son los beneficios y perjuicios de la nanotecnología en los alimentos?

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Investigar sobre la nueva técnica de reestructuración de los alimentos a nivel atómico o molecular y sus efectos positivos o negativos en la población y el medio ambiente.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Exponer por medio de una revisión bibliográfica las generalidades de la nanotecnología y su importancia.
- Establecer la historia de la nanotecnología, a quien se debe su origen, quien la descubrió.
- Conocer las aplicaciones de la nanotecnología en las diferentes áreas del conocimiento.
- Conocer la aplicación de la nanotecnología en la industria alimentaria, que nanoalimentos existen, que empresas están utilizando esta técnica sus productos
- Establecer los pro y contra de la nanotecnología en los alimentos

4. HIPOTESIS

De acuerdo a la información bibliográfica sobre la nanotecnología en los alimentos, se puede afirmar que esta nueva técnica trae grandes beneficios en la producción, empaquetado, conservación y transporte de los alimentos, contribuyendo a la preservación e inocuidad de los alimentos, mejorando su nivel nutricional y logrando disminuir costos.

5. VARIABLES

5.1 INDEPENDIENTE

Estudio de la nanotecnología en los alimentos.

5.1.1 Los indicadores

- Investigación de publicaciones prácticas sobre el tema.
- Antecedentes bibliográficos de las temáticas que argumenten que la nanotecnología en los alimentos presentan grandes beneficios pero también riesgos para la humanidad.

5.2 DEPENDIENTE

Adquisición de la información Bibliográfica, Historia de la nanotecnología, campos de aplicación ejemplo en los alimentos, y una comparación con otras tecnologías, sus pro y contras.

5.2.1 Los indicadores

- Datos teóricos sobre el tema
- Importancia de la nanotecnología en los alimentos
- Datos de la aplicabilidad en las diferentes disciplinas y en los alimentos.

6. JUSTIFICACION

El hombre ha ido buscando la manera de facilitar el proceso de su evolución y los procesos asociados a ellos. A medida que pasa el tiempo se han creado mecanismos cada vez más específicos y sofisticados para satisfacer necesidades primordiales y a la vez son perfeccionados . Al mismo tiempo que el hombre evoluciona, aumentan sus necesidades y su ambición de mejorar su nivel de vida. De la manufactura artesanal sencilla dirigida a un público minoritario , pasa a la manufactura industrial, sofisticada , impregnada de ciencia y tecnología , que satisface las necesidades de un mercado más amplio, en este caso un País.

El desarrollo o subdesarrollo de una nación se mide en gran parte por su avance industrial, tecnológico y estando según los científicos en una nueva revolución industrial, es relevante analizar la nanotecnología ver desde el punto de vista de las diferentes disciplinas y en particular el sector alimentario

La nanotecnología es una tecnología aplicada que se espera de lugar a cambios mayores en muchos sectores de la industria y que contribuya a la creación de materiales, dispositivos y productos novedosos. Se trata de una técnica que permite la utilización, manipulación y exploración de materias a nivel nanométrico; es decir, átomos y moléculas. Un nanómetro (nm) es un metro dividido en un millón de partes

Los alimentos son nanoalimentos cuando se utilizan técnicas o herramientas nanotecnológicas , donde se hace una reestructuración de los alimentos a nivel atómico o molecular durante su cultivo, producción, procesado o empaquetado, (esto no implica alimentos modificados a nivel atómico o producidos por nanomáquinas) con el fin de mejorar la seguridad alimentaria , realzar la nutrición y el sabor de los alimentos ,mantener su frescura y abaratar costos ; sin embargo, después de la polémica que los alimentos y organismos genéticamente

modificados han causado, los nanoalimentos parecen ser el siguiente campo de batalla en términos de seguridad y de regulación en todo el Mundo.

Siendo tan amplio, complejo e importante este tema en el sector alimentario es que se precisa indagar más sobre él y establecer hasta que punto realmente ellos vienen o no a favorecer a la humanidad.

7. MARCO TEORICO

7.1 DEFINICION DE ATOMO

Todas las cosas que existen en el universo están constituidas por materia, aquella que posee masa y ocupa un lugar en el espacio. La masa es una propiedad de la materia que determina su resistencia a ser puesta en movimiento y que generalmente se entiende como peso. Un cuerpo posee mayor o menor peso dependiendo de la mayor o menor resistencia que ofrezca a ser levantado o movido, esta propiedad y la de ocupar un lugar en el espacio, son características de la materia en cualquiera de sus estados físicos: sólido, líquido o gaseoso.

Los átomos son los adoquines o ladrillos que constituyen la materia, se pueden imaginar como corpúsculos, tan diminutos que en un milímetro de longitud cabrían entre dos y diez millones de átomos alineados.

En un cuerpo sólido es una agregación de átomos que están muy cercanos el uno del otro, de tal forma que adquieren forma y volumen definidos. En un líquido la disposición de átomos no es tan compacta, por lo que no posee una forma definida aunque su volumen está bien delimitado. En el caso de los gases las partículas se encuentran tan separadas que no poseen forma ni volumen definidos, sino que adoptan el volumen y la forma del recipiente que los contiene.

El mundo material que nos rodea está formado por diversas sustancias compuestas por átomos. Existen más de un centenar de átomos diferentes, lo que significa que hay alrededor de cien elementos químicos: 90 que son naturales y 15 que han sido fabricados artificialmente por el hombre.¹

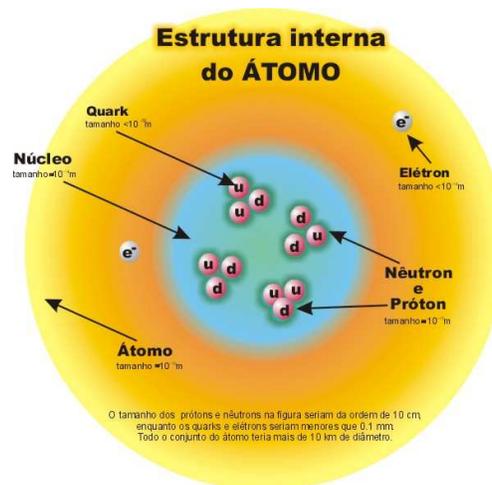
¹ URBINA Julio. Moléculas de la vida. Siglo XXI editores. p. 23

Cada elemento está formado por una sola especie de átomos que pueden combinarse con átomos distintos y formar compuestos químicos. La diferencia entre los diversos tipos de átomos estriba en su constitución subatómica.

Cada átomo consta de un núcleo central formado principalmente por partículas con carga eléctrica positiva (+) llamadas protones y partículas sin carga llamadas neutrones.

El número de protones en los átomos se expresa como número atómico y su importancia reside en que permite distinguir y ordenar los distintos elementos químicos. En la figura 1 se observa la estructura del átomo

Figura 1 Estructura del átomo



Fuente. http://www.utchvirtual.net/recursos_didacticos/imagenes/atomo.jpg

7.2 MOLECULA

Una molécula es una partícula neutra formada por un conjunto de átomos ligados por enlaces covalentes (en el caso del enlace iónico no se consideran moléculas, sino redes cristalinas), de forma que permanecen unidos el tiempo suficiente como para completar un número considerable de vibraciones moleculares.

Constituye la mínima cantidad de una sustancia que mantiene todas sus propiedades químicas. Las moléculas lábiles pueden perder su consistencia en

tiempos relativamente cortos, pero si el tiempo de vida medio es del orden de unas pocas vibraciones, estamos ante un estado de transición que no se puede considerar molécula. Hay moléculas de un mismo elemento, como O₂, O₃, N₂, P₄..., pero la mayoría de ellas son uniones entre diferentes elementos.²

7.3 LOS BIOELEMENTOS

Los bioelementos o elementos biogénicos son los elementos químicos que constituyen los seres vivos. De los aproximadamente 100 elementos químicos que existen en la naturaleza, unos 70 se encuentran en los seres vivos. De estos sólo unos 22 se encuentran en todos en cierta abundancia y cumplen una cierta función.

7.3.1 Bioelementos primarios. Son los elementos indispensables para formar las biomoléculas orgánicas (glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos); Constituyen el 95% de la materia viva seca. Son el carbono, el hidrógeno, el oxígeno, el nitrógeno, el fósforo y el azufre (C, H, O, N, P, S, respectivamente).³

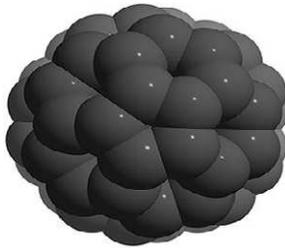
- **Carbono.** Es el que ocupa un lugar destacado, básicamente porque sus singulares propiedades y sus derivados lo han ubicado como la “columna vertebral” de las moléculas biológicas. Tiene la virtud de formar infinidad de compuestos químicos debido a su capacidad de formar largas cadenas carbono-carbono (macromoléculas) mediante enlaces simples (-CH₂-CH₂) o dobles (-CH=CH-), así como estructuras cíclicas. Pueden incorporar una gran variedad de radicales (=O, -OH, -NH₂, -SH, PO₄³⁻, lo que da lugar a una variedad enorme de moléculas distintas. Los enlaces que forma son lo suficientemente fuertes como

² Molécula. Disponible en internet: <http://wapedia.mobi/es/Mol%C3%A9cula>. [Consultado: Febrero 27 de 2010]

³ Bioelementos. Disponible en internet: <http://wapedia.mobi/es/Bioelementos>. [Consulta: Marzo 1 de 2010]

para formar compuestos estables, y a la vez son susceptibles de romperse sin excesiva dificultad. Por esto, la vida está constituida por carbono y no por silicio, un átomo con la configuración electrónica de su capa de valencia igual a la del carbono. El hecho es que las cadenas silicio-silicio no son estables y las cadenas de silicio y oxígeno son prácticamente inalterables, y mientras el dióxido de carbono, CO_2 , es un gas soluble en agua, su equivalente en el silicio, SiO_2 , es un cristal sólido, muy duro e insoluble (sílice).

Figura 2. Molécula de carbono 60



Fuente: <http://www.3dchem.com/molecules.asp>

- **Hidrógeno.** Además de ser uno de los componentes de la molécula de agua, indispensable para la vida y muy abundante en los seres vivos, forma parte de los esqueletos de carbono de las moléculas orgánicas. Puede enlazarse con cualquier bioelemento.
- **Oxígeno.** Es un elemento muy electronegativo que permite la obtención de energía mediante la respiración aeróbica. Además, forma enlaces polares con el hidrógeno, dando lugar a radicales polares solubles en agua (-OH, -CHO, -COOH).
- **Nitrógeno.** Se encuentra principalmente como grupo amino ($-\text{NH}_2$) presente en las proteínas ya que forma parte de todos los aminoácidos. También se halla en las bases nitrogenadas de los ácidos nucleicos. Prácticamente todo el nitrógeno es incorporado al mundo vivo como ion nitrato, por las plantas. El gas

nitrógeno solo es aprovechado por algunas bacterias del suelo y algunas cianobacterias.

- **Fósforo.** Se halla principalmente como grupo fosfato (PO_4^{3-}) formando parte de los nucleótidos. Forma enlaces ricos en energía que permiten su fácil intercambio ATP.
- **Azufre.** Se encuentra sobre todo como radical sulfhidrilo (-SH) formando parte de muchas proteínas, donde crean enlaces disulfuro esenciales para la estabilidad de la estructura terciaria y cuaternaria. También se halla en el coenzima A, esencial para diversas rutas metabólicas universales, como el ciclo de Krebs.

El C y el N presentan la misma afinidad para unirse al oxígeno o al hidrógeno, por lo que pasan con la misma facilidad del estado oxidado al reducido. Esto es de gran importancia, pues los procesos de oxidación-reducción son la base de muchos procesos químicos muy importantes y en particular de los relacionados con la obtención de energía como la fotosíntesis y la respiración celular.

El C, el H, el O y el N son elementos de pequeña masa atómica y tienen variabilidad de valencias, por lo que pueden formar entre sí enlaces covalentes fuertes y estables. Debido a esto dan lugar a una gran variedad de moléculas y de gran tamaño. De todos ellos el carbono es el más importante. ⁴

7.3.2 Bioelementos Secundarios. Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , S y P. Constituyen aproximadamente el 0,7 % de la materia de los organismos vivos y tienen funciones muy diversas con diferente grado de especificidad . Estos Bioelementos, solos o combinados con otros bioelementos, se encuentran en forma iónica en

⁴ Bioelementos. Disponible en internet. <http://www.scribd.com/doc/11328129/Bioelementos>. [Consultado: Febrero 27 de 2010]

disoluciones acuosas, las cuales conducen la corriente eléctrica y por ello se denominan electrolitos.

7.3.3 Oligoelementos o elementos vestigiales. Son aquellos bioelementos que se encuentran en los seres vivos en un porcentaje menor del 0.1%, Fe, Mn, Cu, Co, Mo, I, y F

Entran a formar parte de los organismos en cantidades mínimas o trazas, sin embargo, su presencia es esencial para un correcto funcionamiento del organismo y su falta origina estados carenciales. Actúan en forma iónica monoatómica en las disoluciones acuosas, y por ello también se les considera electrolitos.⁵

7.4 BIOMOLÉCULAS

Los bioelementos se combinan entre sí, formando estructuras moleculares de distinta complejidad. A dichas moléculas que forman parte de la materia viva se les denomina genéricamente Biomoléculas, aunque algunas de ellas son exclusivas de los seres vivos y otras también podemos encontrarlas formando parte de la materia inerte.

El tamaño y la masa de las biomoléculas varían desde el agua, de masa molecular 18 daltons (unidad atómica usada en bioquímica que equivale a la doceava parte de la masa del átomo de carbono; un gramo equivale a 6.022×10^{23} dal), hasta el ácido desoxirribonucleico (ADN), de varios millones de daltons. La combinación de los elementos químicos en biomoléculas genera una gran cantidad de compuestos con estructuras químicas diferentes y a su vez con una reactividad diferente.⁶

⁵ GARRIDO P Armando, TEIJÓN R José, BLANCO G Dolores. Fundamentos de bioquímica estructural. Editorial Tébar, S.L., Madrid 2006. p. 38,39

⁶ Biomoléculas. Disponible en internet: <http://www.rincondelasciencias.com/>.pdf [Consultado en : Marzo de 2010]

Las moléculas presentes en la naturaleza se encuentran en forma de cationes, aniones, compuestos covalentes, compuestos iónicos, iones metálicos y complejos de coordinación.

Dentro de las biomoléculas se encuentran los carbohidratos, que actúan como fuente energética, además de contribuir en la estructura de las células y en el reconocimiento molecular; los lípidos, que son un grupo de compuestos heterogéneos que muestran baja solubilidad en el agua, y como función principal es actuar como fuente de energía en el metabolismo, como componente de las membranas celulares y como hormonas; las vitaminas, son un amplio grupo de compuestos orgánicos que intervienen en el crecimiento y desarrollo de los organismos.

7.5 ALIMENTO

El alimento es considerado un producto natural o artificial, elaborado o no, que ingerido aporta al organismo humano los nutrientes y la energía necesarios para el desarrollo de los procesos biológicos. Este aporta vitaminas, proteínas, hidratos de carbono, grasas y minerales que requiere el organismo para funcionar a plenitud. Los alimentos tienen dos fines:

Nutricionales: Regulación del metabolismo y mantenimiento de las funciones fisiológicas, como la temperatura corporal.

Psicológicos: Satisfacción y obtención de sensaciones gratificantes.

Estos dos fines no han de cumplirse simultáneamente para que una sustancia sea considerada alimento. Así, por ejemplo, las bebidas alcohólicas no tienen interés nutricional, pero sí tienen un interés frutivo. Por ello, son consideradas alimento. Por el contrario, no se consideran alimentos las sustancias que no se ingieren o que, una vez ingeridas, alteran las funciones metabólicas del organismo. De esta

manera, la goma de mascar, el tabaco, los medicamentos y demás drogas no se consideran alimentos.⁷

7.5.1 Estructura de los Alimentos. Desde el punto de vista físico (estructura) y químico (composición), los alimentos pueden contemplarse como sistemas multicomponentes, plifásicos y multicompartimentados. Este hecho explica, por una parte, la existencia de interacciones entre los componentes de los mismos y también con su entorno y, por otra, la inestabilidad fisicoquímica de los si temas alimentarios.

Desde el punto de vista estructural, cabe considerar diferentes niveles de organización (jerarquías), en cada uno de los cuales se producen diferentes tipos de interacción. Un primer nivel corresponde a los átomos y moléculas. A continuación puede considerarse un nivel superior correspondiente al de las fases (unidades que poseen las mismas propiedades intensivas), representado por la agregación de moléculas , con presencia o formación de organizaciones supramoleculares , redes o microdominios(cristales, hielo, micelas proteicas), seguido del nivel correspondiente a los distintos sistemas coloidales y celulares y finalmente, debe considerarse un último nivel que corresponde al del alimento en su totalidad como un conjunto de fases.

En los últimos años, y gracias a la posibilidad de aplicar modernas técnicas de análisis de imagen y la aplicación del análisis fractal, el conocimiento de los materiales alimentarios ha progresado enormemente y ha permitido el estudio de las denominadas “microestructuras” (o fases) de los alimentos, entendidas como la organización de sus elementos y su interacción. La existencia de relaciones entre la estructura y diferentes parámetros físicos y propiedades sensoriales parece obvia pero la evaluación de las mismas presenta grandes dificultades.

⁷ Alimento. Disponible en la internet: www.scribd.com/doc/16401691/Los-Alimentos. [Consultado en Marzo de 2010]

Alimentos con estructuras semejantes poseen texturas también semejantes y por otra parte, los cambios que se producen en las estructuras, poseen importantes repercusiones sobre el comportamiento de las mismas durante el procesado y características finales del producto (p.ej.la relación entre estructura y textura de las grasas, la formación de geles, la texturización de proteínas, etc.)⁸

7.5.2 Componentes de los alimentos.

7.5.2.1 El agua. El agua es un elemento esencial de muchos alimentos. Puede encontrarse en los medios intracelulares o como un componente extracelular en los vegetales así como en los productos de origen animal. Se puede entender su función como la de favorecedor de la dispersión de diferentes medios así como la de un disolvente de una gran variedad de productos químicos.

Sus propiedades son únicas y excepcionales, especialmente en cuanto ellas se relacionan con los procesos vitales y los hechos alimentarios. Este carácter único y excepcional se hace evidente cuando dichas propiedades físicas se comparan con las de otras sustancias similares al agua en peso molecular o estructura química: CH₄, NH₃, H₂S, H₂Se, H₂Te. Esta comparación nos permite comprobar que, frente a tales compuestos, el agua posee valores que en grado sorprendente son altos para sus puntos de fusión, y ebullición, su tensión superficial, constante dieléctica, calor específico, calores de fusión, vaporización y sublimación, su densidad en estado líquido es moderadamente baja. Así mismo ofrece la extraña propiedad de dilatarse al solidificarse y una viscosidad que, a la luz de lo anterior, es raramente normal.

⁸ BOATELLA RIERA Josep, CODONY SALCEDO Rafael, LOPEZ ALEGRET Pedro. Química de los Alimentos II.

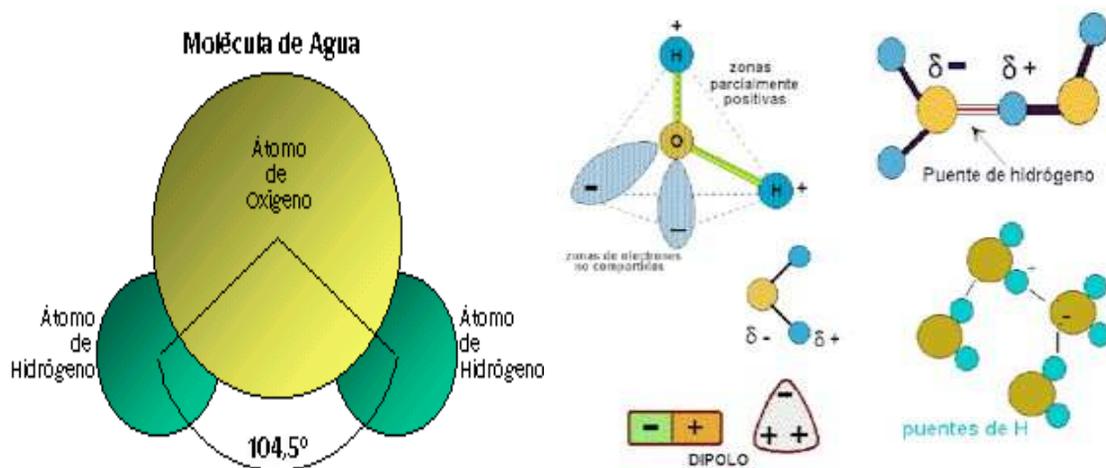
Ediciones de la Universidad de Barcelona. Barcelona. 2004 p 12

Su conductividad térmica es grande, comparada con la de otros líquidos, en tanto que la conductividad térmica del hielo es moderadamente grande en comparación con la de otros sólidos no metálicos. Pero esta conductividad térmica del hielo a 0° C es alrededor de cuatro veces la del agua a la misma temperatura, lo cual indica que el hielo conduce el calor a mayor velocidad que el agua inmobilizada, como sería el caso de un tejido biológico.

La difusión térmica en el agua y en el hielo indica la velocidad a la cual estos dos estados físicos experimentan cambios en la temperatura. La difusividad térmica en el hielo es alrededor de nueve veces superior a la difusión en el agua, lo cual muestra que en un ambiente dado el hielo experimenta los cambios de temperatura a mucha mayor velocidad que el agua.⁹

La molécula de agua es polar, con dos zonas débilmente negativas y dos zonas débilmente positivas; en consecuencia, entre sus moléculas se forman enlaces débiles. En la figura 3 se puede apreciar su estructura.

Fig. 3 Estructura de la molécula de agua



Fuente: <http://educasitios.educ.ar/grupo>

⁹ PEÑA, Antonio, ARROYO Ángel. Bioquímica. Editorial Limusa S.A México 2004 p 65

El ángulo formado entre (H-O-H) es de 104.5°, y la distancia entre el oxígeno y el hidrógeno es de 0.096nm.

7.5.2.2 Carbohidratos. Los hidratos de carbono representan casi más del 90% de la materia seca de los vegetales, son por lo tanto compuestos abundantes y disponibles en los alimentos con relativa facilidad además de ser de bajo costo.

Se les considera como elementos comunes existentes en casi todos los alimentos, tanto de forma natural o como componentes y como ingredientes artificialmente añadidos. Se hallan ampliamente distribuidos en la naturaleza en forma de sustancias familiares como la celulosa, los azúcares y los almidones.

Los carbohidratos constituyen la principal fuente de energía para los organismos y estos actúan como intermediarios químicos, mediante los cuales la energía solar es almacenada para ser utilizada posteriormente y así sostener el ciclo de la vida. Poseen muchas estructuras moleculares diferentes estructuras moleculares, diferentes tamaños y formas que exhiben una variedad de propiedades químicas y físicas. Por otra parte, son susceptibles de modificación química y bioquímica y ambos tipos de modificaciones se utilizan comercialmente, para mejorar sus propiedades y para ampliar su uso. Por último son inocuos (no tóxicos).

El termino carbohidratos sugiere una composición elemental genérica, concretamente $C_x (H_2O)_x$, que coincide con moléculas que contienen átomos de carbono con otros de hidrogeno y oxigeno.¹⁰

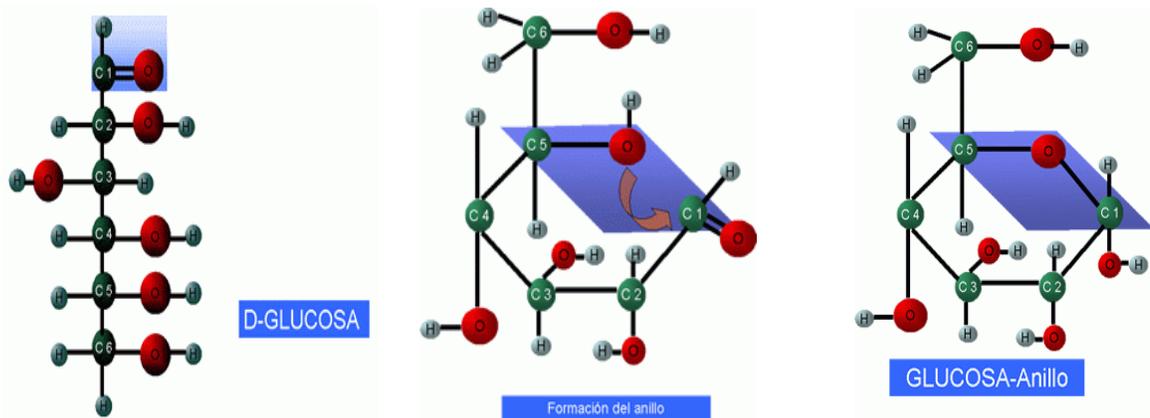
La Clasificación más sencilla los divide en tres grupos: monosacáridos, oligosacáridos, y polisacáridos.

¹⁰ FENNEMA Owen R . Química de los alimentos. Editorial Acirbia S.A . Segunda Edición. España. p 187,188

7.5.2.1.1 Monosacáridos. Carbohidratos que no pueden hidrolizarse. Son polihidroialdehídos (aldosas), o polihidroxicetonas (cetosas) de cadena lineal. En la naturaleza los monosacáridos más abundantes son las hexosas (6 carbonos), si bien también están presentes en muchas plantas los las triosas (3 carbonos) tetrasas (4 carbonos), pentosas (5 carbonos).

Los representantes típicos son la glucosa, la fructuosa y la galactosa. Los monosacáridos se presentan en formas isoméricas denominadas α y β . la forma α es en la cual el grupo hidroxilo del carbono en posición 1 de la proyección de Fischer está orientado a la derecha, mientras que si lo está a la izquierda se denomina isómero β . En la figura 4 se muestra la estructura lineal

Figura 4. Estructura Lineal- Formación del Anillo monosacáridos



Fuente: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/.htm>

En la figura 5. Se presentan la Fructosa (Azúcar de las frutas) a la izquierda estructura lineal y a la derecha estructura en anillo

Figura 5. Estructura de la fructuosa



Fuente: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/.htm>

7.5.2.1.2 Oligosacáridos. Se forman por la unión de dos o más unidades de monosacáridos simples. Son polímeros constituidos por un número variable de monosacáridos. En consecuencia, la hidrólisis de un oligosacáridos produce unidades de monosacáridos.

El número y naturaleza de los posibles oligosacáridos, es muy grande, pero solo unos pocos se encuentran en grandes cantidades en los alimentos, y muchos de ellos son el resultado de la hidrólisis de los polisacáridos. Están compuestos normalmente por glucosa, galactosa y fructuosa.

De acuerdo al número de monosacáridos constituyentes los oligosacáridos se clasifican en disacáridos, trisacáridos, tetrascáridos, etc.

El subgrupo más importante de los oligosacáridos son los disacáridos, formados por apenas dos moléculas de monosacáridos. Los disacáridos que aparecen naturalmente son la lactosa, o azúcar de la leche (formada por galactosa y glucosa), la sacarosa, o azúcar de mesa, formada por fructosa y glucosa, la maltosa y la trehalosa. Otros importantes disacáridos productos de la digestión del almidón son la maltosa y la isomaltosa, formados ambos por dos moléculas de glucosa, (pero enlazadas de forma diferente)¹¹. En la figura 6, se presentan los tres disacáridos más importantes, y se resaltan los enlaces glucosídicos alfa y beta

¹¹ MUNERA Rubén D . Bioquímica. Unad. 2006 . p. 33

Figura 6. Moléculas de disacáridos



Fuente <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/.htm>

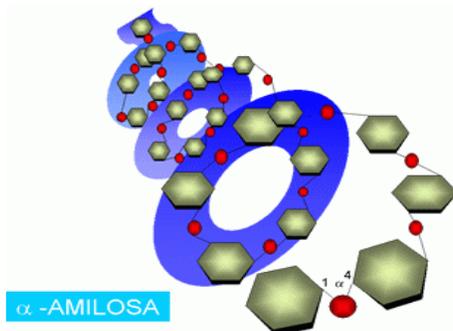
7.5.2.1.3 Polisacáridos. Son los carbohidratos más abundantes, formados por más de 20 monosacáridos dispuestos en forma lineal o ramificada, unidos mediante enlaces glucosídicos.

Si todos los monómeros constituyentes son de un mismo azúcar, los polisacáridos se denominan homoglicanos (celulosa, amilosa, amilopectina). Si son de diferentes azúcares se denominan heteroglicanos (gomas). La consiguiente diversidad de polisacáridos en cuanto a su composición hace que las propiedades de estas moléculas de alta masa molecular sean muy distintas a las de los monosacáridos que las constituyen; así, se disuelven con mayor dificultad, no poseen apenas sabor dulce y sus reacciones son mucho más lentas. Los más comúnmente distribuidos en la naturaleza son: en el reino vegetal, el almidón, la celulosa y las pectinas y en el animal el glucógeno.¹²

En la figura 7 se observa el polisacárido constituyente del almidón y el glucógeno. Conformado por unidades de glucosa en enlace alfa 1-4.

¹²ORDOÑEZ Juan A, FERNANDEZ Leonides. Tecnología de los alimentos Editorial síntesis S.A , 1998 p 78

Figura 7. α Amilosa



Fuente <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/.htm>

7.5.2.3 Proteínas. Las proteínas son moléculas complejas, macromoléculas, constituidas por carbono, hidrogeno, Oxigeno y nitrógeno y a veces también por otros elementos como azufre, hierro, cobre fosforo y zinc. Son polímeros lineales de α aminoácidos, unidos por enlaces peptídicos, con amplia variabilidad estructural y funciones biológicas muy dispersas¹³

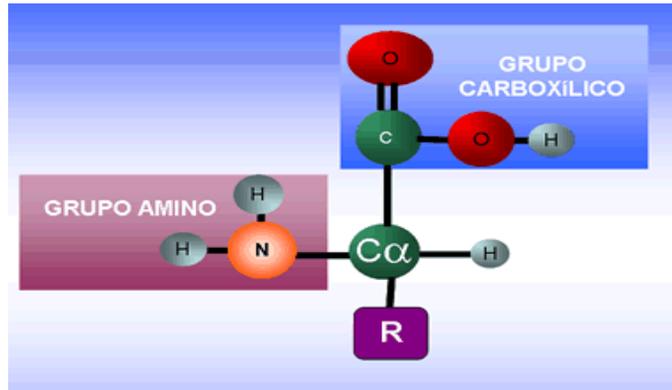
Sus pesos moleculares oscilan entre miles y millones, y constituyen la maquinaria de la vida. Se encuentran en plantas y animales; son esenciales a toda la vida. En los animales ayudan a formar estructuras de soporte y protección, figuran entre los componentes principales de las enzimas y los anticuerpos, y de líquidos como la sangre, la leche y la clara de huevo.

Las unidades estructurales básicas de las proteínas son los aminoácidos. Estos aminoácidos son polimerizados para formar cadenas largas y consta de un grupo amino, un grupo carboxílico, un átomo de hidrogeno y un grupo distinto R, como se observa en la figura 8, enlazado al átomo de carbono que se llama el carbono α (alfa), el grupo R se refiere a la cadena lateral que serán la identificación del aminoácido en la cadena proteica.¹⁴

¹³ MORRISON Robert, BOYD Robert. Química Orgánica. . Pearson. México 1998. p 1323,1324

¹⁴ FENNEMA Owen R. Química de los alimentos. Editorial Acirbia S.A. Segunda Edición. España. p 384,385

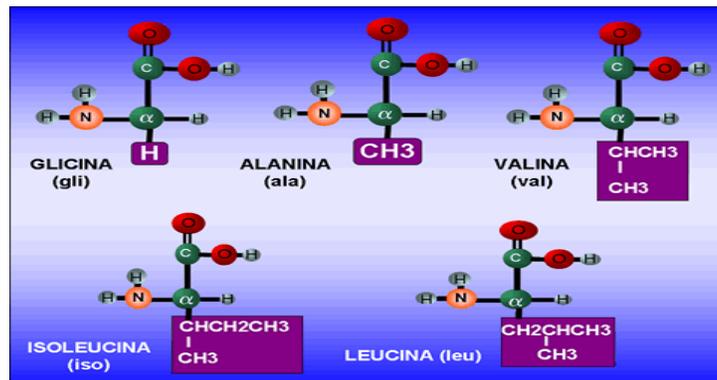
Figura 8. Estructura básica de los aminoácidos



Fuente <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/.htm>

Existen unos 22 aminoácidos reconocidos. De estos, unos 10 son designados como aminoácidos esenciales, ya que no pueden ser sintetizados por el hombre o por los animales, sino que deben ser proporcionados como tales por los alimentos consumidos. Los restantes aminoácidos son sintetizables a base de otros aminoácidos y compuestos nitrogenados, y son designados como no esenciales.

Figura 9. Algunos Aminoácidos



Fuente <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/.htm>

Los aminoácidos se encuentran unidos en la molécula de la proteína por enlaces peptídico ($-CO-NH-$) que se forman por condensación de $\alpha-COOH$ de un aminoácido con el $\alpha-NH_2$ de otro. Cuando varios aminoácidos se unen para dar un polímero de bajo peso molecular éste se conoce como polipéptido, mientras que

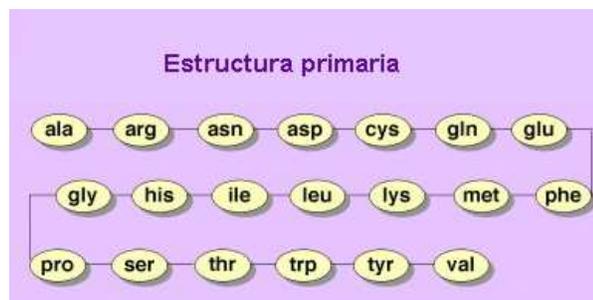
el termino proteína se usan generalmente para polímeros de peso molecular grande.¹⁵

Las proteínas se clasifican de manera general, en Heteroproteínas, y holoproteínas según estén formadas respectivamente, sólo por aminoácidos o bien por aminoácidos más otras moléculas o elementos adicionales no aminoácidos. La organización de las proteínas está definida por su estructura tridimensional, estas son estructura primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria. La mayoría de las propiedades biológicas, físicas y químicas de las proteínas dependen de la forma tridimensional, cada una de estas estructuras informa de la disposición de la anterior en el espacio.

- **Estructura Primaria.** La estructura primaria es la secuencia de aminoácidos y el orden de estos. Los aminoácidos están unidos por enlaces peptídicos que son los únicos que se dan en este nivel; el orden de estos le da su especificidad y también influye en la conformación final y en su función.¹⁶

Este orden es consecuencia de la información del material genético (ADN). En este nivel se describe la sucesión de aminoácidos que forman la cadena polipeptídica, es decir, el número de aminoácidos que hay de cada clase y el orden en que están alineados. En la figura 10 se puede apreciar con más claridad

Figura 10. Estructura primaria de las proteínas



Fuente. <http://www.profesorenlinea.cl/Ciencias/ProteinasEstruct.htm>

¹⁵ POTTER Norma. La ciencia de los alimentos. Editorial Harla. México. 2002. P 48

¹⁶ MÚNERA, Op.cit., p. 65

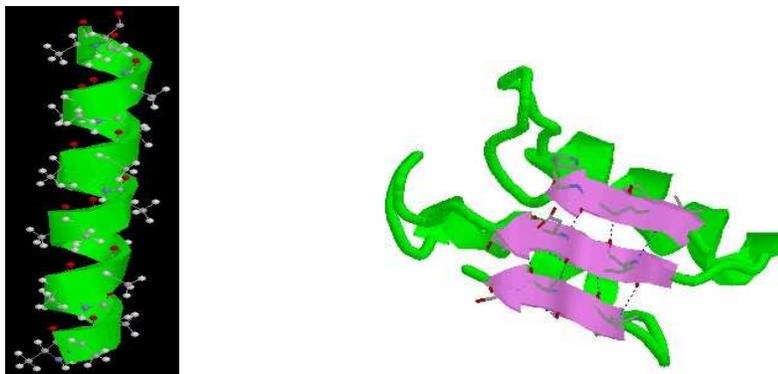
- **Estructura Secundaria.** Esta estructura se refiere a la relación que guarda un aminoácido con respecto al que le sigue y al que le antecede en la cadena polipeptídica; en algunos casos el polipéptido entero, o algunas zonas de este se mantienen extendidas, mientras que en otros casos se enrollan en forma helicoidal como si formara un resorte.

Los aminoácidos, a medida que van siendo enlazados durante la síntesis de proteínas y gracias a la capacidad de giro de sus enlaces, adquieren una disposición espacial estable.

Existen dos tipos de estructura secundaria:

- a. La α (alfa)-hélice Esta estructura se forma al enrollarse helicoidalmente sobre sí misma la estructura primaria. Se debe a la formación de enlaces de hidrógeno entre el $-C=O$ de un aminoácido y el $-NH-$ del cuarto aminoácido que le sigue.
- b. La conformación beta. En esta disposición los aminoácidos no forman una hélice sino una cadena en forma de zigzag, denominada disposición en lámina plegada.

Figura 11. Estructura secundaria de las proteínas. Conformación alfa y beta

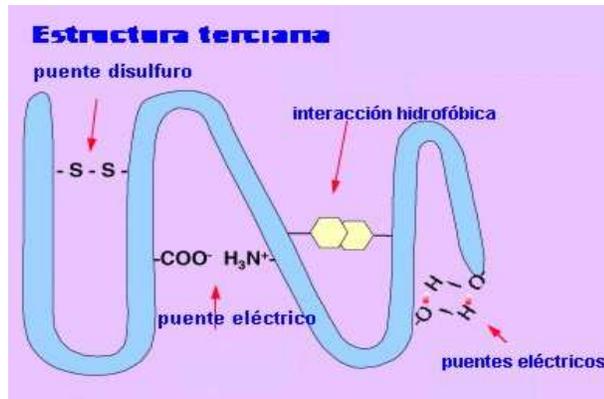


Fuente: <http://www.profesorenlinea.cl/Ciencias/ProteinasEstruct.htm>

- **Estructura Terciaria.** La estructura terciaria informa sobre la disposición de la estructura secundaria de un polipéptido al plegarse sobre sí misma originando una conformación globular.

En definitiva, es la estructura primaria la que determina cuál será la secundaria y por tanto la terciaria. Esta conformación globular facilita la solubilidad en agua y así realizar funciones de transporte, enzimáticas, hormonales, etc.¹⁷

Figura 12. Estructura terciaria de las proteínas.



Fuente: <http://www.profesorenlinea.cl/Ciencias/ProteinasEstruct.htm>

Esta conformación globular se mantiene estable gracias a la existencia de enlaces entre los radicales R de los aminoácidos. Aparecen varios tipos de enlaces:

- 1 El puente disulfuro entre los radicales de aminoácidos que tienen azufre.
- 2 Los puentes de hidrógeno.
- 3 Los puentes eléctricos.
- 4.- Las interacciones hidrófobas

- **Estructura cuaternaria.** Esta estructura informa de la unión, mediante enlaces débiles (no covalentes) de varias cadenas polipeptídicas con estructura terciaria, para formar un complejo proteico. Cada una de estas cadenas polipeptídicas recibe el nombre de protómero.

¹⁷ Las proteínas. Disponible en internet: <http://www.profesorenlinea.cl/Ciencias/ProteinasEstruct.htm>.
[Consultado en : Marzo de 2010]

El número de protómeros varía desde dos, como en la hexoquinasa; cuatro, como en la hemoglobina, o muchos, como la cápsida del virus de la poliomielitis, que consta de sesenta unidades proteicas.

Figura 13. Estructura Cuaternaria



Fuente <http://www.maph49.galeon.com/biomol2/quater.html>

7.5.2.4 Lípidos. Los lípidos son un grupo amplio y heterogéneo de compuestos insolubles en agua, pero solubles en solventes orgánicos no polares como el éter, el cloroformo o el benceno. En su molécula ellos contienen carbono, hidrógeno y oxígeno, pero este último en menor proporción respecto al carbono y al hidrógeno que en los carbohidratos. En los organismos vivos cumplen funciones como reservas energéticas y combustibles biológicos importantes, sirven como componentes estructurales de las membranas biológicas en donde contribuyen a la formación de compartimentos con respuestas bioquímicas específicas, constituyen sistemas aislantes contra choques térmicos, eléctricos y químicos a nivel de la hipodermis o en cubiertas de órganos internos, otros pueden ser hormonas que participan en el control de procesos metabólicos, además sirven como precursores de otros compuestos complejos como lipoproteínas, glicoproteínas, vitaminas liposolubles etc.¹⁸

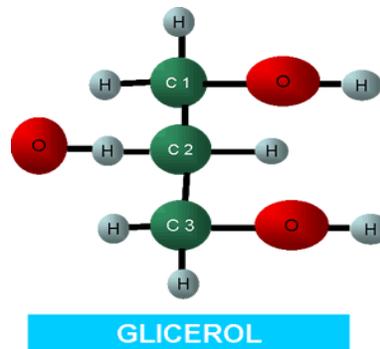
Los lípidos se clasifican en tres grupos principales:

¹⁸ CHEFTEL Jean, CHEFTEL Henri. Química de los alimentos. Editorial Acribia. España. 1976. p.215

— **Lípidos simples.** Incluyen Grasas verdaderas saturadas (sólidas), aceites insaturados (líquidos) y ceras los cuales tienen estructura similar y en su molécula solamente poseen carbono, hidrógeno y oxígeno.

El patrón más común de la estructura de las grasas verdaderas es una molécula de glicerol unida a cadenas de ácidos grasos. Los ácidos grasos son cadenas hidrocarbonadas apolares largas no ramificadas, con un grupo carboxilo ionizable en un extremo y el glicerol o glicerina es un polialcohol de tres átomos de carbono que puede unir sus tres OH (hidroxilos) mediante enlaces éster con los grupos carboxilo (-COOH) de una, dos o tres moléculas de ácidos grasos para dar lugar a monoglicéridos, diglicéridos o triglicéridos respectivamente.

Figura 14. Polialcohol de tres átomos de Carbono.



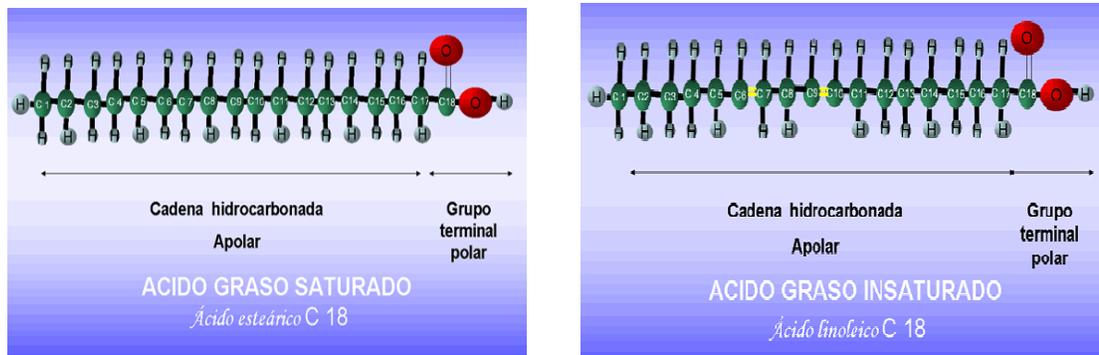
Fuente <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/.htm>

Generalmente los ácidos grasos sintetizados por las células poseen un número par de átomos de carbono y su longitud varía de 14 a 24 carbonos. En su cadena pueden estar presentes o ausentes dobles enlaces, así las moléculas de ácidos grasos que tienen dobles enlaces son insaturadas y las que carecen de ellos son saturadas.

Estas características son de importancia en las propiedades fisicoquímicas de la molécula de grasa, de tal manera que aquellas conformadas por ácidos grasos saturados, como las que se encuentran en la hipodermis de mamíferos, son sólidas a temperatura ambiente, por ejemplo la triestearina; mientras que las grasas con ácidos grasos insaturados, como los aceites vegetales (ejemplo, ácido

linoleico) son líquidos a la misma temperatura (Ver figura 15). Sin embargo, un aceite se puede convertir en grasa saturada rompiendo los dobles enlaces entre los carbonos, reemplazándolos con enlaces simples, y añadiendo hidrógenos.

Figura 15. Acido graso saturado y ácido graso insaturado



Fuente <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/.htm>

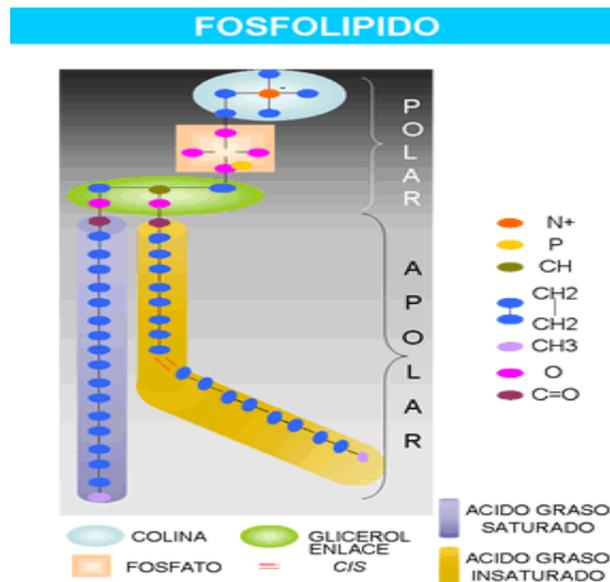
Una molécula de grasa puede contener tres ácidos grasos idénticos, o ser mixta con ácidos grasos diferentes. Las grasas son moléculas insolubles en agua, pero solubles en solventes no polares.

— **Lípidos complejos.** Comprenden los fosfolípidos o fosfoglicéridos, de estructura similar a las grasas pero además contienen fósforo y nitrógeno; los esfingolípidos (caramidas, esfingomielinas, cerebrósidos y gangliósidos). A los cerebrósidos y gangliósidos también se les conoce como glicolípidos.

Los Fosfolípidos o fosfoglicéridos, son diglicéridos semejantes a un aceite excepto en que uno de los ácidos grasos se reemplaza por un residuo de ácido fosfórico y a menudo este último se une a una molécula polar pequeña ionizable tal como la colina, serina, inositol, o etanolamina. De esta manera el fosfolípido adquiere una característica anfipática, es decir su molécula presenta una "cabeza" (de glicerol y base orgánica) polar o cargada (hidrosoluble) unida a una "cola" no polar

(hidrofóbica) de ácidos grasos, condición que le facilita hacer parte estructural de las membranas celulares como bicapa lipídica y cumplir en ellas una función selectiva en el transporte puesto que al entrar en contacto con el agua adquieren cierta configuración y los extremos hidrosolubles se orientan hacia fuera mientras los extremos hidrofóbicos se orientan en sentido opuesto.¹⁹

Figura 16. Lípido Complejo principal constituyente de las membranas celulares.



Fuente <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/.htm>

Los Esfingolípidos, son los lípidos estructurales de membrana menos abundantes, derivados de la esfingosina, un amino alcohol de cadena larga hidrocarbonada el cual esterifica con diferentes grupos. Si el grupo amino de la esfingosina se une a un ácido graso (R) y establece un enlace amida, esta molécula es una ceramida.

— **Lípidos derivados.** Incluyen los lípidos que no se clasifican en los anteriores grupos como la familia de los esteroides, carotenoides, las prostaglandinas y las vitaminas liposolubles. De los anteriores grupos sólo las grasas y los aceites cumplen un papel importante como almacenes de energía.

¹⁹ Ibid .,p. 218

7.5.2.5 Vitaminas. Las vitaminas son compuestos orgánicos necesarios en cantidades pequeñas, no son considerados como fuentes de energía y el organismo no las puede sintetizar. Por esta razón deben ser suministradas en la dieta y durante el metabolismo de las células son degradadas y excretadas. Desempeñan funciones vitales como el control del crecimiento, del ciclo menstrual o de la obtención de energía a partir de la glucosa. Son indispensables para la regulación, mantenimiento y reproducción normal de un organismo.²⁰

Las vitaminas no se clasifican dentro de un grupo especial de sustancias orgánicas y pueden ser ácidas, aminas, aminoácidos, ésteres, alcoholes, esteroides, etc.

El que las vitaminas se necesitan en cantidades muy pequeñas sirve como base para diferenciarlas de los aminoácidos esenciales y de los ácidos grasos, los cuales se requieren en cantidades relativamente grandes.

Las vitaminas actúan como sustancias llamadas coenzimas, participantes esenciales de las reacciones catalizadas por enzimas.

Las vitaminas se alteran por acción del calor, la luz, agentes oxidantes y por el contacto con ciertos metales.

El carácter vitamínico de un compuesto se define por el hecho de ser indispensable para la vida de un organismo dado y que este compuesto debe ser suministrado en la dieta ya que no es posible sintetizarlo por sí mismo.

En el caso de la tiamina y la riboflavina se clasifican como vitaminas porque son necesarias para los seres humanos; sin embargo, estas sustancias son sintetizadas por las plantas en donde funcionan como hormonas vegetales. Otro caso es el de la vitamina C, la cual no puede ser sintetizada por el hombre o el

²⁰ FENNEMA Owen R . Química de los alimentos GIRALDO GALLO. . Editorial Acribia S.A. Segunda Edición. España .2000. p. 635,636.

cobayo; sin embargo, las ratas sí la pueden sintetizar ya que tienen la enzima que convierte la gulonolactona en ácido ascórbico, lo que hace que el ácido ascórbico no sea una vitamina para esta especie.

En los seres humanos se conocen trece vitaminas, las cuales se pueden agrupar en dos grandes grupos:

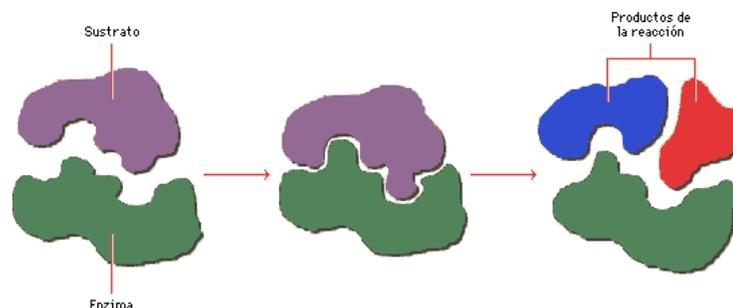
- Liposolubles: o solubles en grasa. Son la vitamina A, D, E y K.
- Hidrosolubles: o solubles en agua. Son las del complejo B y la vitamina C.

A nivel del metabolismo, las liposolubles se diferencian de las hidrosolubles porque pueden ser almacenadas en algunos tejidos del cuerpo, por lo que no es necesario consumirlas a diario, como es el caso de las hidrosolubles.

7. 5.2.6 Enzimas. Las enzimas son proteínas globulares solubles sintetizadas por los organismos vivos con la finalidad específica de catalizar las reacciones bioquímicas que de otra forma no ocurrirían bajo las condiciones fisiológicas habituales. Se las conoce como “catalizadores biológicos”.

Las enzimas ayudan en procesos esenciales tales como la digestión de los alimentos, el metabolismo, la coagulación de la sangre y la contracción muscular. El modo de acción es específico ya que cada tipo de enzima actúa sobre un tipo particular de reacción y sobre un sustrato específico.²¹

Figura 17. Enzima



Fuente <http://images.encarta.msn.com/xrefmedia/eencmed/targets/illus/ilt/>

²¹ Ibid ., p. 513.

Para realizar su función, una enzima reconoce una molécula específica, llamada sustrato. Cada enzima une a su sustrato específico en el sitio activo y provoca en él un cambio químico, por el cual se obtiene un producto. El cambio implica la formación o rotura de un enlace covalente. La enzima que participa en la reacción no sufre modificaciones, y puede volver a actuar sobre otro sustrato del mismo tipo. En ausencia de las enzimas, las reacciones bioquímicas serían extremadamente lentas y la vida no sería posible. Las enzimas pueden aumentar la velocidad de las reacciones en un millón de veces.

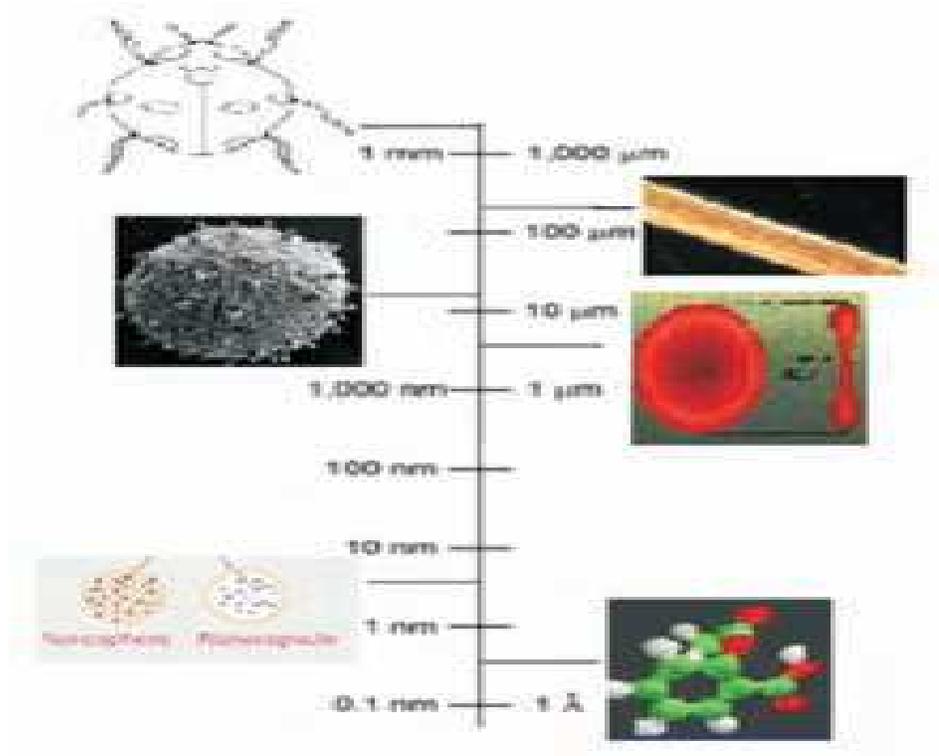
Los estudios de laboratorio muestran, que al igual que todas las proteínas, las enzimas son muy sensibles a los cambios de temperatura y acidez. Las enzimas funcionan correctamente dentro un limitado rango de temperatura y pH. En condiciones de temperatura elevada o pH alto (por encima de las condiciones óptimas para su funcionamiento) , se rompen las uniones débiles y se desarma la estructura tridimensional de la proteína (se desnaturaliza) y pierde su capacidad para actuar como enzima.

8. LA NANOTECNOLOGÍA

8.1 NANO

'Nano' deriva de la palabra griega "nanos", que significa enano o extremadamente pequeño. Puede ser utilizado como prefijo para cualquier unidad como un segundo o un litro, en el sentido de una milmillonésima parte de esa unidad. Un nanosegundo es una milmillonésima parte de un segundo. Un nanolitro es una milmillonésima parte de un litro. Y por lo tanto un nanómetro es una milmillonésima parte de un metro o m de 10^{-9} . Ver figura 18

Figura 18. Tamaño relativo de objetos pequeños: (A) Mariquita. (B) Pelo Humano (C) Grano de Polen. (D) Eritrocitos. (E) Nanopartícula (f) Molécula de Aspirina.



Fuente. <http://www.urologiacolombiana.com/revistas>

8.2 NANOCIENCIA.

Etimológicamente la palabra nanociencia se compone de dos partes, nano + ciencia; nano proviene del latín “nánnas”²², significa enano; aplicándola como prefijo, nano se relaciona a una escala longitudinal de medida, donde la unidad de medición es el nanómetro, el cual equivale a 0,000000001 metros, es decir una millonésima parte de un milímetro; la segunda parte, ciencia que proviene del latín “scientia” significa “conocimiento verdadero”, se relaciona con la generación de conocimiento de manera estructurada y metódica, conforme a lo establecido para una entidad científica, y en este término específicamente, a la producción de conocimiento a nivel nanoescalar.

8.3 NANOTECNOLOGÍA.

En la literatura científica se presenta diferentes definiciones de nanotecnología, para este trabajo se tomó la definición que plantea el ministerio de Ciencia y tecnología de Nueva Zelanda, que considera la nanotecnología: “un campo de las ciencias aplicadas dedicado al control y manipulación de la materia a una escala menor que un micrómetro, es decir a nivel de átomos y moléculas. Lo más habitual es que tal manipulación se produzca en un rango de entre uno y cien nanómetros. La nanotecnología se caracteriza por ser un campo esencialmente multidisciplinar y cohesionado exclusivamente por la escala de la materia con la que trabaja”²³

La nanoescala es un rango de medida que oscila entre 1 y 100 nanómetros, todo elemento que se encuentre en este rango de medida se considerara como un

²² UNIVERSIA COLOMBIA. 22 noviembre de 2007. Disponible en Internet: <http://www.universia.net.co/index2.php?option=com_content&do_pdf [consultado en : Febrero de 2010]

²³ ZULUAGA Diego, SANCHEZ Jenny, AGUILERA Alexis. Informe de vigilancia y tecnología. Métodos de fabricación de nanotecnología. Colciencias. 2007. p 25

elemento nanotecnológico, ahora bien debe entenderse que la unidad representativa de esta nueva escala es el nanómetro, que corresponde a la mil millonésima parte de un metro (10^{-9} metros), que es equivalente a decir que en 1 milímetro hay 1.000.000 de nanómetros.

Abarcando la ciencia de la nanoescala, la ingeniería y la tecnología, la nanotecnología consiste en la imagen, medir, modelar y manipular la materia a esta escala de longitud.

Para comprender la magnitud de este concepto, basta con conocer que el tamaño de una hoja de papel es de unos 100.000 nanómetros de espesor, un solo átomo de oro es de aproximadamente un tercio de un nanómetro de diámetro. Un virus mide entre 20 y 300 nanómetros.²⁴ 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 se proyectara una nanopartícula al tamaño de una persona cada glóbulo rojo mediría 7 kilómetros de largo.

Es importante saber que las propiedades físicas y químicas de la materia cambian a escala nanométrica, esto traduce en comportamientos diferentes en cuanto a conductividad eléctrica, térmica, resistencia y elasticidad, con respecto a las escalas convencionales conocidas. Este tipo de tecnología permite cambiar la percepción del concepto de materia existente en la actualidad.²⁵ En la figura 19 se aprecia el tamaño a nanoescala

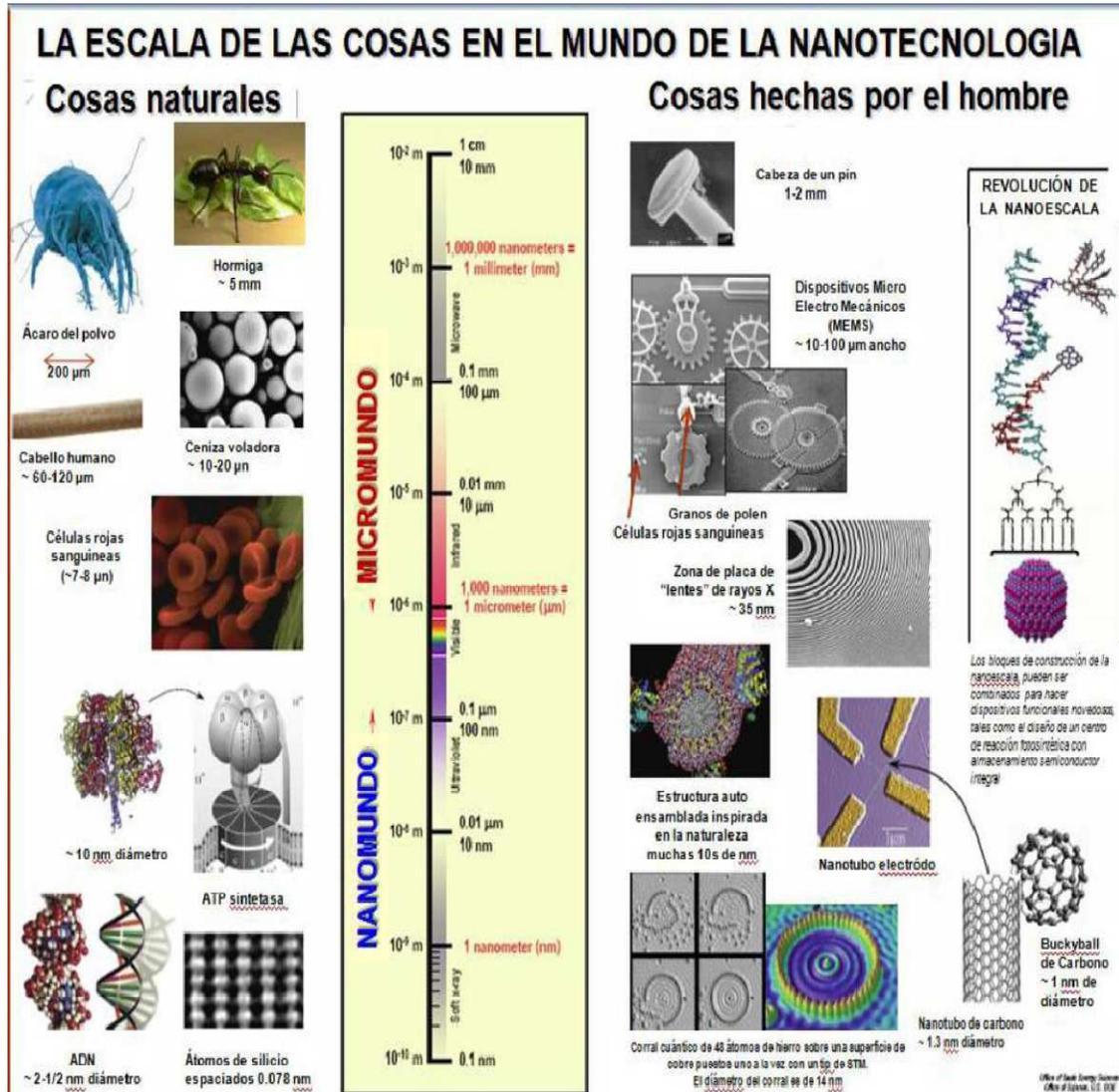
Menos de 100nm - una nanopartícula

Menos de 1.000nm (representado también como $1\mu\text{m}$) - una micropartícula submicrónica Más de 1.000nm - una micropartícula.

²⁴ FOLADORI Guillermo, INVERNIZZI Noela. La Nanotecnología una solución en busca de problemas . Revista Comercio exterior, Vol. 56 No 4 . Abril 2006. p. 327

²⁵ VILLARRAGA A, HERNÁNDEZ C. Nanotecnología y urología. Revista Urología Colombiana. Vol. 17 , 2008 p 42

Figura 19. Comparación tamaños a nanoescala



Fuente: http://www.science.doe.gov/bes/scale_of_things.html.

Por otra parte según el ámbito de aplicación la nanotecnología se puede clasificar como secas y húmedas; esta clasificación se determina según el medio en y para el cual se genera tal aplicación, el medio puede ser acuoso (nanotecnología húmeda) y el caso de la ausencia de un entorno húmedo (nanotecnología seca).

8.3.1 Nanotecnología húmeda. Se puede identificar claramente ya que el campo de aplicación va dirigido desarrollo de sistemas biológicos a escala nano, estas incluyen la manipulación de material genético, membranas, enzimas y otros componentes celulares, que indiscutiblemente están inmersos en un medio acuoso.

8.3.2 Nanotecnología seca. Se denomina así a la tecnología molecular que se aplica a materiales inorgánicos. Su desarrollo se enfoca hacia la fabricación de estructuras, en el campo de la electrónica y todos aquellos elementos nanoescalares cuya funcionalidad se vean directamente alterados por la exposición a un medio húmedo, se puede mencionar como ejemplo el magnetismo, autoensamblaje controlado por computador, dispositivos ópticos y desarrollo de materiales inorgánicos.²⁶

8.4 NANOPARTÍCULAS

Las nanopartículas son pequeños grupos de átomos 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. Pueden fabricarse a partir de diferentes tipos de materiales (oro, polímeros, materiales magnéticos, etc.)

Se ubican como una de las aplicaciones más inmediatas de la nanotecnología con productos y sectores que ya están presentes en el mercado.

Algunas nanopartículas tienen las mismas dimensiones que algunas moléculas biológicas, las cuales pueden moverse dentro del cuerpo humano pasar a la

²⁶ ALZATE S Rafael. LOPEZ O Olga. Desarrollo y principales aplicaciones de la Nanotecnología. Revista Noos. Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales .Vol. 12 . 2001. p 132

sangre y entrar en órganos como el hígado y el corazón y podrían también atravesar membranas celulares.²⁷

8.5 NANOMATERIALES

La nanotecnología con el fin de construir y aplicar nanoestructuras funcionales para el mundo actual, establece y desarrolla las materias primas con las cuales trabaja para la obtención de su propósito. Estos materiales utilizados son llamados los nanomateriales, los cuales pueden obtenerse del medio ambiente con sus características naturales o pueden ser generados de forma sintética a los cuales se les atribuye características especiales.

Un nanomaterial es definido como, "aquel material que posee unas características estructurales que hace que al menos una de sus dimensiones esté en el intervalo e 1-100 nanómetros (nm)."²⁸

Muchas de las propiedades de los materiales dependen de cómo se comporten los electrones que se mueven en su seno y de cómo estén ordenados los átomos en la materia. En un nanomaterial, el movimiento de los electrones está muy limitado por las dimensiones del propio material. Además, la proporción de átomos en la superficie con respecto al interior es mucho más alta que en materiales de tamaño más elevado. Por consiguiente, al reducir la dimensión de un material, se modifican sus propiedades y en consecuencia se pueden diseñar materiales con propiedades a la carta.²⁹

²⁷ CANO G Hernán, MEDINA S Mariana. Nanopartículas Revista Ingenium. Facultad de Ingeniería. Vol 18 Diciembre 2008. p 47

²⁸ FIGUERAS, Albert, PASCUAL, Jordi. Nanomateriales. en: Nuevos materiales en la sociedad del siglo XXI. Disponible en Internet : < <http://www.csic.es/documentos/colecciones/divulgacion/materiales.pdf> [Consultado en : Marzo de 2010].

²⁹ Empecemos por el principio, los nanomateriales Abril 18 de 2008. Disponible en la internet: <http://munlait.wordpress.com/2008/08/18/90/>. [Consultado en: Marzo de 2010]

A su vez los nanomateriales pueden ser subdivididos en nanopartículas, nanocapas y nanocompuestos, esto dependiendo de la forma de paliación que se le atribuya.

En el caso de las nanopartículas como se menciona anteriormente, se trata de la más mínima expresión de la representación de nanopartes de un elemento en específico, por ejemplo nanopartículas de plata, de hierro, de carbón etc.

Hablar de nanocapas, es hablar de la utilización de la materia a escala nano para la fabricación de capas, ya sea de nanopartículas o de nanocompuestos a fin de realizar una tarea definida, por ejemplo, para reforzar una nanoestructura, delimitar una estructura biológica definida con nanocapas reactivas, etc.

En relación a los nanocompuestos se identifica como la agregación o conglomerado de varias unidades o elementos a escala nano que convergen en una misma ordenación para conformar un sistema estructurado, este se constituye según su dimensión (unidimensional, bidimensional y tridimensional), para participar como componente de la construcción de una escala nano superior según sea el caso.

Dependiendo del nanomaterial que se manipule se establece una relación directa sobre el campo de aplicación al que estará dirigido la nanotecnología, ya sea para la organización de la materia en aplicación ingeniería, biológica, química etc.

8.6 NANOFABRICACION

La nanofabricación se puede definir cómo transformar las materias primas los productos con las características y los funcionamientos deseados.

La nanofabricación tienen como objetivo las estructuras, los componentes, los dispositivos, las maquinas y los sistemas del material de construcción con las

características de nanoescala en una, dos o tres dimensiones, en el cual se hace uso de métodos especiales para realizar la estructuración nanotecnológica de componentes.

Dado que la nanotecnología implica la fabricación o construcción de partículas de escala muy pequeña, son varios los métodos actuales que permiten fabricar este tipo de componente de escala nano. Los métodos “Bottom Up” y “Top-Down” son utilizados comúnmente y cada uno de estos métodos tiene a su vez, una serie de técnicas específicas.³⁰

8.6.1 Métodos de nanofabricación

- **Top- Down.** Reducción de tamaño. Literalmente desde arriba (mayor) hasta abajo (menor). Los mecanismos y las estructuras se miniaturizan a escala nanométrica. Este tipo de nanotecnología ha sido el más frecuente hasta la fecha, más concretamente en el ámbito de la electrónica donde predomina la miniaturización. Esta técnica es una de las principales en la fabricación de circuitos integrados.
- **Bottom –Up.** Literalmente desde abajo (menor) hasta arriba (mayor). Se comienza con una estructura nanométrica como una molécula y mediante un proceso de montaje o autoensamblado, se crea un mecanismo mayor que el mecanismo con el que se comenzó. Este enfoque, que algunos consideran como el único y “verdadero” enfoque nanotecnológico, ha de permitir que la materia pueda controlarse de manera extremadamente precisa. De esta manera se podrán liberar las limitaciones de la miniaturización, muy presentes en el campo de la informática y la electrónica.

³⁰ ZULUAGA Diego, SANCHEZ Jenny, AGUILERA Alexis. Informe de vigilancia y tecnología. Métodos de fabricación de nanotecnología. Colciencias. 2007. p 30

- **Fabricación molecular.** El último paso para la nanotecnología de automontaje de adentro hacia afuera se denomina “nanotecnología molecular” o “fabricación molecular”, y ha sido desarrollada por el investigador K.Eric Drexler. Este método consiste en la capacidad de construir los dispositivos, las máquinas y eventualmente los productos enteros con cada átomo en su lugar especificado. Se prevé que las fábricas moleculares reales sean capaces de crear cualquier material mediante procesos de montaje exponencial de átomos y moléculas, controlados con precisión.³¹

8.6.2 Técnicas de nanofabricación. De acuerdo con Wolfgang, son varias las técnicas utilizadas actualmente para fabricar nanomateriales, nanoherramientas, y nanopartículas.

A continuación se presenta en el cuadro 1, una breve descripción de cada una de las técnicas de nanofabricación.

Cuadro 1. Técnicas de nanofabricación

TECNICA	PROCESO
Sol Gel	Es un proceso industrial establecido desde hace mucho tiempo para la generación de nanopartículas coloidales a partir de la fase líquida, para la producción de materiales nanotecnológicos.
Aerosol	Los procesos basados en aerosol son una técnica común para la producción industrial de nanopartículas. Los aerosoles se pueden definir como partículas sólidas o líquidas en una fase de gas, donde las partículas pueden extenderse de las moléculas hasta el 100 µm de tamaño
Disposición de	Consiste en activar una reacción química entre la superficie del

³¹ 2 Ibid., p.31

vapor químico	substrato y un precursor gaseoso.
Condensación atómica o molecular	Esta técnica se utiliza principalmente para el metal que contienen nanopartículas.
Autoensamblado	Compuestos orgánicos, biológicos, óxidos, metales y semiconductores inorgánicos se pueden procesar mediante la utilización de esta técnica. Se utiliza para ensamblar materiales de acuerdo con un orden específico.
Nanolitografía	Consiste en usar rayos de electrones para producir diseños en químicos foto-sensitivos, los cuales son después suprimidos para exponer la nueva superficie. Esta técnica es una de las principales en la elaboración de circuitos integrados.
Electrón Beam	Se emplea para hacer los componentes más pequeños en los substratos del silicio y es la técnica más eficaz de crear patrones en los substratos tales como mascarar de foto y mascarar de radiografía.

Fuente: Colciencias. 2007

8.7 NANOALIMENTO

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. 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 3.³²

³² MILLER Georgia, SENJEN Rye, FOLADORI Guillermo, INVERNIZZI Noela, ZÁYAGO Edgar Nanotecnología en la alimentación. Universidad de la República Montevideo, 2008 p 33

8.8 SURGIMIENTO DE LA NANOTECNOLOGÍA

Los albores propios de la nanociencia, apuntan a un momento puntualmente incierto en el desarrollo histórico del ser humano; momento en particular que se caracterizó por la adopción de un nivel insondable de conciencia y comprensión del ser humano frente a su propio entorno, en donde este reflexionó, reconoció y percibió que cada fracción de materia de cada objeto que le rodeaba, era un agregado de los denominados transitoriamente, *elementos esenciales*.³³

El interés por el estudio de la materia a escalas esenciales más allá de lo que permite percibir la visión humana, aunque incierto puntualmente, con certeza muy antiguo; la historia registra avances de esta noción desde el Siglo IV. A.C., con la corriente atomista, encarnada por los filósofos presocráticos, desde Parmenides y Meliso, pasando por Empédocles y Anaxágoras llegando hasta la cúspide teórica de aquella época, cuya interpretación de la realidad, y planteamientos más representativos de la época antigua frente a la composición de toda la materia inmersa en la propia realidad, precisando en su composición a diminutos, indivisibles, imperceptibles e imperecederos corpúsculos que se encuentran en constante movimiento en el vacío y que se diferencian entre sí, por su forma, orden y posición, y que a su vez el orden, la forma y la posición de estos corpúsculos, determinan las propiedades físicas y químicas de los objetos que conforman y las diferencias cualitativas elementales entre ellos..

Desde que Demócrito acuñó el término átomo (indivisible) y Albert Einstein estimó en un nanómetro el tamaño de una molécula de azúcar, (el término nanómetro - una milmillonésima de metro- se refiere a la escala de la materia dominada por moléculas y átomos individuales donde operan las leyes de la mecánica cuántica y el de se utiliza en la creación de estructuras hasta mil veces mayores), el

³³ GIRALDO G, Jairo. GONZÁLEZ Edgar. GÓMEZ B Fernando. NANOTECNOCENCIA: Nociones preliminares sobre el universo nanoscópico. UNIBIBLOS - Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2007. p 6

camino hacia las estructuras más pequeñas no ha dejado de cubrirse con nuevos hallazgos.

Einstein llegó a suponer los posibles alcances a que dieron lugar sus aportes, pero en absoluto imaginó que con su obra abriría las puertas a otro universo mucho más “grande”, en proporción a los alcances supuestos por el mismo; este universo, fue predicho varias décadas después por el físico estadounidense Richard Phillips Feynman (1959), quien en una conferencia en la American Physical Society: auguraba una gran cantidad de nuevos descubrimientos basados en su convencimiento de la manipulación, control y fabricación de nuevos materiales en dimensiones concebibles más allá de la escala atómica, él decía: “no me hablen de microdiapositivas, ni de filminas quiero saber de mover átomos y formar configuraciones distintas con ellos, escribir y crear con átomos”³⁴

Feynman planteo en su conferencia no solo la posibilidad de almacenar grandes cantidades de información en espacios tan reducidos como la cabeza de un alfiler, sino que también se anticipó en su ideal a la gran eventualidad de crear sistemas biológicos inteligentes a través de la manipulación y control de los materiales a escalas atómicas. Después de las palabras de Feynman y aunque hubo otros acontecimientos, se puede decir que en 1982 cuando Binnig y Heinrich Rohrer idearon una forma de interactuar y ver la materia a escala de los átomos y moléculas, esto con el desarrollo del "microscopio de efecto túnel", el cual permite visualizar átomos como entidades independientes; fue lo que realmente dio origen a la nanotecnología.

Este desarrollo tecnológico permitió una base real para el desarrollo posterior de la manipulación de materia a escala muy pequeña, y cuando se refiere a pequeña se habla de una escala de entre 1 y 100 nanómetros (entre 10^{-6} m y 10^{-9} m).

³⁴ FEYNMAN, Richard. There's Plenty of Room at the Bottom. An Invitation to Enter a New Field of Physics. 1959. Disponible en Internet: <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html> [Consultado en : Marzo de 2010]

8.9 ACONTECIMIENTOS HISTORICOS RELEVANTES PARA Y EN EL DESARROLLO DE LA NANOTECNOLOGIA³⁵

1905. Albert Einstein publica un artículo en el que calcula el diámetro de una molécula de azúcar en aproximadamente un nanómetro.

1931. Max Knoll y Ernest Ruska desarrollan el microscopio electrónico que permite obtener imágenes subnanométricas.

1959. El físico americano, Richard Feynman dio una conferencia en la American Physical Society, anunciando la posibilidad que se llegue a fabricar instrumentos a partir de átomos.

1964. Glenn Seaborg, premio Nobel de química, obtiene dos patentes en EUA sobre los elementos Americium No 95 y Curium No 96. Un antecedente llamativo en cuanto al patentamiento de elementos y materia nanodiseñada.

1966. Se realiza la película Viaje Alucinante que cuenta la travesía de unos científicos a través del cuerpo humano. Los científicos reducen su tamaño al de una partícula y se introducen en el interior del cuerpo de un investigador para destrozarse el tumor que le está matando. Por primera vez en la historia, se considera esto como una verdadera posibilidad científica.

1968. Alfred Y, Cho y John Arthur de los Laboratorios Bell y sus colegas inventan la epitaxia molecular (molecular-beam epitaxy), una técnica que posibilita depositar un solo nivel atómico (atomic layers) en una superficie.

³⁵Historia de la Nanotecnología. Disponible en internet: http://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/historia_nanotecnologia.htm. [Consultado : Marzo 12 de 2010]

1974. El ingeniero japonés Norio Taniguchi, acuñó el término "nano-tecnología", refiriéndose al trabajo con materiales de menos de un micrón, en un trabajo suyo publicado en el Proceeding of the International Conference of Production and Engineering.

1979. El químico Peter Wiles y John Abra de la Universidad de Canterbury, Christchurch, Nueva Zelandia descubrió pequeños rollos de átomos de carbón, que más tarde se llamaron nano-tubos. Hoy día son importantes ladrillos de muchas nano-tecnologías.

1981. Gerd Binnig y Heinrich Rohrer en la IBM, desarrollaron el microscopio electrónico de túnel de barrido (STM), que hizo posible ver átomos individuales y más tarde, moverlos.

1985. Los químicos Richard Smalley, Robert Curl y Harry Kroto, descubrieron el carbono 60, una molécula de carbono de forma de pelota de football de 0.7 nanómetros, que hoy en día tiene muchos potenciales usos en nano-tecnología.

1986. Reric Drexler, publica su libro de nano-tecnología, titulado "Máquinas de Creación", que crea una justificada alarma.

1987. Donald Cram, Charles Petersen y Jean-Marie Lehn, ganaron el premio Nobel por su trabajo en química supra-molecular, dando las bases para el auto-ensamblaje molecular.

1990. Don Eigler y Erhard Schweiz en la IBM, usaron el microscopio de túnel de barrido (STM) para escribir el nombre de la compañía IBM, usando 35 átomos de Zenón.

1991. Sumio Iijima de NEC en Tsukuba, Japón, descubre los nanotubos de carbón.

1993. Warren Robinett de la Universidad de Carolina del Norte y R. Stanley Williams de la Universidad de California de Los Ángeles desarrollan un sistema de realidad virtual conectado a un microscopio de exploración por túnel que permite al usuario ver y tocar los átomos.

1996. Sir Harry Kroto gana el premio Nobel por haber descubierto los fullerenes. Son partículas muy pequeñas de 100 nanómetros, 0.1 micrómetros de diámetro, mejor conocidas como nanopartículas, que pueden ser utilizadas para realizar casi cualquier cosa a escala microscópica³⁶

1997. La Ric University crea el primer laboratorio de nanotecnología en EUA. Así se establece la primera compañía específicamente nanotecnológica en EUA. Los ingenieros de la US Company Lucent Technologies en New Jersey, construyen un transistor de silicón de 60 nano-metros de ancho. Se fabrica la guitarra más pequeña del mundo. Tiene el tamaño aproximadamente de una célula roja de sangre, 10 micrómetros de largo y seis cuerdas de unos 50 nanómetros de ancho.

1998. Se logra convertir a un nanotubo de carbón en un nanolápiz que se puede utilizar para escribir. El grupo de trabajo de Cees Dekker de la Universidad Delft de Tecnología en los Países Bajos crea un transistor a partir de un nanotubo de carbón

2000. La administración de Clinton anuncia la Iniciativa Nacional en Nanotecnología, la cual, además de financiar ese campo de la investigación en EUA, también da un gran impulso a las expectativas que ésta genera. Las Eigler y

³⁶ ORTEGA Hernan. Nanotecnología. Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción. 2009. p .5

otros investigadores desarrollan el espejismo cuántico. Colocando un átomo magnético en un extremo de un aro elíptico de átomos, genera un espejismo del mismo átomo hacia una dirección determinada (según sea enfocado): una posible alternativa para transmitir información sin cables ópticos.

Investigadores de la Universidad de Cornell, extraen de una célula un motor biomolecular de 80 nano-metros de ancho y le agregan un rotor de metal para crear un motor nano-mecánico.

2001. Investigadores de la IBM en Nueva York y de la Universidad de Delft en Holanda construyen un circuito lógico usando nano-tubos de carbón. Mitsui & Co. de Japón hace públicos sus planes para manufacturar masivamente nanotubos de carbón

Los laboratorios Luncent y Bell, en alianza con la Universidad de Oxford, crean el primer nanomotor de ADN.

Satoshi Kawati de la Universidad de Osaka en Japón esculpe en resina una composición de toros de 10 micrones de largo por 7 de alto (el tamaño de una célula de sangre roja) por medio de una técnica llamada polimerización del dosfotón, la cual serviría para la creación de micromáquinas que permitirían llevar tratamientos clínicos a diversas partes del cuerpo humano, inclusive a los vasos sanguíneos más pequeños. Un paso a la construcción de nanomáquinas.

2002 IBM logra desarrollar un dispositivo de almacenamiento de información con capacidad de 1 billón de bits por pulgada cuadrada o lo que sería un disco duro de unas 100 gigas. Para agosto, esa misma multinacional informa que desarrolló un microscopio electrónico con capacidad para observar el radio de un solo átomo de hidrógeno.³⁷

³⁷ DELGADO R, Gian Carlo. Promesas y peligros de la nanotecnología. España: Red Nómadas, 2006. p 11,12

2003. El gobierno de Inglaterra encarga a una comisión que prepare un informe acerca de las repercusiones sociales, éticas y experimentales acerca de los efectos de la nano-tecnología.

2004. El jugador de tenis Roger Federer, gana el campeonato de Wimbledon usando una raqueta reforzada por nano-tubos de carbón.

2005: Estimaciones de la National Science Foundation de los Estados Unidos cree que para este año el mercado de la nano-tecnología alcanzaría a un trillón de dólares.³⁸

8.10 LA NANOTECNOLOGIA EN AMÉRICA LATINA³⁹

— En América Latina, es posible determinar tres conjuntos de países de acuerdo con el número de publicaciones científicas. El primer grupo es posible denominarlo “Países líderes en Latinoamérica” conformado por Brasil y México con 15 y 16 publicaciones, respectivamente

Un segundo grupo es posible denominarlo “países destacados” y en ellos están Puerto Rico y Argentina, con cinco y cuatro publicaciones científicas. Por último está un tercer grupo que son los “países con un interés naciente” entre los cuales se encuentra Colombia junto con Chile, Cuba, Perú, y Venezuela cada uno con un artículo científico en el tema.

— Con todo lo anterior es de notar la baja producción latinoamericana en relación con otras regiones del mundo como Europa, Asia y Norte América, puesto que en esa región los artículos solo alcanzan el 1 % del total de publicaciones

³⁹ ZULUAGA Diego, SANCHEZ Jenny, AGUILERA Alexis. Informe de vigilancia y tecnología. Métodos de fabricación de nanotecnología. Colciencias. 2007. p 18

científicas a partir del año 2000. Con respecto a la producción científica de Europa, América latina sólo alcanza un 3 % y en relación con estados unidos y los países asiáticos, la producción de la región representa un 4 %. Ello puede deberse a que Colombia y muchos de sus vecinos aún no tienen el suficiente dominio en estas “tecnologías convergentes” y a la poca disponibilidad de infraestructura, personal especializado y demanda.

— Específicamente para los países latinoamericanos, la dinámica de publicaciones científicas es muy similar a la dinámica creciente mencionada anteriormente en los países líderes. Pero esta región aún no alcanza una elevada producción de artículos científicos.

— En países como Brasil se han creado programas de fomento y apoyo a la nanotecnología. Las inversiones en este campo han aumentado progresivamente pasando de 19 millones de dólares en 2005 a 30 millones de dólares en el 2006. Además, se han establecido redes de cooperación con países como India y Sur África.⁴⁰

— Se ha identificado cierta dinámica de construcción de capacidades y de institucionalidad alrededor de la nanotecnología en algunos países latinoamericanos.

En México y Chile han creado grupos de investigación en las diferentes universidades para desarrollar la nanotecnología. Costa Rica inauguró el laboratorio en nanotecnología, el primero en Centroamérica. Argentina creó la fundación Argentina de Nanotecnología con recursos del gobierno.

⁴⁰ PORRUA Miguel A .La nanotecnología en América latina. Universidad Autónoma de Zacatecas.2008.p 4

8.11 CAPACIDADES COLOMBIANAS EN NANOTECNOLOGIA⁴¹

- Colombia ha incursionado en este tema mediante la creación de varias instituciones de orden privado, público y académico. La incursión se ha dado, principalmente, a través de la creación de grupos de investigación (20) de centros de investigación (2), de un consejo Nacional , de una red de cooperación y de una empresa de apoyo a la nanotecnología en el país.
- En los planes de desarrollo del país se considera la necesidad de iniciar y consolidar el estudio y los avances en la nanotecnología para que el país pueda aprovechar el mercado potencial que brinda este campo tecnológico.
- En el año 2005 se conformo el consejo Nacional de Nanociencia y Nanotecnología. De igual forma, se creó la red de investigación y el desarrollo de nanotecnociencias conformada por varias universidades y centros de investigación.
- En el plano de investigación aplicada se creó el centro de excelencia en nuevos materiales – CENM que investiga sobre nanotecnología y el centro de ciencia y tecnología Nanoescalar-Nanocitec que investiga sobre nanotecnología aplicada al campo de la medicina con énfasis especial en cáncer.

8.12 INFRAESTRUCTURA CON LA QUE CUENTA COLOMBIA

- Colombia cuenta con 20 grupos de investigación que declaran en sus líneas de investigación investigar sobre nanotecnología. Tales grupos representan el 6 % del total de grupos registrados en ScienTI para el programa nacional de Electrónica, Telecomunicaciones e informática (ETI). La universidad nacional de

⁴¹ 2 Ibid., p. 19

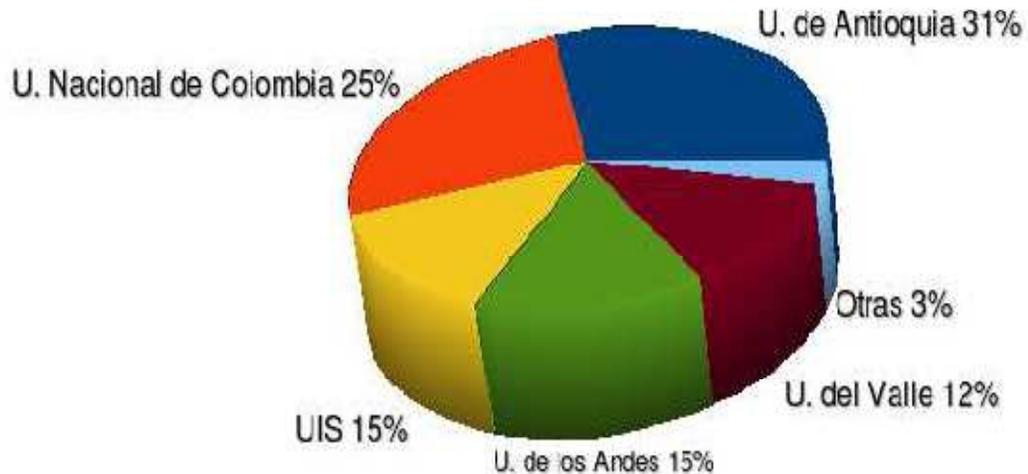
Colombia es la institución que cuenta con más grupos de investigación en este tema.

- Tales grupos de investigación cuentan con 322 investigadores que pueden ser considerados como la comunidad en nanotecnología. Esta comunidad representa el 1% del total de los 47197 investigadores registrados en SCienTI a septiembre de 2006 y un 8% del total de los investigadores (3884) registrados en los 329 grupos del programa ETI
- De estos 322 investigadores pertenecientes a los 20 grupos de investigación, 158 pueden ser considerados como la masa crítica del país por tener títulos en formación avanzada relacionada con ciencias que aplican a nanotecnología.
- Colciencias ha financiado y apoyado 12 proyectos (entre el 2002 y noviembre de 2006)

8.13 UNIVERSIDADES COLOMBIANAS QUE INVESTIGAN EN NANOTECNOLOGÍA.

Según un estudio bibliométrico realizado por estudiantes de la Universidad Nacional de Colombia de distintas disciplinas, se indica que la participación de las Universidades Colombianas en publicaciones indexadas de nanociencia y nanotecnología, está representado por 5 universidades principalmente, dentro de las cuales se encuentra la Universidad de Antioquia liderando con un 31%, seguida la Universidad Nacional con un 25%, la Universidad Industrial de Santander con un 15%, y otras como se observa en la grafica 1

Gráfico 1. Porcentaje de participación de las Universidades Colombianas en las publicaciones indexadas de nanociencia y nanotecnología.



Fuente: M. Arciniegas et. al. Ciencia, Tecnología y Desarrollo: Nanotecnología en Colombia. 2007

8.14 ASPECTOS FAVORABLES Y DESFAVORABLES QUE PUEDEN PROPICIAR EL DESARROLLO DE LA NANOTECNOLOGÍA

El desarrollo tecnológico y la inversión tanto de recursos como de conocimiento en este campo es muy alto, países como Colombia tienen un gran desafío por delante, toda vez que es indispensable para el desarrollo tecnológico invertir en conocimiento sobre las actividades, los procesos y las prácticas de los líderes mundiales en el tema y de esta manera estructurar estrategias de cooperación, de inversión tecnológica y de capacitación en este campo.

En el cuadro 2 se presentan estos aspectos favorables y desfavorables

Cuadro 2. Aspectos que pueden propiciar el desarrollo de la nanotecnología

Aspectos favorables	Aspectos desfavorables
<p>Iniciativas de cooperación y unión de trabajo (Consejo Nacional y Red de Nanotecnociencia).</p> <p>Iniciativas de Investigación (Centro nanoescalar Nanocitec y CENM)</p> <p>Iniciativas empresariales (Nanocolombia)</p>	<p>La infraestructura (tecnologías) del país es incipiente. Son pocas las tecnologías con las que cuenta el País</p>
<p>Existen 20 grupos de investigación que declaran trabajar en nanotecnología</p> <p>Colombia tiene 322 investigadores en los 20 grupos de investigación relacionados con la nanotecnología. De ellos 158 investigadores conforman la masa crítica en nanotecnología por su formación avanzada (maestría, doctorado y posdoctorado).</p>	<p>No se cuenta con programas especializados de formación en el tema.</p>

Fuente: Colciencias, (2007)

8.15 IMPLICACIONES PARA COLCIENCIAS Y PROPUESTAS DE DESARROLLO PARA COLOMBIA⁴²

— La incursión en el campo de la nanotecnología de manera decidida es difícil para países en desarrollo. Para realizarlo eficazmente se requiere construir una infraestructura tecnológica compleja, de un capital humano numeroso especializado y de un alto grado de coordinación y capacitación entre los

⁴² 3 Ibid., 21,22

actores involucrados. Esto es costoso, lleva tiempo y no está exento de riesgos.

- Sin embargo, a pesar de las dificultades previsibles, la posibilidad de construir capacidades nanotecnológicas que permitan incursionar en nuevos mercados, así como la importancia que se prevé tendrá la nanotecnología en la economía mundial, justifican que Colombia implante estrategias orientadas a incursionar decididamente en el desarrollo de capacidades en nanotecnología con miras a establecer una verdadera industria nanotecnológica nacional.
- Para construir las capacidades anteriormente mencionadas y conformar una industria nacional en nanotecnología se deben diseñar estrategias de mediano y largo plazo que convoquen a los distintos actores involucrados (Estado, academia, sectores productivos, entidades etc)

8.16 EMPRESAS COLOMBIANAS QUE HAN IMPLEMENTADO NANOTECNOLOGÍA A NIVEL INDUSTRIAL.

Agrosolar y Kemtek: La primera es una empresa de fertilizantes intercambio catiónico-zeolitas: esta empresa se dedica a producir fertilizantes minerales y correctivos para suelos, con materias primas de procedencia mineral.

Por otro lado, Kemtek es una empresa que desarrolló el producto llamado Sistema de Transporte Coloidal, también con aplicaciones en la agricultura y que le vende productos entre otras empresas a Agrosolar. Ellos aplican la nanotecnología mediante un producto llamado: Sistema de Transporte Coloidal (STC) que es la última tecnología aplicada a la agricultura, desarrollada por el Dr. Germán Moreno Moya, químico colombiano de la Universidad Nacional de Colombia. El Sistema de Transporte Coloidal (STC) esta patentado en Colombia y Latinoamérica como KEM-KOL® y en Europa, Asia, África y Oceanía como GREEMAX. Kemtek es una

empresa en Colombia que desarrollo el producto. Con el STC se reducen los niveles de residuos químicos en las cosechas, tiene un efecto verde en las plantaciones (GREENIG EFFECT) y finalmente se disminuyen los costos de producción.

Los beneficios de esta tecnología permiten reducir los costos de los fertilizantes, herbicidas, insecticidas, fungicidas hasta en 40% y nematicidas hasta un 90 %. La acción del (STC) permite actuar como un coadyudante globulizador logrando mayor eficiencia en la penetración y acción donde se aplica, además permite mayor cubrimiento de área, permite mezclar productos que aparentemente son incompatibles manteniéndolos activos en las mezclas y mejorando la micronización de partículas permitiendo la utilización de productos durante todo el día.⁴³

⁴³ AGROSOLAR. Correctivo y Fertilizante Mineral de última generación. Nanotecnología Aplicada al AGROSOLAR Disponible en Internet:
<http://agrosolar.org/index.php?controlador=locales&local=1&articulo=10> [Consultado en : Marzo 2010]

9. LA NANOTECNOLOGÍA Y SU APLICABILIDAD EN LA INDUSTRIA

9.1 ELECTRONICA, ENERGIA E INFORMATICA

Se espera que las estructuras nanoescalares jueguen un papel enorme en el almacenamiento de información y energía, dos elementos cruciales en casi todos los productos o procesos basados en la electricidad.

La tecnología nanométrica es ya responsable del elemento clave en la fabricación de discos duros de computadora. Además, los nano tubos han demostrado funcionar como transistores diminutos. A fines de agosto de 2001, los investigadores de IBM crearon un circuito capaz de ejecutar cálculos lógicos simples mediante un nano tubo de carbono auto ensamblado. En mayo de 2002, IBM informó que había creado transistores nano tubulares que sobrepasaban incluso a los modelos más avanzados de los dispositivos de silicio, y sobrepasaban también a los nano tubos diseñados con anterioridad, por tener más capacidad para conducir corrientes eléctricas. Los prototipos de los chips nano tubulares de las futuras computadoras saldrán de los laboratorios de IBM en un par de años. En suma, las potencialidades incluyen:

— La capacidad de almacenamiento de datos y la velocidad de procesamiento aumentarán dramáticamente y serán procesos mucho más baratos y eficientes en cuanto a la energía. En junio de 2002, los nano tecnólogos de IBM demostraron una densidad de almacenamiento de datos de un billón de bits por pulgada cuadrada, equivalente a un disco duro de 100 gigabytes, o 20 veces los datos almacenados magnéticamente en las computadoras actuales ⁴⁴

⁴⁴ FEISEE Lila. La inmensidad de lo mínimo. Ect group. 2003. p. 56,57

Según Gerd Binnig, uno de los expertos de IBM y Premio Nobel, “esta aproximación nano mecánica es potencialmente válida para un incremento de mil veces la densidad de almacenamiento de datos”.

— Bio sensores y chips que podrían llegar a ser ubicuos en la vida cotidiana, al monitorear cada uno de los aspectos de la economía y la sociedad. Por ejemplo, Nanomix Inc. diseña sensores a base de nano tubos para detectar peligrosas fugas de gas en las plantas químicas y las refinerías. La compañía afirma que cada sensor costará diez veces menos que los detectores de gas convencionales y operarán durante un año con pilas de reloj.

— Una dependencia mucho menor de los combustibles fósiles, de la potencia hidro eléctrica y de sus infraestructuras relacionadas. Se desarrollan también novedosos nano materiales para almacenar combustible de hidrógeno, por ejemplo, innovación que podría aumentar dramáticamente la eficiencia y disminuir el costo de los automóviles con celdas de combustible.

9.2 NANOTECNOLOGÍA Y COSMÉTICOS

La nanotecnología ya se encuentra en muchos productos que están en el mercado; por ejemplo, bloqueadores solares (cremas) que utilizan oxido de titanio (TiO₂) que es un material que en condiciones normales es de color blanco opaco y que es un buen agente bloqueador de radiación ultravioleta, pero en nanoescala es transparente manteniendo sus propiedades bloqueadoras.

Los productos cosméticos provocan temporalmente efectos de embellecimiento, no obstante la realidad muestra que con el tiempo causan efectos contrarios como el envejecimiento, el cual está lejos de la imagen de perfección. La piel y el cuerpo se deterioran aumentando la imagen negativa de la que huye el individuo.

La empresa ZYMES utiliza la nanotecnología para desarrollar una preparación de ácidos grasos Omega 3 que se disuelve en agua y que está diseñada para aplicaciones en cosméticos, cosmeticéuticos y nutracéuticos. Dado que los ácidos grasos Omega 3 proporcionan ácidos grasos especiales para la piel y para el cabello, este desarrollo tecnológico es una mejor plataforma para ácidos grasos Omega 3 solubles y otros compuestos lipofílicos no solubles en agua para una variedad de aplicaciones en productos para el cuidado personal.⁴⁵

9.3 INDUSTRIA TEXTIL

En el proceso de adquisición de una “vida más sencilla”, se observan aplicaciones de la nanotecnología, que busca el desarrollo de textiles resistentes a las arrugas y las manchas, las cuales no requieren procesos de limpieza tan seguidos como los textiles “normales” y por tanto no se desgastan tan rápido.⁴⁶

Nano - Tex, una empresa con sede en Estados Unidos, se encuentra a la cabeza de la industria de la moda con aplicaciones de nanotecnología. Sus nano telas han sido utilizadas por las marcas conocidas del mundo —incluidas Eddie Bauer, Lee, Gap, Old Navy y Katmandu. Nano Tex ha utilizado tres aplicaciones de la nanotecnología para producir textiles; el primero consiste en “adherir filamentos diminutos a las fibras textiles utilizando “ganchitos nanométricos”. Estos filamentos impiden que los líquidos penetren la superficie de la tela y la vuelven resistente a las manchas.” La segunda aplicación consiste en reunir las cualidades de las telas sintéticas y el algodón natural para generar procesos de secado rápido y resistencia a las arrugas. La tercera aplicación es una fibra sintética manipulada en el nivel nanoscópico que tiene la textura del algodón pero es mucho más fuerte.

⁴⁵ Artículo Nanotecnología y lípidos. Junio de 2007 Disponible en internet: http://portal.anime.com/nanotecnologia_y_lipidos.shtml . [Consultado en : Marzo de 2010]

⁴⁶ FUNDACIÓN HEINRICH BÖLL. Etc group. 2003. p. 26.

El MIT (Massachusetts Institute of technology) ha publicado artículos sobre tejidos interactivos, presentando que desde hace varios años los avances tecnológicos permiten implementar microchips electrónicos dentro de tejidos para desarrollar telas capaces de cambiar el color , emitir y recibir ondas de radio, o actuar como un teclado.

Son muchos sectores de opinión que hablan de que la integración de la tecnología con los tejidos tienen enorme potencial y que poco a poco empezaran a salir al mercado ropa, cortinas, sillones, persianas, papel para las paredes inteligentes. Por ejemplo una pionera de esta técnica, Maggie Orth, fundador, presidenta y única empleada de Internantional Fashion Machines ha creado una tela que cambia de color. Los tejidos contienen fibras que cambian los colores cuando unos controles electrónicos les calientan. También ha inventado una chaqueta musical, una prenda que tiene un teclado musical electrónico que se puede tocar apretando parte del bordado y un vestido de noche con luces que brillan al paso de la mujer que lo lleva.⁴⁷

Investigadores del MIT (Massachusetts Institute of technology)) dirigido por el profesor Yoel Fink han utilizado la nanotecnología para combinar unas capas muy finas de dos materiales distintos-una capa de plástico y otra de cristal. El resultado es una nueva fibra que puede reflejar toda luz que brille sobre ella. El ejército de los Estados Unidos pretende utilizar este avance para crear códigos de barra ópticos que permitirá distinguir a compañeros del mismo contingente durante la noche.

El nuevo nano-hilo podrá tener gran éxito comercial en el sector de la moda. Imaginar ir trabajo en ropa oscura y luego al volver a casa cambiarlo a un color más divertido para salir a cenar. Los científicos quieren crear ropa con un pequeño

⁴⁷ Los Tejidos inteligentes, la ropa del futuro. Junio de 2004. Disponible en internet : http://www.euroresidentes.com/Blogs/avances_tecnologicos/2004/06/los-tejidos-inteligentes-la-ropa-del.htm. [Consultado en : Marzo de 2010]

interruptor y kit de pilas, que permitirá cambiar el color de la ropa solo con encender el interruptor.

Dentro de las aplicaciones en este sector textil también se encuentran prendas de vestir que buscan mejorar la calidad de vida de personas que tienen problemas de salud directamente relacionado con el sistema inmunitario. Se encuentran prendas de vestir que ayudan a prevenir resfriados y la gripe. Tal es el ejemplo de prendas diseñada por Olivia Ong: “una prenda de vestir que puede prevenir los resfriados y la gripe, y que nunca necesita ser lavada, y otra que destruye los gases dañinos protegiendo al usuario del "smog" y de otros agentes contaminantes del aire.”⁴⁸

Estas prendas contienen tejidos de algodón que contienen nanopartículas electrostáticamente cargadas que crean un escudo de protección alrededor de las fibras de algodón. Las nanopartículas de plata utilizadas, poseen cualidades antibacterianas naturales que se fortalecen a escala nanométrica, característica útil para personas con alergias.

Las nanopartículas de paladio incrustadas, poseen la capacidad de oxidar el smog y proteger de aires dañinos presentes en el aire. Esta barrera sintética distinta a la piel, puede evitar el contacto del ser humano con el ambiente, fundándolo más susceptible y con una capacidad disminuida de respuesta inmunitaria ante bacterias a las cuales no se encuentra en su cotidianidad.

Otras aplicaciones son las telas tratadas con nanopartículas de dióxido de titanio y de magnesio que por medio de su actividad foto catalítica, contribuyen a la destrucción de agentes químicos y biológicos que son dañinos y tóxicos para la

⁴⁸ DELVALLE GONZALES, Yenier. 2007. Ropas con Nanopartículas. Disponible en la Internet: <http://www.ltunas.jovenclub.cu/mcpios/jobabo/joven-club/ropas-nanopartculas-6_es.html> [Consultado en : Marzo de 2010]

salud ⁴⁹. Sin embargo, en 1997 investigadores de las universidades de Oxford y de Montreal descubrieron que las nanopartículas de dióxido de titanio y óxido de zinc, promueven los radicales libres en las células de la piel y dañan el ADN. Se puede generar un beneficio al evitar o disminuir la exposición a sustancias que pueden perjudicar la salud, pero el costo llega a ser más alto, pues la penetración de nanopartículas a través de la piel afecta la funcionalidad de las células con un potencial efecto de tumores, mutaciones etc.

9.4 ELECTRODOMÉSTICOS.

La marca Samsung ha desarrollado una línea de electrodomésticos con la presentación de la Silver Nano Technology (Tecnología de Nano Plata), que busca minimizar la existencia de bacterias en el hogar. Las nanopartículas de plata, poseen características antibacteriales. Esta sofisticada tecnología remueve el 99.9% de dos microorganismos que son perjudiciales para la salud, el Staphylococci y la Escherichia coli.

Los electrodomésticos Samsung tales como las lavadoras, refrigeradores, purificadores de aire y equipos de aire acondicionado, han sido recubiertos con nanopartículas de plata, lo cual evita la proliferación de bacterias.

El objetivo de estos electrodomésticos es suministrar aire limpio reduciendo hongos y bacterias; mantener comida fresca durante más tiempo eliminando gérmenes de la superficie y el aire; y limpiar la ropa adecuadamente por medio de un proceso de lavado libre de bacterias. Estos procesos disminuyen la carga

⁴⁹ APLIMATEC. 2006. Innovaciones en el Ennoblecimiento Textil. Feria Internacional de aflicciones técnicas de los materiales textiles. España. Disponible en internet : <http://aplimattec.feriavalencia.com/gestiona/ferias/noticias/detalle>. [Consultado en : Marzo de 2010]

bacteriana, pero no se conoce el efecto directo de las nanopartículas de plata en el cuerpo humano.⁵⁰

9.5 MEDICINA

La nanomedicina puede decirse que es el área de la nanotecnología que emplea la habilidad de manipular la materia a escalas nanométricas para el diagnóstico, tratamiento y prevención de las enfermedades o el mejoramiento de las condiciones de salud.

9.5.1 Materiales nanoestructurados para mejores implantes. Algunos desarrollos a nivel nanoscópico tiene el potencial de crear nuevas generaciones de implantes médicos que estén diseñadas para interactuar con el cuerpo. Los materiales usados en el cuerpo humano deben poder adaptarse continuamente a los cambios dinámicos que ocurren dentro de él. Por ejemplo, los huesos no son materiales estáticos: a cada momento se están reparando y reconstruyendo. Para minimizar la interferencia con el crecimiento normal y el funcionamiento de las células que lo rodea, los implantes generalmente son hechos de un material inerte que no reaccione con el cuerpo. Los materiales bioactivos tienen la habilidad de interactuar con el tejido vivo y son los más promisorios para formar una interfase muy fuerte y duradera entre un implante y el tejido vivo que lo rodea. Algunos de ellos han logrado simular tan bien el tejido óseo, que el cuerpo no considera al implante como un cuerpo extraño.

Por ejemplo, se han desarrollado cementos artificiales nanoestructurados que reaccionan con los fluidos del cuerpo para formar apatita, la cerámica natural producida por el cuerpo humano.

⁵⁰ Nanotecnología: Samsung recubre los equipos con una nanoprotección de plata para una vida más limpia. octubre de 2005. Disponible en internet: <http://informativos.net/salud/nanotecnologia-samsung-recubre-los-equipos-con-una-nanoproteccion-de-plata-para-una-vida-mas-limpia>. [Consultado en : Marzo 2010]

Nuevos materiales nanoestructurados podrían ser usados para fabricar huesos, cartílagos y pieles artificiales que además de no ser rechazados por nuestro organismo, buscan ayudar a algunas partes del cuerpo humano a regenerarse. También se están usando en otras aplicaciones para sellar cavidades de los dientes.

9.5.2 Nanotecnología para combatir bacterias. Desde tiempos antiguos la plata y sus compuestos derivados los cuales tienen propiedades tóxicas contra una gran variedad de microorganismos como bacterias, virus y hongos, han sido aprovechados en la medicina, principalmente porque funcionan sin provocar efectos adversos en las personas. Como las nanopartículas tienen una mayor actividad química debido a su mayor cociente superficie/volumen, no es de sorprender que la plata, ahora en forma de nanopartículas pueda ser usada como bactericida.

El desarrollo de nuevos y más eficientes bactericidas es muy importante, debido al reciente aumento de cepas de bacterias resistentes a los antibióticos. En la actualidad nanopartículas de plata son usadas como agentes bactericidas en la instrumentación médica, por ejemplo catéteres, implantes, etc. También como agente cicatrizante y bactericida en vendajes, cremas y geles, o en la fabricación de textiles con propiedades antimicrobianas que reducen la proliferación de hongos y bacterias en la ropa, con lo cual se eliminan olores desagradables.⁵¹

9.5.3 Transporte de medicinas. Las nanoestructuras podrían ser usadas para almacenar y transportar medicinas al lugar exacto donde se necesiten, de esta manera se pretende que mitiguen los efectos secundarios de los actuales medicamentos. Por ejemplo, se pueden encapsular las moléculas en nanoestructuras que sean biocompatibles, de tal manera que, cuando lleguen al

⁵¹ TAKEUCHI Noboru. Algunas Aplicaciones de la Nanociencia y la Nanotecnología. Artículo especial revista Anestesia. Centro de Nanociencias y Nanotecnología Universidad Nacional Autónoma de México . 2009. Vol 21, p 232.

lugar indicado, se abran y puedan salir las moléculas del medicamento. Una posibilidad es la de usar dendrímeros, los cuales son moléculas esféricas poliméricas que pueden diseñarse a escala nanométrica con mucha precisión. Los dendrímeros cuentan con varias ramas o extremos libres en los que se pueden acoplar una variedad de moléculas.

Esta versatilidad los hace muy convenientes como módulos multifuncionales para monitorear y atacar enfermedades como el cáncer. El Profesor James Baker Universidad de Michigan colocó metotrexato, una poderosa medicina contra el cáncer a algunas ramas del dendrímero. En otras incorporó sustancias fluorescentes, mientras que en otra rama colocó ácido fólico, una molécula con mucha afinidad a un receptor en células cancerosas.

De acuerdo con el Prof. Baker “Las moléculas del ácido fólico del dendrímero se aferran a los receptores de las membranas celulares y éstas piensan que están recibiendo la vitamina. Al permitir que el folato traspase la membrana, la célula también recibe el fármaco que la envenena”. Experimentos de vitro y en vivo mostraron que este “nanodispositivo” entregaba su carga terapéutica exclusivamente en las células con los receptores de ácido fólico, mientras que las marcaban para su detección con luz fluorescente.

9.5.4 Quemando tumores. La nanotecnología también puede ayudar en la lucha contra el cáncer de otras maneras. Una forma de destruir un tumor es quemándolo. Esto es difícil de lograr sin dañar también el tejido sano de los alrededores, especialmente si el tumor está muy dentro del cuerpo. Investigadores de la Universidad de Rice en Estados Unidos de Norteamérica realizan estudios usando nanoesferas térmicas, las cuales son esferas de sílica (plástico) recubiertas con oro. Se usa el oro por varias razones: es un metal inerte, puede absorber la luz, además de que es biocompatible con el cuerpo humano. Se usan unas esferas de aproximadamente 130 nm de diámetro, debido a que con este tamaño absorben radiación en el infrarrojo cercano. Una radiación de esta

frecuencia puede penetrar dentro del cuerpo sin dañarlo. Estas Nanoesferas son recubiertas con anticuerpos, los cuales se pueden producir en grandes cantidades en el laboratorio, y son usados por el cuerpo humano para detectar la presencia de sustancias foráneas.⁵²

Cuando se introdujeron las nanoesferas con anticuerpos dentro del flujo sanguíneo de los ratones con cáncer, viajaron por el sistema circulatorio y se concentraron en los tumores de los ratones. Al exponer los animales a la luz infrarroja, las nanoesferas absorbieron energía y se calentaron, quemando los tumores y dejando el tejido de alrededor intacto

La nanotecnología ha permitido el desarrollo de nanodispositivos mucho más pequeños que las células humanas que los capacita, por su tamaño, para interactuar con los componentes fundamentales que forman parte de la estructura de las entidades biológicas responsables en gran parte de los comportamientos que provocan trastornos en la salud.

9.6 TRANSPORTE.

En la nueva generación de aviones de hoy en día, está extendido el uso de compuestos poliméricos en el fuselaje y otras piezas, con el fin de ahorrar combustible y reducir las emisiones. Varios fabricantes de aeronaves habían optado por compuestos que reducían el peso, pero para un rango limitado de aplicaciones. Los investigadores del CSIRO se han propuesto el objetivo de producir una nueva generación de materiales de compuestos poliméricos ligeros y superresistentes para su uso en aeronaves, vehículos de carretera, trenes y transbordadores.

⁵² TAKEUCHI N. Nanociencia y Nanotecnología: construyendo un mejor mundo átomo por átomo. Fondo de Cultura Económica y Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 2009. p 232

El equipo está diseñando y probando compuestos poliméricos todavía más ligeros y resistentes, con propiedades mecánicas mejoradas, que permiten una mayor flexibilidad de diseño y un estrechamiento del espesor de las paredes para lograr un ahorro peso adicional.⁵³

Esto se logrará con el uso de la nanotecnología. Mediante la dispersión de bajas concentraciones de aditivos especialmente seleccionados dentro de la matriz polimérica, los polímeros muestran mayor solidez, rigidez, resistencia al impacto, resistencia al fuego y reflectancia térmica.

9.7 DEPORTES.

Los últimos avances en la investigación sobre nanotecnología podrán afectar de forma importante el mundo del deporte. Según un artículo en USA TODAY, la empresa Nano Dynamics proyecta vender una pelota de golf que promete reducir de forma dramática los giros y movimientos a los que puedan estar sujetas las pelotas durante un partido de golf.

La empresa dice que ha descubierto cómo alterar los materiales en una pelota de golf a nivel molecular para que el peso dentro se mueva menos mientras gira la pelota. Cuanto menos se mueva, más recto va la pelota. "Se trata de controlar a través de la Física cómo se gira la pelota" según el consejero delegado de Nano Dynamics, Keith Blakely.

Desde hace tiempo los avances tecnológicos influyen en el deporte. En cascos de bicicleta, ropa deportiva. Un ejemplo de cómo los avances científicos pueden influir en el deporte es el tenis. Hasta hace unas décadas, las raquetas de tenis estaban hechas de madera. En los años ochenta las mejores raquetas se

⁵³ La nanotecnología y el sector transporte Disponible en <http://www.euroresidentes.com/Blogs/noticias-nano/2009/12/la-nanotecnologia-y-el-sector-del.html>. { Consultado en marzo de 2010}

fabricaban con grafito. Conforme los materiales se hacían más firmes y más ligeros, en el juego empezaba a predominar la velocidad y los saques potentes.

Una empresa japonesa fabrica una pelota de bolos a la que no le afectan los imperfectos de la superficie y que se queda en el centro de la pista. La empresa Wilson utiliza la nanotecnología para fabricar pelotas de tenis que tardan mucho más en desinflarse, y varias empresas están desarrollando palos de golf fabricados con nanotecnología.⁵⁴

Nanometales en palos de golf. Se aplican nanometales a los palos de golf, para crear palos más fuertes pero menos pesados. Los cubrimientos de nanometal con estructura cristalina son hasta 1.000 veces más pequeños que metales tradicionales pero cuatro veces más fuertes. Una cabeza de palo cubierta con nanometal que pesa menos podría permitir pegar la pelota con más fuerza y precisión. También se estudia la aplicación de nanometales a patines, para reducir la fricción sobre hielo, etc.

Nanotecnología y ciclismo. El Equipo Phonak utiliza una bicicleta que con una estructura que incorpora nanotubos de carbón. El fabricante suizo, BMC, afirma que el marco de su "Pro Machine" pesa menos de un kilo y goza de unos niveles excepcionales de rigidez y fuerza.

Para crear la estructura, BMC, aplicó tecnología compósita desarrollada por la empresa norteamericana Easton. Su sistema de resina realzada integra fibra de carbón en un matriz de resina reforzada con nanotubos de carbón. Según el fabricante, esto mejora la fuerza y resistencia en los huecos que existen entre las fibras de carbón.

⁵⁴ Nanotecnología y deportes. Disponible en internet:
<http://www.cienciaysociedad.info/nano/2008/07/nanotecnologia-y-deportes/> [Consultado en : Marzo 2010]

Easton colabora con Zyvex, empresa especializada en nanotecnología que proporciona los nanotubos para el sistema. Zyvex aplica un tratamiento especial a las superficies de nanotubo para que los tubos se disipen con mayor facilidad en otros materiales.

BMC afirma ser la primera empresa que ha logrado construir un marco de bicicleta utilizando nanotecnología de nanotubos de carbón. Además, la estructura no requiere ajustes mecánicos después del proceso de fabricación, lo que reduce que se ocasionen posibles daños a las fibras de carbón.

9.8 AGRICULTURA

Los detectores nano fabricados ofrecen potencial para ejecutar miles de experimentos en plantas con el fin de caracterizar y seleccionar simultáneamente genes, a partir de cantidades muy pequeñas de material. Se han desarrollado nano chips que tienen varios miles de puntos nanométricos, cada uno de los cuales contiene una pequeña cantidad de genes diferentes en una planta dada y son capaces de determinar la cantidad de dicho gene expresada por la planta. Cuando la expresión genética de decenas de miles de genes se prueba y luego se compara, los científicos pueden determinar cuáles genes se activan o se inhiben durante el proceso de crecimiento o durante alguna enfermedad.⁵⁵

En conjunción con los nano chips, la perspectiva de tener a la mano secuencias genómicas completas, nos brindará información que revele cuáles genes determinan una producción mejor o qué genes son afectados cuando una planta es expuesta a la presión del salitre o la sequía. Los nano chips permitirán caracterizar por completo un gene, molécula por molécula, en unas cuantas

⁵⁵ MOTTE Sandra. YAÑEZ Jaime. Nanoalimentos: Una Nueva Tecnología en Nuestras Mesas. Fundación Universitaria Iberoamericana, Diciembre 2008. p 4

horas. Hace menos de diez años, este mismo análisis habría ocupado a docenas de científicos durante años.

Otro ejemplo son los pesticidas inteligentes o nanocidas de las empresas Syngenta, Monsanto y BASF que ya han sido aprobados en Inglaterra y Estados Unidos.

Los nanocidas o pesticidas inteligentes usan un sistema de liberación controlada ya que se encuentran en pequeñas capsulas de polímero que son modificadas para que se adhieran específicamente a las partes de la planta que necesitan ser protegidas. Estas nanocápsulas se mantienen inertes hasta que el insecto (peste) empieza a consumir la planta y consume estas nanocápsulas y son los jugos digestivos específicos de la peste que liberan el pesticida dentro del cuerpo del insecto aniquilándolo y eventualmente exterminando a la peste.⁵⁶ En el cuadro 3 se presentan las Multinacionales pioneras en investigación y desarrollo de nanotecnologías productivas en el mundo.

Cuadro 3. Multinacionales pioneras en investigación y desarrollo de nanotecnologías productivas en el mundo.

Sector de la industria	Multinacionales
Computadores/electrónica	IBM, NEC, Fujitsu, Hitachi, Phillips, Hewlett Packard, Samsung, Motorola, Mitsubishi, General Electric, Microsoft
Farmacéutica/cuidado salud	GlaxoSmithKline, Smith and Nephew, Merck

⁵⁶ 2 Ibid., p 5

Producción/Almacenamiento de Energía	BP, Exxon, Chevron/Texaco, Shell, Halliburton
Textiles/vestuario	Burlington Industries, Nike, Gap
Defensa/Aeroespacial	Sandia/Lockheed Martin, Boeing, Qinetiq, Raytheon
Cosméticos	L'Oreal, Body Shop, Boots
Químicos	DuPont, Degussa, Dow, Henkel, ICI
Automóviles	BMW, Renault, GM, Ford, Caterpillar
Agricultura	Syngenta, Monsanto, Bayer

Fuente: CORPORATE WATCH. En: FOLADORI, Guillermo. Nanotecnología. Mercado vs Precaución. Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad. 2007.

10. NANOTECNOLOGIA EN LOS ALIMENTOS

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. 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.

Los analistas de nanotecnología estiman que el número de empresas que actualmente incluyen productos nanotecnológicos es de unas 400. Se están comercializando entre 150 y 600 nanoalimentos y entre 400 y 500 nano aplicaciones se presenta en el envasado de alimentos. Según un estudio de científica 2006, la mayoría de estas empresas se encuentran en estados Unidos, Australia, Nueva Zelandia, Corea del sur, Taiwán, China e Israel.⁵⁷

El uso de la nanotecnología varía en función de los materiales sobre los que se aplica:

- **Materias primas.** Las propiedades funcionales de muchas materias primas y el eficaz procesamiento de los alimentos se deben a nanoestructuras como celulosa o almidón, que determinan procesos como la gelatinización y afectan al valor nutricional de los alimentos. También las nanoestructuras que surgen en las interfases de aceite-agua o aire-agua determinan la estabilidad de las espumas y emulsiones alimentarias.

⁵⁷URIARTE M, BALD Carlos. Nanotecnología en la industria alimentaria. Revista : Alimentación, equipos y tecnología. No 235. Madrid. Julio 2008. p. 51

Un mayor conocimiento de la naturaleza de las nanoestructuras presentes en los alimentos permitirá mejorar los criterios de selección de las materias primas y la calidad e inocuidad de los alimentos.

- Complementos alimenticios. La estrategia general consiste en poner a punto nanotransportadores o nanomateriales para mejorar la absorción y biodisponibilidad de sustancias nutritivas agregadas, como vitaminas, nutrientes y minerales.
- Materiales inteligentes. Otro uso de la nanotecnología en la industria alimentaria guarda relación con los materiales de contacto con los alimentos. En la actualidad algunos nanocompuestos son ya usados como material de embalaje o recubrimiento para controlar la difusión de gases y prolongar el tiempo de conservación de diversos productos. Cada vez se utilizan más productos basados en la nanotecnología para elaborar materiales de contacto con los alimentos dotados de propiedades antimicrobianas. Las actuales investigaciones sobre ese tipo de superficies tienen por objeto conseguir sensores capaces de detectar la contaminación bacteriana y reaccionar contra ella.⁵⁸

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

- Métodos para reducir el contenido de grasas, carbohidratos o calorías o aumentar el contenido de proteínas, fibras o vitaminas en productos tales como

⁵⁸ PELAYO Maite. Nanotecnología, aplicaciones y métodos de regulación Disponible en: <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2008/04/10/176042.php>. [Consultado en: Marzo de 2010]

refrescos, helados, chocolate o papas chips, permitiendo así su comercialización como alimentos 'saludables'.⁵⁹

- 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).
- 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.
- Uso de "biología sintética" para diseñar nuevos organismos artificiales para el uso en la producción de colorantes, aromas y aditivos alimentarios, y en la producción de etanol de agro combustibles.

En el Cuadro 4 se presentan algunos ejemplos de usos actuales de nanomateriales en alimentos y envasado de alimentos.

⁵⁹ INVERNIZZI Y Noelia, MILLER Georgia, SENEIN Rye, ZÁYAGO Edgar Nanotecnologías en la agricultura y la alimentación. Universidad de la Republica de Montevideo, 2008. p 33,34

Cuadro 4. Ejemplo de usos de nanomateriales en alimentos y envasado de alimentos.

Tipo de producto	Nombre - fabricante del producto	Componente nano	Finalidad
Suplemento nutricional	Polvo Mycrohydrin de la línea de productos Nanoceuticals /compañía RBC lifesciences	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 hidrogeno y actúa como un potente antioxidante
Bebida nutricional	Oat Chocolate Nutritional Drink Mix (mezcla para bebida nutricional sabor chocolate y avena) / compañía Toddler Health	Partículas de hierro de 300 nm (Sun Active Fe)	Las partículas nanoscópicas de hierro tienen mayor reactividad y biodisponibilidad
Envasado de alimentos	Adhesivos para recipientes de hamburguesas de mcDonal's / compañía Ecosynthetix	Nanoesferas de almidón de 50-150 nm	Estas nanopartículas tienen una superficie 400 veces mayor a la de las partículas naturales de almidón. Cuando se utilizan como adhesivos requieren menos agua y por ende menos tiempo y energía para secarse.
Envasado de alimentos	Envoltorio plástico Durethan KU 2-2601/ compañía Bayer	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 Aquasol 7compañía AquaNova	Micela(cápsula) nano escalar de sustancias lipótilas o insolubles en agua	Al encerrar los ingredientes activos en nanocápsulas solubles se aumenta su absorción en el cuerpo (incluido células individuales)
------------------------	--	--	---

Fuente: INVERNIZZI Y Noelia, Nanotecnologías en la alimentación.

Cuadro 5. 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

COMPAÑÍAS		
Altria (Kraft Foods)	Glaxo-SmithKline	Nestlé
Associated British Foods	Goodman Fielder	Northern Foods
Ajinomoto	Group Danone	Nichirei
BASF John Lust Group Plc	Nippon	Suisan Kaisha
Bayer	H.J. Heinz	PepsiCo
Cadbury Schweppes	Hershey Foods	Sara Lee
Campbell Soup	La Doria	Syngenta
Cargill	Maruha	Unilever
DuPont Food Industry Solution	McCain Foods	United Foods
General Mills	Mars, Inc.	

Fuente: INVERNIZZI Y Noelia, Nanotecnologías en la alimentación.

10. 1 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. 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.

— 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 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. 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

— Kraft, Nestlé y Unilever están usando nanotecnología para cambiar la estructura de los alimentos. Kraft está desarrollando bebidas "interactivas" que cambian de color y sabor, por ejemplo un líquido con átomos suspendidos que se convierte en la bebida requerida (café, jugo de naranja, whisky, leche u otras) al someterlo a ciertas frecuencias de onda.⁶⁰

Estas bebidas "programables" no tienen sabor ni color pero contienen nanocápsulas con múltiples sabores y colores. El usuario solo tiene que calentar la bebida en el microondas por cierto período de tiempo y basado en ese tiempo podrá obtener bebidas con sabor y color de fresa o de naranja, o inclusive whisky o café.

— Por ejemplo, Shemen Industries de Israel ha creado un aceite de canola que contiene nanogotas que contiene vitaminas, minerales, y antioxidantes (fitoquímicos).

— El enfoque de encapsular nutrientes ha sido también usado para aumentar los beneficios a la salud en el caso de té y para aumentar el sabor en el caso de bebidas nutritivas con sabor a chocolate.

— La nanotecnología podría ayudar a prevenir la ingesta excesiva de sal. Según concluye una investigación encargada por la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN), el consumo medio de sal en España es de 9,7 gramos por persona al día, casi el doble de la dosis recomendada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), que la sitúa en menos de 5 gramos por persona al día. Las aplicaciones nanotecnológicas podrían reducir el tamaño de los granos de sodio y aumentar la relación de superficie expuesta, que se traduce

⁶⁰ MILLER Georgia, SENJEN Rye , FOLADORI Guillermo, INVERNIZZI Noela, ZÁYAGO Edgar Nanotecnología en la alimentación y agricultura..Universidad de la República Montevideo, 2008 p 33

en la necesidad de "menos cantidad de sal para lograr una determinada sensación de salado".⁶¹

— En Australia una compañía panadera ha diseñado nanocápsulas que contienen aceite de pescado (el cual es conocido por ser fuente importante de Omega 3). Estas nanocápsulas son incorporadas en uno de sus productos más vendidos y están diseñadas para soltar su contenido al llegar al estomago, evitando así sentir el sabor a pescado en el alimento.

— Se encuentra en desarrollo el mejoramiento del proceso para prevenir la oxidación del chocolate debido a la recristalización de la mantequilla de cacao, técnica descubierta por el suizo Windhab en 1990.

Este científico desarrolló un nuevo sistema trabajando con la estructura de cristales de la grasa del cacao y creó una estructura más densa y cristalina, que al mezclarse con otros elementos, permite una reducción significativa del proceso de oxidación del chocolate, alargando su duración sin afectar calidad, consistencia, sabor, olor ni otras propiedades.

La nueva técnica se llama "semilla pre-cristalizada" y usa nanotecnología para mejorar el proceso de cristalización. Está siendo estudiada para nuevas invenciones alimentarias, como el mejoramiento de procesos oxidativos en quesos mejorando textura, elevando proteínas y otros nutrientes que sin alterar la organoleptia, permite una mayor duración, menor presencia de grasas dañinas a la salud y un color más atractivo. Estas técnicas requieren de creación de micro y nano cápsulas difíciles de obtener. Para ello, se usan membranas muy finas que

⁶¹ CHAVARRÍAS Marta. Nanotecnología, también en los envases. Diciembre 2009 Disponible en <http://www.nanomercado.com/verNoticia/portada/Nanotecnologia--tambien-en-los-envases/>. [Consultado en : Febrero 2010]

permiten la formación de gotas a microescala y luego se centrifugan a velocidades bajas. Se espera mejorar la calidad y sanidad de los nuevos alimentos producidos bajo estas nuevas tecnologías.⁶²

— Unos científicos han utilizado la nanotecnología para convertir el papel en un sensor capaz de detectar toxinas en el agua potable.

El equipo, formado por investigadores de China y Estados Unidos, introdujo un papel de filtro normal en una disolución que contenía nanotubos de carbono- que pueden conducir la electricidad- y anticuerpos para la microcistina-LR, una toxina común y peligrosa.

Se seca el papel y se repite el proceso hasta que estén presentes los nanotubos suficientemente para hacerla conductora. Cuando el papel se sumerge en el agua contaminada, la toxina se une a los anticuerpos y afecta a la conductividad de los nanotubos en el trabajo de separarlos unos de otros. Este cambio en la conductividad es detectado por un dispositivo de corriente de medición.

El principal investigador Nicholas Kotov, de la Universidad de Michigan, Estados Unidos, declaró a SciDev.Net que la prueba es "rápida, sensible y simple". La sensibilidad de la prueba cumple con las normas de la OMS para la detección de la toxina en el agua potable.

"La sensibilidad de la prueba es comparable con las mejores técnicas bioquímicas, tales como espectrometría de masas y el tiempo de análisis es mucho más corto - por lo menos 28 veces - y no requiere una formación especializada."⁶³

⁶² ROJAS Gustavo. Nanotecnología en los alimentos . Artículo revista Agronomía y forestal. 2007. Vol 33. p. 31

⁶³ Cheap paper nano-sensor detects water toxins. Junio 2010 Disponible en internet: <http://www.environmental-expert.com/resultEachPressRelease.aspx?cid=33596&codi=78584&lr=1> [Consultado en: Marzo 2010]

Dijo que la prueba podría ser aplicada a otras toxinas y productos químicos en el agua o los alimentos simplemente cambiando el anticuerpo.

El método puede ser utilizado en países desarrollados y en desarrollo. "Es sencillo de usar por cualquiera," dijo Kotov. El principal obstáculo a la fabricación de la prueba es la financiación, dijo, pero él no contempla la prueba sería caro, ya que es basado en papel.

Mohamed Abdel-Mottaleb, profesor asistente de nanomateriales en la Universidad del Nilo, Egipto, dijo que la prueba podría permitir la rápida detección de las toxinas no sólo cuando entran en sistemas de agua potable, sino también en el punto de uso.

Como es sabido el oxígeno produce la descomposición mediante la degradación de la estructura química de los alimentos, la acción de enzimas existentes en el propio alimento provocan en las biomoléculas reacciones químicas que las transforman y alteran el producto además de la multiplicación de microorganismos presentes en ellos que pueden producir sustancias tóxicas que a la vez pasan a los alimentos es por eso que muchos de ellos están envasados al vacío.

- Modificando el fitoglicógeno, una nanopartícula que compone casi el 30 por ciento de la masa seca del maíz dulce, Yuan Yao, profesor adjunto de Ciencias de los Alimentos de la Universidad de Purdue, ha conseguido que los alimentos no se pongan rancios. La modificación de la nanopartícula unida a los aceites de los alimentos ha comprobado que actúa como una barrera frente a la degradación de la comida.

A nivel químico, el profesor Yao consiguió modificar la superficie de la nanopartícula haciéndola más densa y delgada que los emulsionantes normales, lo que crea una mejor defensa frente a los agentes que causan la oxidación de los lípidos (oxígeno, radicales libres e iones de metal).

Esta oxidación ocurre en una gran cantidad de alimentos acortando su tiempo para ser consumidos. Por ejemplo, esta degradación química se produce en los

aceites de pescado. La oxidación de los lípidos degrada los ácidos Omega 3, esenciales durante el desarrollo infantil y que previene de ataques al corazón en los adultos ⁶⁴

10.2 APLICACIONES EN ACEITES, GRASAS Y OTROS PRODUCTOS AFINES

No hay duda de que la nanotecnología tiene un papel preponderante en la investigación y la producción de la industria de aceites y grasas. Los nuevos desarrollos tecnológicos permiten a las empresas ahorrar costos y elaborar productos más saludables y también con mayor vida de anaquel. Existen ya algunos ejemplos de la aplicación de la nanotecnología en la industria de aceites y grasas y productos afines.

— AQUA NOVA, una empresa alemana desarrolló Novasol, un nuevo sistema para la aplicación de antioxidantes mediante el uso de nanotecnología.

Novasol ayuda a proteger a los aceites y grasas del proceso de oxidación. Puede ser utilizado en una amplia gama de alimentos con ingredientes de aceite, grasa, aceites esenciales y otros productos que contengan lípidos. El sistema está diseñado para que los fabricantes de alimentos puedan introducir antioxidantes en alimentos y bebidas, de forma fácil, rápida y efectiva.

La innovación que incluye Novasol es que consiste en una solución que está lista para usarse y que es soluble tanto en agua como en aceite, La micela del producto es una nanopartícula que tiene un diámetro promedio de alrededor de 30 nanómetros y permite la creación de una solución de micelas estables. Las micelas pueden transportar cualquier cosa desde vitamina C a vitamina E o bien

⁶⁴ MIRANDA NARDELLI Anahi . Una nanopartícula evita que los alimentos se pongan malos. Enero 2010
Disponible en internet: <http://www.delasalud.com/una-nanoparticulo-hace-que-los-alimentos-no-se-pongán-malos/>. [Consultado en: Marzo de 2010]

Q10 hasta vitamina A, y la tecnología también permite obtener sustancias hidrofílicas solubles en grasas y sustancias lipofílicas solubles en agua.

Novasol está específicamente dirigido a los fabricantes de alimentos y bebidas que desean introducir Vitamina C y vitamina E en sus productos. Estos efectivos antioxidantes pueden realizar sus características mutuamente, creando una sinergia en sus funciones antioxidantes, pero ya que el ácido ascórbico (vitamina C) sólo es soluble en agua y el tocoferol (vitamina E) es soluble en grasas y aceites, requieren de Novasol, que se encarga de integrar ambos compuestos dentro de la misma miscela nanoestructurada, donde no tienen contacto directo entre ellos pero si desarrollan la sinergia comentada que permite realzar su función antioxidante.⁶⁵

— Otra innovación basada en tecnología de nanopartículas es Oilfresh, un dispositivo que está diseñado para prolongar significativamente la frescura de un aceite que se usa para freído profundo, normalmente, cuando un aceite de cocina es expuesto al calor en una freidora empieza a deteriorarse. Las moléculas de grasa reaccionan con el oxígeno y se empiezan a polimerizar y a agrupar, lo que le da al aceite una consistencia viscosa. Oilfresh, es una placa metálica, plana y vertical, elaborada con nanocerámica, que se inserta en la freidora para inhibir el proceso de polimerización del aceite de freído, reduciendo su deterioro y evitando que aumente su viscosidad. Los efectos positivos incluyen alimentos fritos con mayor consistencia y menor costo; una tecnología que beneficia la salud humana y es amigable con el medio ambiente.

La empresa OILFRESH ¿Cómo lo logró? Fundiendo partículas (pellets) de nanocerámica para crear una superficie protectora en el catalizador. Estas

⁶⁵Nanotecnología y lípidos. Noviembre de 2007. Disponible en internet: http://portal.anime.com/nanotecnologia_y_lipidos.shtml. [Consultado en: Marzo de 2010]

partículas son muy pequeñas e impiden que el oxígeno pase a través de ellas, por consiguiente, el oxígeno es bloqueado por el aceite y, dura más tiempo en condiciones estables. Además, permite un freído más rápido a una temperatura ligeramente menor, para obtener una mejor textura en los alimentos sin pérdida de sabor y previniendo el desarrollo de sabores indeseables. El dispositivo puede permanecer en la freidora entre cada uso y se limpia sumergiéndolo en agua hirviendo dos o 3 veces al mes.

Otra aplicación de la nanotecnología es la fabricación de un helado más saludable. UNNILEVER está desarrollando helado con bajo contenido en grasa mediante la disminución del tamaño de las partículas de emulsión, que son las que dan al helado su textura. La empresa considera que al reducir a la mitad el tamaño de las partículas responsables de la emulsión, necesaria para hacer helado, podría utilizar 90% menos emulsión. El resultado sería un helado-que tradicionalmente contiene entre 8% y 16% de grasa- con menos de 1% de grasa.⁶⁶

Nanopartículas lípidas. Las nanopartículas lípidas tienen una estructura similar a la de las nanoemulsiones. El tamaño típico de las nanopartículas oscila entre 50 y mil nanómetros. En las nanoemulsiones, el núcleo graso está en estado líquido, mientras que en las nanopartículas lípidas, el núcleo graso está en estado sólido. Para estabilizar la partícula de lípidos sólidos contra la aglomeración, se pueden agregar polímeros o surfactantes; como en el caso de las nanoemulsiones, entre las cuales, las lecitinas naturales son las preferidas.

Si las nanopartículas de lípidos se emplean como transportadoras, los ingredientes activos, finalmente se dispersan en la matriz grasa. Los beneficios de emplear nanopartículas de lípidos, ya que, debido a su buena estabilidad física y

⁶⁶ Nanotecnología y lípidos. Noviembre de 2007. Disponible en internet: http://portal.aniname.com/nanotecnologia_y_lipidos.shtml. [Consultado en: Marzo de 2010]

su compatibilidad con otros ingredientes, es posible agregarlas a las formulaciones existentes sin ningún problema.

10.3 NUTRACÉUTICOS

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 sustancias que pueden ser consideradas como un alimento o parte de un alimento , pero que se vende en forma de píldoras, polvos, (pociones) y otras presentaciones farmacéuticas no asociadas generalmente con los alimentos y que han demostrado tener propiedades fisiológicas beneficiosas o protege contra enfermedades crónicas.⁶⁷

Este tipo de alimentos no requieren de una prescripción médica y son atractivos para la gente pues se considera que los hace más fuertes y saludables, y por consiguiente proporciona más energía y previene enfermedades. Algunas personas se inclinan a adquirir estos productos cuando sienten que los tratamientos estándares no dan resultado agregando el hecho que las personas pierden paulatinamente la “fe” en los tratamientos alopáticos y buscan sanar sus enfermedades en productos “de marca” que culturalmente se consideran mejores.

Los nutracéuticos son sometidos a distintos sistemas de suministro de nanopartículas en su proceso de producción con el fin de mejorar la absorción de estos en el organismo. Por ejemplo, varios científicos afirman que se utilizan micelios, los cuales tienen la propiedad de encapsular moléculas no polares como lípidos, saborizantes, antimicrobianos, antioxidantes y vitaminas.

⁶⁷ MAZZA G . Alimentos funcionales, aspectos bioquímicos y de procesado. Editorial Aribia S.A , 2000, p. 403

Cuadro 6. Ejemplos de aplicaciones a nanoalimentos Funcionales

Tecnología	Aplicación	Propiedad
Nanoencapsulación	Micronutrientes	- Mejora biodisponibilidad - Mejora Absorción y estabilidad
	Nutracéuticos	- Mejora Absorción y estabilidad - Controla Liberación
	Enzimas	- Controla actividad
Nanoemulsión	Micronutrientes	- Mejora dispersión/Absorción
	Hidrocoloides	- Coadyudante, Mejora, Dispersión Nutrientes
Nanopulverización	Micronutrientes	- Mejora Dispersión / Absorción

Fuente. www.alimentacion.enfasis.com/adjuntos/24/documentos/.../0000062249.pdf

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. 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.

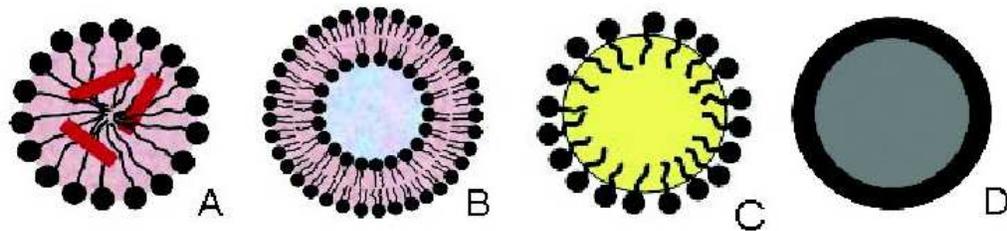
Sistemas de Suministro de Nanopartículas en Alimentos y Grasas. Cuando las moléculas anfifílicas como los surfactantes, lípidos y los co-polímeros que

tienen característica polar y no-polar, son dispersados en un solvente polar, las interacciones hidrofóbicas hace que ellas espontáneamente se auto-ensamblen en un montaje de fases de líquido cristalino, liotrópicos, termodinámicamente estables, con escalas de longitud características en los nanómetros. Estas incluyen micelios, estructuras (tubulares) hexagonales, estructuras lamelares y cubosomas, los cuáles poseen un alto grado de orientación molecular, a pesar de la realidad que ellos existen en un estado líquido.

Micelios. Los micelios son partículas esféricas sub-micrónicas, típicamente 5-100 nanómetros en diámetro, que son formadas espontáneamente por la disolución de surfactantes en agua a concentraciones que exceden un nivel crítico, conocido como "concentración crítica del micelio". Estos compuestos no son solubles en agua o son ligeramente solubles, pero pueden con la ayuda de micelios, ser solubles en agua. Micelios conteniendo materiales solubilizados son denominados microemulsiones o micelios hinchados.

En la figura 20 se puede apreciar (A) Microemulsión, (B) Liposoma, (C) Nanoemulsión, (D) Nanopartícula biopolimérica

Figura 20. Esquema de sistemas de nanopartículas



Fuente: http://grasaciencia.blogspot.com/2006_05_01_archive.html

— Aplicaciones exitosas de microemulsiones incluyen la encapsulación de limonene, licopeno, luteína, y ácidos grasos omega-3 usando una variedad de emulsificantes grado alimenticio, a pesar que en algunos casos se usó al etanol como surfactante. Se han realizado aplicación de patentes, para incorporar aceites esenciales saborizantes a bebidas carbonatadas y para encapsular alfa-tocoferol con el fin de reducir la oxidación de los lípidos en el aceite de pescado.⁶⁸

10.4 BIOSENSORES.

Los Biosensores son denominados los nanoanalistas de los alimentos. Un biosensor es un nanodispositivo compacto de análisis integrado por un elemento de reconocimiento biológico (enzima, orgánulo, tejido, célula, receptor biológico, anticuerpo o ácido nucleico) o biomimético (polímeros de impresión molecular [PIMs], ácidos nucleicos peptídicos [PNAs]), asociado a un sistema de transducción de señal, que permite, empleando el software con los algoritmos apropiados, procesar la señal (eléctrica, óptica, piezoeléctrica, térmica o nanomecánica) producida por la interacción entre el elemento de reconocimiento y la sustancia u organismo que se pretende detectar (analito).

Los biosensores se caracterizan por su alta especificidad, sensibilidad y fiabilidad, su corto tiempo de análisis, su capacidad de multianálisis y para incluirse en sistemas integrados, su facilidad de automatización, su capacidad para trabajar en tiempo real, su versatilidad, la facilidad de su manejo, su portabilidad y miniaturización, su durabilidad y su bajo costo de producción y mantenimiento. Dentro de los Biosensores empleados en la industria alimentaria se tienen:⁶⁹

⁶⁸ CHACÓN, Oscar. Nanotecnología en grasas y alimentos nutraceuticos y funcionales. .Venezuela 2006. Disponible en la Internet en: <<http://grasasciencia.blogspot.com/2006/05/nanotecnologia-en-grasas-y-alimentos.html>>. [Consultado en : Marzo de 2007]

⁶⁹ ALMENGOR Leticia . Nanotecnología en la industria alimentaria. Revista electrónica No 13 de facultad de Ingeniería universidad Rafael Lindavar. JULIO 2009. p 41,42

10.4.1 Microarrays o biochips (nanochips). Son pequeños dispositivos que contienen de forma ordenada una colección de moléculas biológicas (ácidos nucleicos, proteínas, anticuerpos o tejidos), ordenadas en dos dimensiones e inmovilizadas sobre un soporte sólido.

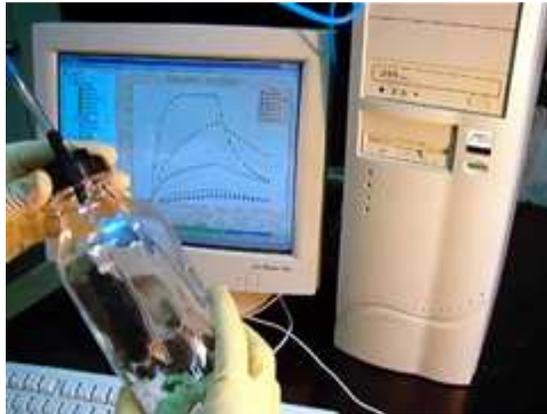
En los microarrays de ADN se inmovilizan fragmentos de material genético monocatenarios (denominados sondas), que pueden ser secuencias cortas de ADN (oligonucleótidos), ADN complementario sintetizado a partir del ARNm de un gen (ADNc) o fragmentos de ADN obtenidos mediante la replicación in vitro de moléculas de ADN mediante la reacción en cadena de la polimerasa o PCR (productos de PCR); de forma general, los ácidos nucleicos de las muestras a analizar se marcan por diversos métodos (enzimáticos, fluorescentes, radiactivos, etc.) y se incuban sobre el microarray con el objeto de que tenga lugar el reconocimiento entre moléculas complementarias (hibridación), que se detecta mediante escáneres, fluorímetros, etc.

10.4.2 Nariz Electrónica. Es un instrumento olfativo artificial que es capaz de realizar análisis cualitativos y/o cuantitativos de una mezcla de gases, vapores y olores, incluso cuando están presentes a concentraciones muy bajas (partes por billón).

De forma general, una nariz electrónica consta de un sistema de exposición al aroma (que contiene la muestra a analizar), una cámara de medida (que contiene la matriz con los sensores) y un sistema informático (que registra y procesa los resultados). De los cinco sentidos, el olfato siempre ha sido el más difícil de definir y objetivizar; sin embargo, esto deja de ser un problema con las narices electrónicas, que crean huellas olfativas digitales objetivas, reproducibles y fiables.⁷⁰ En la figura 21 se presenta un prototipo de nariz electrónica.

⁷⁰ ALMENGOR Leticia . NANOTECNOLOGÍA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA Revista Electrónica No 13 . Facultad de ingeniería Universidad Rafael LINDAVAR . JULIO 2009. p 42

Figura 21. Prototipo de nariz electrónica



Fuente: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188

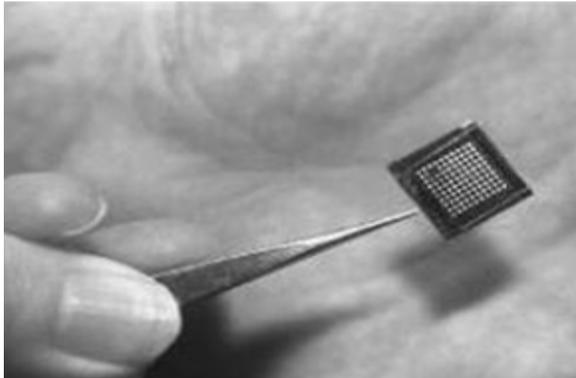
10.4.3 Lengua Electrónica. Es un dispositivo con un funcionamiento similar, aunque en este caso la muestra a analizar es un medio líquido, del que se detecta artificialmente su sabor mediante sensores capaces de reconocer y cuantificar los cuatro sabores básicos.⁷¹ Ver figura 22

Funciones

- Análisis de composición
- Estimación de la vida útil y frescura,
- Detección y neutralización de microorganismos alterantes y patógenos, aditivos, fármacos, toxinas, metales pesados, plaguicidas
- Detección de factores antinutricionales y alérgenos; nanoenvases, nanoetiquetado, miniaturizado y desarrollo de nuevos alimentos son algunos de los términos asociados, actualmente, a la nanotecnología.

⁷¹ Lengua electrónica. Disponible en internet: http://www.percepnet.com/cien10_02.htm. [Consultado en: Marzo 23 de 2010]

Figura 22. Lengua electrónica



Fuente: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188

10.4.4 Sensores químicos. Considerando el funcionamiento del sistema gustativo, se puede establecer cierta analogía entre las células del gusto y los sensores químicos. Por ejemplo, las células que detectan el gusto ácido, reciben estímulos ante la presencia de protones disociados de ácidos; las del gusto salado, detectan la presencia de iones sodio y cloruro, las del gusto dulce detectan la presencia de moléculas de glucosa o sacarosa, etc. En el caso de los sensores, cada uno de estos compuestos interacciona con la membrana receptora dando lugar a una señal eléctrica. La suma de estas señales para todos los compuestos de una muestra y para cada sensor da lugar a una huella que determina la respuesta del sensor.

Por tanto, para la medida del sabor, se requiere un conjunto de sensores, cada uno con una sensibilidad y especificidad distinta. A diferencia de los clásicos sensores químicos, en los cuales se busca la máxima selectividad, en estos sensores no se requiere especificidad a una especie, sino la medida de la intensidad o la calidad que ofrece el conjunto de una serie de sustancias presentes en una cantidad determinada. Las lenguas electrónicas funcionan según este principio.

Un sensor consta de varios elementos: la membrana sensora, el transductor que convierte la señal química en una señal física eléctrica u óptica, y el circuito que adquiere la señal y la acondiciona para su lectura.

Las membranas pueden contener distintos receptores según el compuesto a detectar. Por ejemplo, receptores iónicos, enzimas y células. Normalmente el analito o compuesto a detectar interacciona con el receptor de la membrana originando una señal química. Esta señal es convertida por el transductor en una señal física, normalmente eléctrica u óptica. Esta señal es amplificada y acondicionada para su lectura en un circuito o instrumento de medida. La lectura de la señal se puede realizar a través de una pantalla (digital o analógica) o a través del PC.

La legislación alimentaria es cada vez más estricta en lo que respecta a la calidad y seguridad de los alimentos que se producen y comercializan, por lo que es necesario disponer de tecnologías adecuadas que permitan cumplir y verificar el cumplimiento de todos los requisitos legales en materia alimentaria. En este sentido, las características de los biosensores los convierten en excelentes instrumentos capaces de competir exitosamente en el mercado agroalimentario con otras tecnologías para contribuir al control de la calidad y seguridad alimentarias.

Así, por ejemplo, estos dispositivos pueden aplicarse, y de hecho algunos ya se aplican, a la trazabilidad alimentaria, al análisis de la composición de los alimentos, a la estimación de su vida útil y grado de frescura, a la detección de fraudes alimentarios (ej., sustitución de una especie animal por otra de menor valor económico, presencia de harinas cárnicas y de pescado en piensos, etc.) y a la detección y cuantificación de compuestos xenobióticos (ej., aditivos, fármacos, plaguicidas, fertilizantes, dioxinas, PCBs, metales pesados, etc.), componentes de los alimentos (ej., antinutrientes, alérgenos, grasas, etc.), biotoxinas (ej., toxinas

bacterianas, toxinas fúngicas o micotoxinas y toxinas marinas) y microorganismos alterantes y patógenos (bacterias, hongos, levaduras, virus y parásitos).

Aunque las principales aplicaciones de los microarrays y otros biosensores van dirigidas a la investigación genómica y la medicina, ya se dispone de dispositivos específicos (basados en la hibridación de ácidos nucleicos y en interacciones antígeno-anticuerpo) para la detección de *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus Aureus*, *Clostridium Botulinum* y otros microorganismos cuya presencia se da en los alimentos y/o la de sus toxinas (ej., enterotoxinas estafilocócicas, toxina botulínica, etc.) puede suponer un peligro para la salud de los consumidores.

Por otra parte, las narices y lenguas electrónicas tienen numerosas aplicaciones para el control de la calidad de los alimentos (principalmente carnes, pescados, quesos, frutas, zumos y bebidas como vino, cerveza, agua mineral y café), tanto durante el proceso de producción como en el producto final. Así, por ejemplo, estos dispositivos electrónicos miniaturizados pueden emplearse para la clasificación de sabores y aromas, determinación de ingredientes, detección de contaminantes, inspección del grado de frescura, control de los procesos de fermentación, maduración, cocción, etc., determinación de la graduación alcohólica, etc.

10.5 METODOS MODERNOS DE PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS QUE PRODUCEN NANOPARTICULAS

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.⁷² 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.

10.6 NANOTECNOLOGIA EN EL ENVASADO DE ALIMENTOS Y EN MATERIALES EN CONTACTO CON ALIMENTOS

El área de nanomateriales destinados a la industria de alimentos es uno de los sectores de mayor potencialidad para aplicaciones industriales. Muchas son las áreas del estudio de los alimentos donde la nanotecnología puede realizar grandes contribuciones.

Es así como mediante diferentes nanoestructuras, los polímeros (plásticos) pueden llegar a presentar diferentes valores de permeabilidad al vapor de agua/gases, para atender los requisitos de preservación de frutas, verduras, bebidas, etc. También pueden ser obtenidos materiales poliméricos con mayor resistencia a la luz, propiedades mecánicas y térmicas incrementadas. Estas modificaciones en los materiales pueden significar aumentos en el tiempo de

⁷² Sanguansri P, Augustin M. 2006. Nanoscale materials development - a food industry perspective. Trends Food Sci Technol 2006. p 547.

almacenamiento del producto, menores pérdidas de las características químicas, físicas, organolépticas, además de facilitar el transporte⁷³.

Recientemente, ha sido introducido en el mercado cerveza en botella de plástico, la cual está hecha de una resina de nylon que la hace la botella más ligera, más resistente, más barata, y con una alta barrera de protección de entrada de oxígeno dentro de la botella. Algunos nanoingredientes utilizados incluyen nanopartículas de hierro o zinc, nanocápsulas que contienen coenzima Q10 u Omega 3 y nanoaditivos.

Los materiales de embalajes para estos productos, específicamente los polímeros, son ampliamente utilizados en muchos de los alimentos y productos farmacéuticos consumidos hoy en día. Los polímeros son usados específicamente en filmes, botellas, cajas, canastas y muchos otros productos donde permiten gran versatilidad, comparada con los otros materiales de embalaje. Además, la facilidad que presentan los polímeros de modificar sus propiedades es amplia, pudiéndose obtener polímeros con nuevas propiedades y, así, nuevos usos.

Entre las formas de modificar las propiedades de los polímeros se encuentran: reacciones de copolimerización, reacciones de funcionalización, blendas, compósitos y en los últimos años, los nanocompósitos.

Un nanocompósito es un material compuesto por dos o más componentes, de los cuales el de mayor porcentaje se denomina matriz (polímero) y el de menor porcentaje, carga (nanopartícula), la cual debe estar homogéneamente dispersa y en tamaño nanométrico.

⁷³ MONCADA A Edwin. Revista VITAE. Facultad de química farmacéutica. Universidad de Antioquia. Vol 14 No 2, 2007. p. 116, 117

En los últimos años se han desarrollado diferentes rutas de síntesis para la obtención de nanopartículas sintéticas pero una de las más utilizadas, por su facilidad de manipulación y por condiciones de reacción es el método de síntesis Sol-Gel .

Este método permite obtener nanopartículas con muy alta pureza, homogeneidad y diferentes morfologías, como laminar, fibras, esferas, entre otras. Esto le permite la utilización de estas nanopartículas y los nanocompuestos realizados con ellas en industrias tan exigentes en su legislación como la alimentaria, la farmacéutica y la médica

Por otro lado, parámetros como el incremento en la demanda de productos alimenticios más seguros (bio-terrorismo), mejor relación costo-eficiencia, mayor monitoreamiento (productor) e información oportuna y eficaz al consumidor, están llevando al desarrollo de materiales de empaque para alimentos y productos farmacéuticos cada vez más exigentes. Es así como se están realizando investigaciones en embalajes que permitan al consumidor detectar la posibilidad de contaminación, sea ésta microbiológica, química o física, y permiten al productor mejores controles en sus sistemas de producción, transporte y almacenamiento.⁷⁴

Esto es posible conseguirlo con los denominados **embalajes inteligentes**, los cuales, mediante sensores detectan los parámetros antes mencionadas por medio del embalaje y en el momento, sin necesidad de realizar análisis en laboratorios. Estos **sensores** pueden obtenerse utilizando diversas tecnologías entre las cuales, la que se considera más eficiente y con mayor facilidad para dispersar en las resinas poliméricas es la nanotecnología. Pero este concepto de embalaje inteligente (IP) no viene solo, está ligado directamente a otros conceptos como

⁷⁴ 2 Ibid ., p.118

embalaje activo (AP) y embalaje ingenioso (SP) que serán enunciados a continuación.

Para aclarar el tema, se considera apropiada la definición realizada por Kit L Yam, Investigador del Departamento de Ciencia de Alimentos de la Universidad de Rutgers (USA), donde SP son los embalajes que reúnen las características de AP e IP; IP son los sistemas de embalaje capaces de llevar a cabo funciones inteligentes (como detectar, sensor, grabar, comunicar, aplicando lógica científica) para facilitar la decisión de extender la vida útil, aumentar la seguridad, mejorar la calidad, proveer información y advertir sobre posibles problemas del alimento.

Los AP tienen la función de aumentar la protección del alimento. Es decir, en un sistema de embalaje total, IP es el componente responsable por sensor el medio ambiente del alimento y dar la información y AP es el componente responsable de alguna acción (por ejemplo un compuesto antimicrobiano) para proteger el alimento.

Es importante mencionar que IP y AP no son mutuamente excluyentes, algunos sistemas de embalaje pueden ser clasificados como IP, otros como AP y otros como una mezcla de los dos sistemas SP. En una situación apropiada IP, AP y la tradicional función del embalaje trabajarán sinérgicamente para proporcionar una solución de embalaje total.

Siempre dependiendo de las necesidades y características del producto empacado.

En el cuadro 7 se exhiben las principales aplicaciones de cada uno de los embalajes mencionados.⁷⁵

⁷⁵ 3 Ibid ., p. 118

Cuadro 7. Principales aplicaciones de embalajes activos, inteligentes e ingeniosos.

Embalaje activo AP	Embalaje Inteligente IP	Embalaje Ingenioso SP
Antimicrobiano	Indicador de crecimiento microbiológico	Antimicrobiano con monitoreamiento integrado
Absorbedor de oxígeno	Indicador de tratamiento tiempo-temperatura	Absorbedor de oxígeno con monitoreamiento integrado
Absorbedor de etileno	Indicador de atributos nutricionales	Absorbedor de etileno con monitoreamiento integrado.
	Indicador de concentración de gas en embalajes de atmósfera modificada	Barrera más monitoreamiento integrado
	Indicador de ocurrencia de impacto	Auto calentamiento/enfriamiento integrado con monitoreamiento

Fuente: Revista Vitae. Universidad de Antioquia. Vol. 14 No 2. 2007.p . 118

La información anterior puede ser colectada en el código de barras, lo cual permite al productor conocer en cualquier instante la calidad de su producto y al consumidor mayor información sobre el producto que desea comprar.

Puede decirse pues que la función tradicional de embalaje está cambiando de ser simplemente el material que contiene el alimento y lo protege del ambiente externo para convertirse en un material funcional, que permite que tanto el productor como el consumidor verifiquen el producto que están vendiendo/comprando y con una calidad nutritiva y microbiológica adecuada.

La tendencia es una vez más imitar a la naturaleza, protegiendo los alimentos con embalajes funcionales como son, por ejemplo, los de algunas frutas como el

banano la naranja, entre otras, que además de proteger su contenido del medio ambiente, indican su estado de maduración.

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 .

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. 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 .

También se pueden diseñar nanomateriales de envasado para que liberen agentes antimicrobianos, antioxidantes, enzimas, sabores y nutraceuticos que prolonguen el tiempo de conservación

10.6.1 Nano envasado que libera sustancias químicas.⁷⁶ 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 nutraceuticos nanoscópicos en los alimentos y bebidas que

⁷⁶ FOLADORI Guillermo Nanotecnología en la alimentación y agricultura..Universidad de la República Montevideo, 2008 p 40

contienen, a fin de prolongar su tiempo de conservación o mejorar su sabor o aroma.

También se están desarrollando nanomateriales de envasado que pueden absorber sabores no deseados. 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.

En el cuadro 8 se dan algunos ejemplos de nanomateriales que liberan sustancias químicas

Cuadro 8. Ejemplo 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
Kraft	'Lengua electrónica' de base nanosensora 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 nutraceuticos en productos alimentarios en respuesta a las preferencias particulares de cada consumidor

Fuente FOLADORI Guillermo Nanotecnología en la alimentación y agricultura..Universidad de la República Montevideo, 2008 p 40

10.6.2 Nano agentes antimicrobiano en envases y materiales en contacto con alimentos.⁷⁷

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. Ver cuadro 9.

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.

Cuadro 9. Nano agentes antibacteriano en envases y materiales en contacto con alimentos

Compañía/ Institución	Componente nano
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

⁷⁷ AZONANO. Nanofibers To Be Used In Drug Delivery, Gene Therapy, Crop Engineering and Environmental Monitoring. 2003 . Disponible en internet: [http:// www.azonano.com/details.asp?ArticleID=114](http://www.azonano.com/details.asp?ArticleID=114) [Consultado el 15 de Marzo de 2010).

Daewoo, Samsung y LG	Refrigeradores tratados con nanopartículas de plata
Baby Dream® Co., Ltda	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 Ltda	Utensilios de cocina tratados con nanopartículas de plata

Fuente FOLADORI Guillermo Nanotecnología en la alimentación y agricultura. Universidad de la República Montevideo, 2008 p 40

10.6.3 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 .

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

10.6.4 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, (ver cuadro 10).

Cuadro 10. 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, proteína, tóxicas o alimentos y bebidas en descomposición
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).
Compañía australiana MiniFAB	Biosensores nanotecnológicos	Detectar contaminación biológica (Invest Australia 2007)

Fuente: FOLADORI Guillermo Nanotecnología en la alimentación y agricultura..Universidad de la República Montevideo, 2008 p 41

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.⁷⁸

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. 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”

10.6.5 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 combustibles fósiles usados para materiales de envasado de alimentos y bolsas .Véase Cuadro 11 bioplásticos nanocompuestos

⁷⁸ LEGOOD P, CLARKE A. Smart and active materials to reduce food waste. SMART.mat . 2006. Disponible en: http://amf.globalwatchonline.com/epicentric_portal/binary/com.epicentric.contentmanagement.servlet.ContentDeliveryServlet/AMF/smartmat/Smartandactivepackagingtoreducefoodwaste.pdf [Consultado en: Marzo 2010]

Cuadro 11 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.
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
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 .

Fuente FOLADORI Guillermo Nanotecnología en la alimentación y agricultura..Universidad de la República Montevideo, 2008 p 42

En los anexos se presenta una lista de alimentos, suplementos nutricionales, materiales que entran en contacto con los alimentos (como recipientes para almacenamiento y tablas de picar, que contienen nanomateriales manufacturados y están disponibles en el comercio).

11. VENTAJAS, PREOCUPACIONES Y RIESGOS QUE PUEDE TRAER LA NANOTECNOLOGÍA

En el apartado que se desarrolla a continuación se presenta la compilación de ventajas y preocupaciones que se identificaron de las relaciones que guarda la nanotecnología, con los diferentes sectores productivos de la industria mundial y con los determinantes de la vida de las personas.

11.1 VENTAJAS

11.1.1 En el campo ambiental

- ✓ El desarrollo de procesos de producción industrial no contaminante, donde se reestructurarían los sistemas que actualmente se utilizan, los cuales producen residuales biológicos dañinos para el medio ambiente. Por medio de la producción nanotecnológica de compuestos utilizados en producción industrial se podría producir pocos contaminantes y estos a su vez podrían ser purificados por otro proceso nanotecnológico o reciclados dentro del mismo sistema.

- ✓ La fabricación de nanosensores, los cuales se estructuran como componentes centrales en la determinación rápida y precisa (nanométrica) sobre contaminantes químicos y microorganismos presentes en el medio ambiente (suelo, agua, aire).

- ✓ La elaboración de materiales y sistemas producidos desde la tecnología nanométrica, los cuales contribuyen al ahorro y aprovechamiento máximo de los recursos energéticos a nivel mundial.

- ✓ La producción de sistemas de tratamiento y saneamiento de contaminantes

ambientales, los cuales permitirán la eliminación de compuestos no deseados, y nocivos presentes en el suelo, agua y aire.⁷⁹

11.1.2 En el campo de la salud

✓ El aumento de las posibilidades de detección de pequeñas cantidades de sustancias dañinas y agentes infecciosos en el cuerpo humano. Esto realiza aportes notables en el diagnóstico precoz de enfermedades y por ende el mejor tratamiento y capacidad resolutoria de la terapéutica convencional actual.

✓ El mejoramiento de la terapéutica farmacológica; lo que se pretende lograr mediante tres tipos de estrategias: 1) Incrementar la disponibilidad biológica que un medicamento pueda tener al ser administrado en el ser humano. 2) suministro de medicamentos dirigido (medicamentos nanoselectivos) haciendo los medicamentos más selectivos y con menos reacciones adversas 3) Polímeros de medicamentos, reforzados con nanopartículas que forman uniones entre ambos materiales (entre medicamentos)

✓ La generación de nuevas perspectiva terapéuticas de recuperación. 1) Caso específico que sucede en la intervención de la nanomedicina en la regeneración de tejidos y órganos. 2) la Estimulación magnética transcraneana. 3) herramientas quirúrgicas de mayor precisión con proyecciones hacia el tamaño molecular. 4) Cirugía láser, entre otros.

✓ La generación de nuevas tecnologías que faciliten y aproximen la aplicación de avances en críonica (Prolongación de la vida).

11.1.3 En el campo del agro y la alimentación

✓ El aumento en la producción y aprovechamiento máximo de los recursos por medio de las aplicaciones nanotecnológicas que favorecen la disposición

⁷⁹ OBSERVATORIO CUBANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA. Op. Cit. p. 34

eficaz, en cuanto a tiempo, espacio (cultivos inteligentes, plaguicidas nanoencapsulados etc.) de los insumos (ADN) para lograr la mayor producción del “producto” esperado. (Plantas, frutos, animales etc.).

✓ La producción de nuevas formas, texturas, olores, sabores para los alimentos; lo que abriría campo para una revolución tanto en la industria alimenticia como en la gastronomía a nivel mundial.

✓ El mejoramiento nanométrico de la composición nutritiva de los alimentos. Esto crearía notablemente, además de estrategias de nutrición en masa a los humanos (erradicación del hambre), se aumentaría la producción a gran escala de los alimentos, sin que se pierdan las propiedades nutritivas de los mismos.

11.1.4 En el campo socio político – económico

✓ La nanotecnología al estructurarse como una tecnología habilitadora en nuestra sociedad, que le permite ser aplicada a cualquier rama de la producción, por ende se generarían nuevos campos de producción, lo que contribuiría al crecimiento de la economía mundial.

✓ Generación de nuevas aplicaciones que se conviertan en un factor de enriquecimiento y de mejora de la calidad de vida de los ciudadanos como valor importante para el desarrollo y mantenimiento de las sociedades.

✓ El gasto en inversión pública gubernamental a nivel mundial en investigación y desarrollo aumentará de forma notable por las grandes oportunidades de mejoramiento que generan las nanotecnologías en los diferentes sectores productivos de un país.

11.2 PREOCUPACIONES Y RIESGOS

Aunque la aplicación de la nanotecnología trae beneficios, también es cierto que produce grandes incertidumbres asociados específicamente a las características de la diversidad de productos que se pueden generar de la aplicación de una misma tecnología nano, a los diferentes campos productivos de la industria mundial, características particulares y con respecto a las cuales la investigación aún no es concluyente y científicamente aun no han sido totalmente demostradas.

11.2.1 En el campo de la salud. La capacidad que posee la materia nanométrica de atravesar las barreras de los sistemas de protección del organismo humano (barreras cutáneas, pulmonar, intestinal, placentar y hemato-encefálica); logrando tener un fácil acceso a áreas del cuerpo que están fuera del alcance de las terapias actuales.

11.2.2 El campo Medio ambiente

- La tendencia a la aglutinación de partículas nanométricas de síntesis y sus efectos potenciales con respecto al medio ambiente y a los organismos vivientes.
- La limitación en la investigación actual con respecto a las consecuencias posibles de los nanomateriales e instrumentos que son utilizados proceso y técnicas que incluyen la salud y la seguridad humana.
- Los Conocimientos deficientes sobre higiene industrial ya que “los instrumentos actuales de evaluación de la exposición de los trabajadores normalmente utilizadas se adaptan mal a las nanopartículas en el medio laboral”, mientras que los pocos datos disponibles sugieren que las exposiciones pueden ser importantes durante la manipulación y producción de tecnologías nano.

➤ La toxicología de los materiales diseñados nanotecnológicamente es en gran medida desconocida, y en que los datos de toxicidad no pueden extrapolarse de los estudios toxicológicos existentes que se hicieran en partículas de escalas mayores.⁸⁰

11.2.3 En la alimentación y la agricultura. Para comprender en toda su magnitud los **peligros de** las “nanotecnología en la alimentación y la agricultura” es necesario 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 grandes compañías transnacionales (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

⁸⁰ ROSS, Philip E. **Tiny Toxins. Technology Review**, (mayo de 2006) en: ETC GROUP – Medicina Nanológica. Op. Cit. p. 19.

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

Mientras la primera revolución todavía seguía 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. 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, a los transgénicos.

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, se tiene 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 se pasará 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, como es el caso de los alimentos.

La reactividad que desarrollan ciertas partículas nanométrica frente a las interacciones en cada espacio y durante un tiempo determinado en interacción con otras partículas y/o con un organismo vivo en un ecosistema específico. La reactividad de las nanopartículas sobre las plantas, los animales, los microorganismos y los ecosistemas y los efectos desconocidos de estos sobre el medio ambiente el ser humano a corto y largo plazo.

La incorporación de nanomateriales manufacturados en alimentos y bebidas, suplementos nutricionales, envases de alimentos y revestimientos comestibles de alimentos, presenta toda una nueva gama de riesgos para el público, los trabajadores de la industria de alimentos y los consumidores

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 se sabe:

- 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. Por otra parte, las nanopartículas se adhieren más que las partículas grandes a las superficies interiores de nuestro organismo. 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 y micropartículas pequeñas. Exámenes patológicos de tejidos humanos también sugieren la ingestión y transposición de micropartículas de hasta 20 μ m de tamaño.

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.

Por ejemplo, en su forma macro el dióxido de titanio es considerado biológicamente inerte y es utilizado amplia mente 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. Una sola dosis oral de nanopartículas de dióxido de titanio causó importantes lesiones en los riñones e hígados de ratones hembras.

En el cuadro 12 se 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 .

Hasta donde se sabe 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. 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.

En el cuadro 12 se plasman algunas evidencias empíricas de sobre la toxicidad de ciertos nanomateriales

Cuadro 12. Evidencias científicas de la toxicidad de algunos de los nanomateriales usados hoy comercialmente en la industria de los alimentos

Nanomaterial y aplicaciones Actuales	Tamaño y descripción física	Evidencia empírica de su toxicidad
Dióxido de titanio Micro forma pequeña usada ampliamente como aditivo en alimentos; nano forma en desarrollo para uso como agente antimicrobiano en envases y recipientes para almacenamiento	20nm	Destruyó ADN
	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 (in vitro; 2006)
	Nanopartícula de formas rutilo y anatasa, tamaño desconocido	Daño al ADN en células epidérmicas humanas al ser expuesto a rayos UV
	Cuatro tamaños de 3-20nm de mezcla	En altas concentraciones, interfirieron con la función de células epidérmicas

de alimentos	de formas rutila y anatasa	y pulmonares. Las partículas de anatasa son 100 veces más tóxicas que las partículas de rutilo
	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
Plata Usada como agente antimicrobiano en envases de alimentos, recipientes de almacenamiento de alimentos, tablas de pizarra y refrigeradores	15nm	Altamente tóxica en células madre germinales de ratones
	15nm, 100nm	Altamente tóxica en células hepáticas de ratas.
	15nm, forma iónica	Tóxica en neuronas de ratas (in vitro; Hussain et al. 2006)
Zinc Pequeñas partículas submicrónicas usadas como aditivos en alimentos, nano forma usada como agente antimicrobiano en	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 (in vivo)
	Óxido de zinc de 19nm	Tóxicas en células humana y de ratas, incluso en concentraciones muy bajas
	Polvo de zinc de 58±16 nm,	Produjo graves síntomas de letargo, vómito y diarrea en ratones de

<p>envasado de alimentos</p>	<p>1.08±0.25µm</p>	<p>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 (in vivo; Wang et al. 2006)</p>
<p>Dióxido de silicio</p> <p>Partículas de unos pocos cientos de nm de tamaño usadas como aditivos en alimentos, nano forma proporcionada para uso en envasado de alimentos</p>	<p>50nm, 70nm, 0.2µm, 0,5 µm, 1µm, 5 µm</p>	<p>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 (in vitro; Chen y von Mickecz 2005)</p>

Fuente. FOLADORI Guillermo Nanotecnología en la alimentación y agricultura..Universidad de la República Montevideo, 2008 p 48

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 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. 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.⁸¹

-- La implementación de nanoalimentos sobrelleva a interrogantes en los cuales la investigación nanotecnológica no es concluyente. Interrogantes tales como: ¿Qué tipo de reacciones podría tener en el organismo nanopartículas adicionadas como agentes nutritivos a la producción de alimentos?, ¿Un nano alimento con otro podría tener interacciones nocivas para la salud de las personas que los consumen? ¿Los enlaces que unen las nanopartículas con los alimentos, se podrían romper al entrar en metabolismo, y si es así que efectos tendrían esas nanopartículas libres en nuestro organismo?, como las anteriores se podrían generar muchas preguntas en torno a los posible efectos, a corto y largo plazo, de los nanoalimentos sobre la salud de las personas.

⁸¹ FOLADORI Guillermo Nanotecnología en la alimentación y agricultura..Universidad de la República Montevideo, 2008 p 49

- Las Barreras de acceso generadas por el alto costo de la nanotecnología, tanto para los productores en sectores determinados (agroindustrial, energético, informático etc.) como para los consumidores que podrían llegar a necesitar una solución ofrecida por la nanotecnología para el bienestar humano.

- La investigación en nanotecnología se encuentra bajo el mando de multinacionales y grandes industrias, que a nivel mundial son las que encargan de invertir en la investigación e implementación de la nanotecnología; lo cual significa que mientras los estados no se apersonen e investiguen en este campo, el objetivo de producción económica, bajo el cual se mueve la nanotecnología, no tendrá frutos para la población en general de un país.

La mayoría de gobiernos a nivel mundial no ha desarrollado normatividad que regule la manipulación de nanopartículas de manera segura para el medio ambiente y para las personas, durante el proceso de su fabricación, uso y/o desecho.

- La existencia de brechas entre las riquezas entre las naciones, reduce para unas la capacidad de investigación, desarrollo e implementación de la nanotecnología en todas las naciones del mundo. Situación que excluye a las naciones con más limitaciones, en cuanto a sus capacidades y riquezas, de la posibilidad de asumir el costo y la obligación del desarrollo las nuevas nanotecnologías, lo que limita su desarrollo a una relación directamente proporcional con su capacidad y recursos económicos.

Todos los anteriores riesgos surgen como resultado del análisis de las relaciones sinérgicas que se establecen entre las nanotecnología y los determinantes de la vida del ser humano; siguiendo el principio de precaución se identifica que en dichas relaciones existe una certeza incompleta, es decir, se conoce y se establece un objetivo (causa) para una tecnología nano determinada, pero no se

tienen evidencias y se desconoce de los repercusiones y daños (efecto) que se podrían generar tanto directa como indirectamente sobre la salud de las personas.

Los cambios que se podría generar desde la aplicación de nanotecnología hacia la gastronomía de las personas son inimaginables. Al adicionar componentes para cambiar la textura, el sabor, el color y/o se le agregan nutrientes abióticos a los alimentos se pueden estar generando reacciones e interacciones jamás investigadas; se convertiría entonces en un riesgo latente que indiscutiblemente influirá sobre la salud de las personas que consuman este tipo de alimentos, y debido a que no se conoce que tipo de reacciones directas e indirectas tendrán el consumo a corto y largo plazo de este tipo de alimentos al ingresar y pasar por el metabolismo de las personas. Se debe tener en cuenta también el agravante que ya se están alterando las comidas con sustancias nuevas y no se ha contemplado la posibilidad de que paralelamente también puede traer consecuencias la salud de las personas que consumen dichos alimentos.

Según "The Development of regulations for food nanotechnology" (2007) el riesgo que implica la nanotecnología aplicada a la comida está aún por evaluar y no se tienen datos (a fecha de publicación del artículo) concluyentes en muchos campos. Adelantándose a una regulación definitiva y unos datos fiables, el Comité de seguridad Química de la Sociedad Americana de Química ha publicado unas guías y recomendaciones para el apropiado manejo de nanomateriales en el laboratorio⁸².

Los autores plantean tres posibles rutas de entrada en el organismo humano para las nanopartículas:

⁸² GURKHI . Nanotecnología en nuestra vida cotidiana: Posibles riesgos. Disponible en internet: <http://blogs.creamoselfuturo.com/nano-tecnologia/2009/11/24/nanotecnologia-en-nuestra-vida-cotidiana-posibles-riesgos/>. [Consultado en : Marzo 2010].

♣ **Exposición Dérmica.** El impacto de los nanomateriales en el cuerpo depende de su habilidad para penetrar a través de las capas externas protectoras y alcanzar la epidermis o la dermis. Por ejemplo, ciertas microesferas fluorescentes pueden penetrar hasta alcanzar la dermis, mientras que nanopartículas de dióxido de titanio con un diámetro de unos 20 nm podrían llegar a traspasar la piel e interactuar con el sistema inmune.

Hay, no obstante, muy poca información sobre los peligros de los nanomateriales que entran en contacto con la piel, y estas discusiones, a fecha del informe, son meras especulaciones.

♣ **Inhalación.** Cualquier material sólido con un diámetro de menos de 10 micras puede pasar a través de la cavidad nasal y alcanzar los pulmones. Partículas más pequeñas que 4 micras tienen grandes posibilidades de penetrar en la región alveolar. Cuanto más pequeña es una partícula, más probabilidades tiene de penetrar más profundamente en los pulmones. El tamaño de la partícula, su masa, la composición química y los cocientes de adhesión determinan su toxicidad pulmonar o sus efectos patogénicos.

Cuando se inhalan ciertas partículas (por ejemplo dióxido de titanio, nanotubos de carbono, etc.) se pueden acumular en los pulmones e inducir enfermedades crónicas como inflamación pulmonar, neumonía, granuloma pulmonar, etc. Una vez la partícula ha alcanzado el torrente sanguíneo es capaz de llegar al cerebro. No obstante, hasta el momento del informe no se han llegado a conclusiones definitivas sobre la toxicidad considerando únicamente el tamaño de las nanopartículas.⁸³

♣ **Ingestión.** El tamaño de la partícula y el área superficial son características importantes de un material desde una perspectiva toxicológica. Las nanopartículas

⁸³ GURKHI . Nanotecnología en nuestra vida cotidiana: Posibles riesgos. Disponible en internet: <http://blogs.creamoselfuturo.com/nano-tecnologia/2009/11/24/nanotecnologia-en-nuestra-vida-cotidiana-posibles-riesgos/>. [Consultado en : Marzo 2010].

pueden prolongar drásticamente el tiempo de permanencia de ciertos compuestos en el tracto gastrointestinal haciendo disminuir la eficacia de los mecanismos de depuración y protección internos. Algunas nanopartículas son capaces de penetrar profundamente en los tejidos a través de los capilares más finos, permitiendo la absorción efectiva de compuestos en ciertos objetivos del organismo, adentrándose así en el campo de la nanomedicina. Partículas mayores que una micra son incapaces de penetrar a través de la mucosa intestinal, pero las nanopartículas se encuentran por debajo de este tamaño.

Los potenciales riesgos de la nanotecnología aplicada a la comida están aún por determinar, ya que en la propia naturaleza encontramos numerosas nanopartículas sin intervención alguna del hombre: proteínas y polisacáridos son ejemplos de ello. Aún permanece indeterminado si las propiedades fisicoquímicas de los nanomateriales implicarán nuevos mecanismos y daños impredecibles al cuerpo humano.

Por otro lado, la reducción de las dimensiones de los materiales a escalas nanométricas no tiene por qué ser necesariamente perjudicial. Algunos estudios muestran que ciertas sustancias típicamente tóxicas, como por ejemplo el selenio, muestran menos toxicidad cuando se reducen a tamaño nanométrico. Los nanotubos de carbono puros administrados en la tráquea de ratones producen la muerte inmediata, mientras que si se dopan con nitrógeno se reduce su peligrosidad.

12. CONCLUSIONES

✚ Se puede concluir que la nanotecnología y sus aplicaciones están cada vez más presente en nuestra vida cotidiana. Esta se enfoca en la caracterización, fabricación y manipulación de estructuras biológicas y no biológicas que miden menos de 100 nanómetros.

✚ Muchos productos que utilizan nanotecnología pueden ser más duraderos, resistentes, livianos, limpios, o multifuncionales, y podrán desplazar a otros productos, provocando un cambio en el pensamiento, en los gustos, en el mercado, en la sociedad; de ahí que la nanotecnología tiene el potencial de influir significativamente en la economía mundial.

✚ La nanotecnología es una tecnología revolucionaria y novedosa no solo por la escala nano que se maneja sino porque:

- Se pueden crear nuevos productos, mejorar procesos, ser más eficientes, asegurar la calidad etc.
- Porque a ese nivel atómico no hay diferencia entre la materia biótica y la abiótica, de manera que permite aplicar procedimientos biológicos a los procesos materiales o interferir con materiales en los cuerpos vivos

✚ La nanotecnología combina varias tecnologías y ciencias como la medicina , la informática, la ingeniería, la biotecnología , la física, la química , la tecnología de materiales etc, lo que requerirá de una formación profesional novedosa , que sin duda obligara a reestructurar planes de estudio tal vez desde la educación básica.

✚ El padre de la "nanociencia", sin lugar a dudas es Richard Feynman, premio Nobel de Física, quién en 1959 propuso fabricar productos en base a un reordenamiento de átomos y moléculas.

✚ La nanotecnología está siendo utilizada en fabricación de alimentos para mejorar procesos, desarrollo de nuevos alimentos, novedosos procesos e instrumentos para mejorar bioseguridad y sanidad. Lo anterior por medio de nanopartículas, nanocompuestos, nanoencapsulación y nanosensores.

✚ En la producción de alimentos se han desarrollado nanoemulsiones para reducir , el porcentaje de grasa en helados , desarrollo de nanoestructuras de proteínas presentes en alimentos(nanotubos de proteínas lácteas), desarrollo de superficies de nanocerámica para útiles de cocina que permiten el ahorro en el consumo de aceite

✚ Se puede decir que así como la nanotecnología nos trae grandes beneficios, también ocasiona grandes preocupaciones, como por ejemplo, el uso de nanomateriales en aplicaciones comerciales en la industria de alimentos que 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.

✚ Es importante abrir debates constructivos y participativos 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

dialogo, un análisis y una participación en todos los niveles, que permita establecer todos los aspectos que rodean esta nueva tecnología emergente.

✚ En el contexto Colombiano, la nanotecnología tendrá un papel esencial en la búsqueda de soluciones tecnológicas para mejorar los procesos industriales y en la creación de nuevos materiales y productos. Para lograrlo será necesario, aumentar el esfuerzo de investigación para no quedarnos atrás y acrecentar el desarrollo económico y social del país.

✚ La investigación en esta tecnología es costosa, pero la propuesta debe ser motivar la creación de más grupos interdisciplinarios de investigación de todas las universidades, grupos de científicos y especialistas en diferentes disciplinas, para llevar esta labor de forma unida, enfocando recursos y resultados. Este desarrollo debe ser integral no solo teniendo en cuenta el laboratorio, sino además en campos como el legal, comercial y social.

“El enfoque con el cual enfrentemos estos retos trazará el camino de las próximas generaciones”.

RECOMENDACIONES

Sin lugar a dudas las tecnología nano escalar llevarán la ingeniería de alimentos “a lo diminuto”, un nuevo nivel que cuenta con el potencial de cambiar en forma dramática la forma en que se cultivan, producen, procesan, empaacan, transportan y comen los alimentos. Serán innumerables los productos que se encontraran en el mercado, de ahí la necesidad de dar pasos para restaurar la confianza en los sistemas alimentarios y asegurarnos de que las nanotecnologías de ser introducidas, lo hagan con rigurosos criterios de salud y seguridad.

Tenemos una gran responsabilidad al permitir que los productos nanotecnológicos entren al mercado sin que exista un debate público y una supervisión regulatoria.

La UNAD como ente educativo debe crear espacios para discutir y debatir sobre este tema, no solo en el campo de los alimentos, también en las demás áreas del conocimiento como la Zootecnia, la Agronomía, la Ingeniería Industrial, la farmacéutica, la Informática etc.

Este trabajo puede ser una base para trabajos en las demás disciplinas ya que existe información para profundizar y analizar.

Se pueden llevar a cabo investigaciones sobre las nanopartículas, nanoaditivos, nanoetiquetado, nanoencapsulados, la nanotecnología y la salud ocupacional, la nana biotecnología etc

Sería bueno que dentro del pensum académico de los programas académicos de la universidad se implantara el curso de nanotecnología.

BIBLIOGRAFIA

1. ALMENGOR Leticia. Nanotecnología en la industria alimentaria. Revista electrónica No 13 de facultad de Ingeniería universidad Rafael Lindavar . Julio 2009. p 41,42
2. ALZATE S Rafael. LOPEZ O Olga. Desarrollo y principales aplicaciones de la Nanotecnología. Revista Noos. Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales .Vol 12 . 2001. p 132
3. BOATELLA RIERA Josep, CODONY SALCEDO Rafael, LOPEZ ALEGRET Pedro. Química de los Alimentos II. Ediciones de la Universidad de Barcelona. Barcelona. 2004 p 12
4. CANO G Hernán, MEDINA S Mariana. Nanopartículas Revista Ingenium. Facultad de Ingeniería. Vol 18 Diciembre 2008. p 47
5. CHEFTEL Jean, CHEFTEL Henri. Química de los alimentos. Editorial Acribia. España. 1976. p.215
6. DELGADO R, Gian Carlo. Promesas y peligros de la nanotecnología. España: Red Nómadas, 2006. p 11,12
7. FEISEE Lila. La inmensidad de lo mínimo. Ect group. 2003. p. 56,57
8. FENNEMA Owen R . Química de los alimentos. Editorial Acribia S.A . Segunda Edición. España. p 187,

9. FOLADORI Guillermo, INVERNIZZI Noela. La Nanotecnología una solución en busca de problemas. Revista Comercio exterior, Vol. 56 No 4 . Abril 2006.
10. FUNDACIÓN HEINRICH BÖLL. Etc group. 2003. p. 26.
11. GARRIDO P Armando, TEIJÓN R José, BLANCO G Dolores. Fundamentos de bioquímica estructural. Editorial Tébar, S.L., Madrid 2006. p. 38,39
12. GIRALDO G, Jairo. GONZÁLEZ Edgar. GÓMEZ B Fernando. Nanotecnociencia: Nociones preliminares sobre el universo nanoscópico. UNIBIBLOS - Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2007. p 6
13. INVERNIZZI Noelia, MILLER Georgia, SENEIN Rye, ZÁYAGO Edgar. Nanotecnologías en la agricultura y la alimentación. Universidad de la Republica de Montevideo, 2008. p 33,34
14. MAZZA G. Alimentos funcionales, aspectos bioquímicos y de procesado. Editorial Acribia S.A , 2000, p. 403
15. MONCADA A Edwin. Revista VITAE. Facultad de química farmacéutica. Vol 14 No 2, 2007. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. p. 116, 117
16. MORRISON Robert, BOYD Robert. Química Orgánica. Pearson. México 1998. p 1323,1324
17. MOTTE Sandra. YAÑEZ Jaime. Nanoalimentos: Una Nueva Tecnología en Nuestras Mesas. Fundación Universitaria Iberoamericana, Diciembre 2008. p 4
18. MÚNERA T Rubén. Bioquímica. Unad. 2006 p 65

19. ORDOÑEZ Juan A, FERNANDEZ Leonides. Tecnología de los alimentos Editorial síntesis S.A , 1998 p 78
20. ORTEGA Hernán. Nanotecnología. Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción. 2009. p .5
21. PEÑA, Antonio, ARROYO Ángel. Bioquímica. Editorial Limusa S.A México 2004 p 65
22. PORRUA Miguel A .La nanotecnología en América latina. Universidad Autónoma de Zacatecas.2008.p 4
23. POTTER Norma. La ciencia de los alimentos. Editorial Harla. México. 2002. p 48
24. ROJAS Gustavo. Nanotecnología en los alimento. Artículo revista Agronomía y forestal. 2007. Vol 33. p. 31
25. ROSS, Philip E. Tiny Toxins. Technology Review, (mayo de 2006) en: ETC GROUP – Medicina Nanológica. p. 19
26. Sanguansri P, Augustin M. Nanoscale materials development a food industry perspective. Trends Food Sci Technol 2006. p 547
27. TAKEUCHI Noboru. Algunas Aplicaciones de la Nanociencia y la Nanotecnología. Artículo especial revista Anestesia. Centro de Nanociencias y Nanotecnología Universidad Nacional Autónoma de México. 2009. Vol 21, p 232

28. TAKEUCHI Noboru. Nanociencia y Nanotecnología: construyendo un mejor mundo átomo por átomo. Fondo de Cultura Económica y Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 2009. p 236
29. URIARTE M, BALD Carlos. Nanotecnología en la industria alimentaria. En: Alimentación, equipos y tecnología. No 235. Madrid. Julio 2008. p. 51
30. URBINA Julio. Moléculas de la vida. Siglo XXI editores. 2000 p. 23
31. VILLARRAGA A, HERNÁNDEZ C. Nanotecnología y urología. Revista Urología Colombiana. Vol. 17 , 2008 p 42
32. ZULUAGA Diego, SANCHEZ Jenny, AGUILERA Alexis. Informe de vigilancia y tecnología. Métodos de fabricación de nanotecnología. Colciencias. 2007.

INFOGRAFIA

1. AGROSOLAR. Correctivo y Fertilizante Mineral de última generación. Nanotecnología Aplicada al AGROSOLAR Disponible en Internet: <http://agrosolar.org/index.php?controlador=locales&local=1&articulo=10>
Consultado en: Marzo 2010
2. ALIMENTO. Disponible en internet: www.scribd.com/doc/16401691/Los-Alimentos. Consultado en: Marzo 13 de 2010
3. APLIMATEC. 2006. Innovaciones en el Ennoblecimiento Textil. Feria Internacional de aflicciones técnicas de los materiales textiles. España. Disponible en internet: <http://aplimatec.feriavalencia.com/gestiona/ferias/noticias/detalle>. Consultado en : Marzo de 2010
4. Azonano. Nanofibers To Be Used In Drug Delivery, Gene Therapy, Crop Engineering and Environmental Monitoring. 2003. Disponible en internet: <http://www.azonano.com/details.asp?ArticleID=114> [Consultado en: Marzo de 2010).
5. Bioelementos. Disponible en internet: <http://wapedia.mobi/es/Bioelementos>. Consulta: Marzo 1 de 2010
6. Bioelementos. Disponible en internet. <http://www.scribd.com/doc/11328129/Bioelementos>. Consultado en: Febrero 27 de 2010
7. Biomoléculas. Disponible en internet: <http://www.rincondelasciencias.com/.pdf> . Consultado en Marzo 1 de 2010
8. CHACÓN, Oscar. Nanotecnología en grasas y alimentos nutraceuticos y funcionales. .Venezuela 2006. Disponible en Internet:

<<http://grasasciencia.blogspot.com/2006/05/nanotecnologia-en-grasas-y-alimentos.html>>. Consultado en : Marzo de 2007

9. CHAVARRÍAS Marta. Nanotecnología, también en los envases. Diciembre 2009 Disponible en internet <http://www.nanomercado.com/verNoticia/portada/Nanotecnologia--tambien-en-los-envases/>. Consultado en : Febrero 2010

10. Cheap paper nano-sensor detects water toxins. Junio 2010 Disponible en internet: <http://www.environmental-expert.com/resultEachPressRelease.aspx?> Consultado en: Marzo 2010

11. DELVALLE GONZALES, Yenier. 2007. Ropas con Nanopartículas. Disponible en Internet: <http://www.ltunas.jovenclub.cu/mcpios/jobabo/jovenclub/ropas-nanopartculas-6_es.html> Consultado en : Marzo de 2010]

12. Empecemos por el principio, los nanomateriales Abril 18 de 2008. Disponible en internet: <http://munlait.wordpress.com/2008/08/18/90/>. Consultado en: Marzo de 2010

13. DELVALLE GONZALES, Yenier. 2007. Ropas con Nanopartículas. Disponible en Internet: http://www.ltunas.jovenclub.cu/mcpios/jobabo/jovenclub/ropas-nanopartculas-6_es.html Consultado en : Marzo de 2010

14. Empecemos por el principio, los nanomateriales Abril 18 de 2008. Disponible en internet: <http://munlait.wordpress.com/2008/08/18/90/>. Consultado en: Marzo de 2010]

15. FEYNMAN, Richard. There's Plenty of Room at the Bottom. An Invitation to Enter a New Field of Physics. 1959. Disponible en Internet:

<http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>. Consultado en Marzo de 2010

16. FIGUERAS, Albert, PASCUAL, Jordi. Nanomateriales. en: Nuevos materiales en la sociedad del siglo XXI. Disponible en internet: <http://www.csic.es/documentos/colecciones/divulgacion/materiales.pdf> . Consultado en : Marzo de 2010

17. GURKHI . Nanotecnología en nuestra vida cotidiana: Posibles riesgos. Disponible en internet: <http://blogs.creamoselfuturo.com/nanotecnologia/2009/11/24/nanotecnologia-en-nuestra-vida-cotidiana-posibles-riesgos/>. [Consultado en: Marzo 2010].

18. Historia de la Nanotecnología. Disponible en internet: http://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/historia_nanotecnologia.htm. Consultado en : Marzo de 2010

19. La nanotecnología y el sector transporte Disponible en internet. <http://www.euroresidentes.com/Blogs/noticias-nano/2009/12/la-nanotecnologia-y-el-sector-del.html>. Consultado en : Marzo de 2010

20. Las proteínas. Disponible en internet. <http://www.profesorenlinea.cl/Ciencias/ProteinasEstruct.htm>. Consultado en : Marzo de 2010

21. LEGOOD P, CLARKE A. Smart and active materials to reduce food waste. SMART.mat.2006 Disponible en: http://amf.globalwatchonline.com/epicentric_portal/binary/com.epicentric.contentmanagement.servlet.ContentDeliveryServlet/AMF/smartmat/Smartandactivepackagingtoreducefoodwaste.pdf Consultado en: Marzo 2010

22. Lengua electrónica. Disponible en internet: http://www.percepnet.com/cien10_02.htm. Consultado en: Marzo de 2010
23. Los Tejidos inteligentes, la ropa del futuro. Junio de 2004. Disponible en http://www.euroresidentes.com/Blogs/avances_tecnologicos/2004/06/los-tejidos-inteligentes-la-ropa-del.htm. Consultado en : Marzo de 2010
24. MIRANDA NARDELLI Anahi . Una nanopartícula evita que los alimentos se pongan malos. Enero 2010. Disponible en internet: <http://www.delasalud.com/una-nanoparticulo-hace-que-los-alimentos-no-se-pongán-malos/>. Consultado en: Marzo de 2010
25. Molécula. Disponible en internet: <http://wapedia.mobi/es/Mol%C3%A9cula>. Consultado: Febrero 27 de 2010
26. Nanotecnología y deportes. Disponible en internet: <http://www.cienciaysociedad.info/nano/2008/07/nanotecnologia-y-deportes/> Consultado en : Marzo 2010
27. Nanotecnología y lípidos. Junio de 2007 Disponible en internet: http://portal.aniame.com/nanotecnologia_y_lipidos.shtml . Consultado : Marzo 15 de 2010
28. Nanotecnología: Samsung recubre los equipos con una nanoprotección de plata para una vida más limpia. octubre de 2005. Disponible en internet: <http://informativos.net/salud/nanotecnologia-samsung-recubre-los-equipos-con-una-nanoproteccion-de-plata-para-una-vida-mas-limpia>. Consultado en : Marzo 2010

29. PELAYO Maite. Nanotecnología, aplicaciones y métodos de regulación Disponible en internet: : <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2008/04/10/176042.php>. [Consultado en: Marzo de 2010]
30. UNIVERSIA COLOMBIA. 22 noviembre de 2007. Disponible en la Internet: <http://www.universia.net.co/index2.php?option=com_content&do_pdf [consulta: 24 de Febrero de 2010]

ANEXOS

Listado de alimentos que contienen nanomateriales manufacturados o partículas nano facturadas de hasta 300nm y algunas patentes

Cuadro 13. Nanomateriales en envasado de alimentos

Nombre del producto	Fabricante	Contenido nano	Atributo
Durethan	Bayer	Sílice en un nano compuesto de base polímero	Nanopartículas de sílice el plástico previene la penetración del oxígeno y gas al envase, extendiendo la vida del producto en los anaqueles
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 de 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 multiplicación de aplicaciones.
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 que las botellas menos propensas a quebrarse y aumentar la vida en anaqueles hasta seis meses.
Nano envoltorio de plástico	SongSing	Catalizador de luz de nano óxido de zinc	Anti-bactericida , anti UV, resistente a la temperatura, anti inflamable

Cuadro14 Nanomateriales en envasado de alimentos

Nombre del producto	Fabricante	Contenido nano	Atributo
Marks & Spencer swiss chocolate assortment (envase para bombones)	Plantic	Plástico Plantic(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 ampliar en la tierra (por AIB-VINCOTTE).
Constantia multfilm (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.
Dupont Lligt Stabilizer 210(estabilizador de luz)	DuPont	Nano dióxido de titanio	Empaque de plástico para comida con protección para U.V
Adhesive for McDonald's burger containers(adhesivo para recipientes de hamburguesas Mc-Donals)		Nanoesferas de almidón de 50-150nm	El adhesivo requiere de menos agua y menos tiempo y energía para secarse

Cuadro 15. Nanomateriales en alimentos y bebidas

Categoría del producto	Nombre del producto	Fabricante	Nano contenido	Atributo
Almacenamiento de alimentos	Food container NS(recipiente para alimentos)	A-DO global	Nano plata	99.9% bactericida con nano tecnología
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
Almacenamiento de alimentos	Nano silver food storage containers (recipientes para almacenamiento de alimentos)	Jr nanotech pic	Nano plata	
Almacenamiento para alimentos	Nano silver food storage containers (recipientes para almacenamiento de alimentos)	Nano silver products	Nano plata	
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
Almacenamiento de alimentos	Silver nano antibacterial bag (bolsas antibacterianas)	WorldOne	Nano plata	Bolsas bactericidas de nanoplata que actúan como germicida natural y seguro, agente anti-moho y anti-hongos

Cuadro16. Nanomateriales en artículos de la cocina

Categoría del producto	Nombre del producto	Fabricante	Nano contenido	Atributo
Refrigerador	Línea refrigeradores LG. Refrigerator que incorpora bios-hield tm	LG electronics	Nano plata nano carbón	Bio plata y bio protector con nanopartículas de plata, que cubren el interior del refrigerador (bio plata) y las juntas (bio protectores) de refrigerador previniendo así completamente la intrusión de bacterias del exterior
Almacenamiento de alimentos	Refrigerador	Daewoo Industries	Nano plata	Polvo desodorante y bactericida superior , se ha aplicado a las partes principales del refrigerador de manera de impedir el crecimiento e incremento de una amplia variedad de bacterias así como elimina el olor
Refrigerador	Refrigerador	Hitachi	Filtro nano titaneo	
Refrigerador	Refrigerador Samsung RS2621SW	Samsung	Nano plata	

Cuadro 17. Nanomateriales en alimentos y bebidas

Nombre del producto	Fabricante	Contenido nano	Atributo
Nano tea (nano te)	Shenzen become industry & Trading Co	Nano particulas (160nm)	Patente NO:01100033.3-el metodo de tres etapas de preparacion y su aplicacion para nano te, patente No:02100314.9/00244095.7 multicapas balanceando procedimientos de molienda con nano-bolsas
Nano slim tm (nano tabletas para adelgazar)	Nano Slim	Nano Diffuse Technology (tecnología de nano difusión)	Acido orsolic (derivado de la planta lagerstroemia speciosa)
Nanno ceutical slim shake vainilla (malteado para adelgazar sabor vainilla, con sustancias nano encapsuladas)	RBC lifes-cience	"nano clusters tm" (nano racimos)	
Fortified fruit juice (jugo de fruta fortificado)	High vive com	Hierro de 300nm (sunActive fe)	
"Daily Vitamin Boost Fortified fruit juice (jugo de fruta fortificado con suplemento vitamínico)	Jamba Juice Hawái	Hierro de 300nm (SunActive Fe)	¡22 vitaminas y minerales esenciales y 100% o más de sus necesidades diarias de 18 de ellos!

Cuadro 18. Nanomateriales en alimentos y bebidas

Nombre del producto	Fabricante	Contenido nano	Atributo
Oat chocolate nutritional drink mix (mezcla para bebida nutricional sabor chocolate y avena)	Toddler health	Hierro de 300nm (sunActive fe)	Toddler health es una bebida totalmente natural y balanceada para niños entre 13 meses a 5 años. Una medida de Toddler Healt ayuda a los pequeños a cubrir sus necesidades diarias de vitaminas, minerales y proteínas”
Oat vainilla nutritional drink mix (mezcla para bebida nutricional sabor vainilla y avena)	Toddler Health	Hierro de 300nm (sunActive fe)	Toddler health es una bebida totalmente natural y balanceada para niños entre 13 meses a 5 años. Una medida de Tddler Healt ayuda a los pequeños a cubrir sus necesidades diarias de vitaminas, minerales y proteínas”
Canola active oil (aceite activo de canola)	Shemen	Líquidos estructurados auto armados, tamaño nano =micelas	

Cuadro 19. Nanomateriales en aditivos de alimentos

Nombre del producto	Fabricante	Contenido nano	Atributo
Aerosil, Sipernat	Evonik (degussa)	Sílice (calidad apta para alimentos)	Apoyo para la liberación de ingredientes en polvo en la industria de la alimentación
Aquanova NovaSol	Aquanova	Micelas (cápsulas) de sustancias lipófilas o insolubles en agua	“un optimo sistema de entrega de sustancias hidrofóbicas para mayor y más rápida reabsorción intestinal y cutánea y penetración de ingredientes activos”
	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.
Nano CcQ10	Pharmanex	Nano CcQ10	Nano tecnología para entrega de co-enzimas biodisponibles Q10... haciéndolas hasta 10 veces más biodisponibles que cualquier otra forma de CoQ10.
Solu™ E200	BASF	Nano solución de vitamina E con Novasol	Solución soluble de vitaminas de grasa.
Synthetic lycopene	BASF	LcoVit 10%(licopeno sintético de <200nm)	

Cuadro 20. Nanomateriales en suplementos alimenticios/nutricionales

Nombre del producto	Fabricante	Contenido nano
Aufbau for Kids	Vitosofan	Nano zeolita con vitaminas
Bio-sim	Nano Health Solutions	Nano sílice
C.L.E.A.N products (1-5)	sportmedix	Suplementos de base nanotecnologic
Colloidal silver cream	Skybright natural health	Nano plata
Colloidal silver liquid	Skybright natural health	Nano plata
Crystal clear nano silver	Nano health solutons	Nano plata
Lifepark nano	Pharmanex	CR-6 Llipo Nutrients
Lifepack nano (suplemento multivitaminico nutricional)	Pharmanex	Nano multivitaminico
Lipo-spheric tm vitamin C	Powell productions	100-150nm "Smart" Liposomal Nano-Spheres (nano esferas "inteligentes" liposómicas de 100-150nm)
Maat Shop Crystal Clear Nano Silver	Ma´at Shop	Nano plata
Maat shop nano -2+	Ma´at Shop	Nano plata
Maat-shop nano2bio-sim	Ma´at Shop	Nano tierra de diatomeas

Cuadro 21. Nanomateriales en suplementos alimenticios/nutricionales

Nombre del producto	Fabricante	Contenido nano
Men power	vitosofan	Nano zeolita con selenio y zinc
Mesocopper	Purist colloids	Nano cobre
Mesogold	Purist colloids	Nano oro
Mesopalladium	Purist colloids	Nano paladio
Mesotitanium	Purist colloids	Nano titaneo
Mesozinc	Purist colloids	nano zinc
Nano calcium/magnesium	Mag-i-Cal.com	Nano partículas (<500nm)
Nano humic and fulvic acid	Nano health solutions	Nano acido húmico y fulvico
Nano know know	Vitosofan	Nano zeolita
Nano silver dispersión	Nano silver technology	Nano plata
Nano-2+	Nano health solutions	No especificado-minerales, aminoácidos y enzimas n nano copias
Nanoceuticals hydracel	RBC Lifesciences	No especificado-minerales, aminoácidos y enzimas nano copias
Nanoceuticals mycro hydrin powder	RBC Lifesciences	Mycrohydrin (antioxidante)
Nanoceuticals silver 22	RBC Lifesciences	Nano plata

Cuadro 22. Nanomateriales en suplementos alimenticios / nutricionales

Nombre del producto	Fabricante	Contenido nano
Nanoceticals spirulina nanoclusters	RBC Lifesciences	"Nanoclusters" (nano-racimos)
Nano sil-10	Greenwood consumer products	Nano Plata
Nano trim	NanoNutra tm labs	Solución molecular para la pérdida de peso , formulado
Natural-immunigenics	Sovereign silver	Hidrosol coloidal de plata
Nutri-nano CoQ-10 3.1x softgels	Solgar	Utiliza Novasol
Ortho-iron	Advanced Orthomolecular Research	Hierro de 300 nm (Sun Active Fe)
Silvix3	Natural Care	Nano plata
Spray for life vitamin cupplements (suplementos vitaminicos en spray)	Health plus international	Nanogotas de diversas vitaminas
Toxi-Drain	Vitosofan	Nano zeolita más hierbas

Cuadro 23. Algunas patentes de nanotecnología para comestibles y su empaqueo

Dueño de la patente, tipo y fecha	Extracto de su descripción
Tetra Laval Holdings & Finance SA Empaque Septiembre de 2000	“Material de polyolefina integrado con partículas en fase nanoscópica: laminados de empaque usados en los envases de alimentos fluidos, por ejemplo leche o jugo —comprenden una capa de polyolefina entreverada con partículas de arcilla nanométrica, con propiedades obstructoras de gases.”
Atofina, Francia Empaques Febrero de 2004	“Compuesto para empaque de comestibles, basado en resina aromática de vinil, que contiene un relleno mineral laminado en forma de nano partículas.”
BASF Aditivo para alimentos 1999	“Preparaciones con carotenoides en la forma de polvos dispersables en agua fría, producidos al... preparar una solución molecular dispersable de un carotenoide, con o sin un emulsificante y/o un aceite comestible, en un solvente orgánico volátil, que se mezcla en agua a una temperatura elevada para después agregar una solución acuosa de un coloide protector, donde el componente hidrofílico solvente se transfiere a la fase acuosa, y la fase hidrofóbica del carotenoide resulta en una fase nano dispersa...”
Pengcheng Vocational University, China Empaque de comestibles Abril de 2003	“Película plástica antibiótica para conservar la frescura. Su método para producirla.”

<p>University College, Dublin, National University of Ireland, Dublin Aditivo para alimentos , febrero 2004</p>	<p>“Método para la manufactura de micro partículas con diseños, comprende micro partículas inmovilizantes, incluyendo nano partículas, para ser labradas en la superficie de una membrana porosa, lo que da por resultado un material protector orgánico o inorgánico que puede adherirse a las superficies expuestas de dichas micro partículas... Las partículas con diseño producidas pueden usarse en un amplio rango de aplicaciones en salud, información y comunicación, y en ambientes sustentables. Sirven en habitaciones, vestido, energía, alimentación, transporte y seguridad.”</p>
<p>Gerold Lukowski, Jülich, Wolf-Dieter, Ulrike Lindenquist, Sabine Mundt Aditivo para alimentos Octubre de 2003</p>	<p>“Micro o nano partículas de biomasa de organismos marinos ricos en lípidos, útiles como agentes activos para la farmacéutica o la cosmética, o como aditivos alimentarios, por ejemplo para evitar que las bacterias se adhieran a la piel o al tejido.”</p>
<p>Guan-Gzhou Institute of Chemistry, Academia China de Ciencias. Aditivo para alimentos Octubre de 2003</p>	<p>“Avicel (celulosa micro cristalina) nanométrica, dispersable en agua, su preparación y producto coloidal: el polvo micro cristalino de celulosa nanométrica es celulosa micro cristalina con modificación nanométrica en su superficie, con un coloide hidrofílico agregado en cantidad de 5-150 wt% y el tamaño de su grano oscila entre 6.3-100 nanómetros. Durante su preparación, el coloide hidrofílico se dispersa homogéneamente en un medio de celulosa micro cristalina</p>

	<p>con superficie modificada nanométrica.</p> <p>La mezcla se seca y se comprime. La celulosa micro cristalina nanométrica es fácil de dispersar en agua para formar coloide, que es homogéneo y con gran fuerza de adherencia, y mantiene el tamaño diminuto de la celulosa micro cristalina, de modo que tiene un campo amplio y particular de aplicación innovadora en producción de alimentos, medicina, elaboración de papel, textiles, preparación de nuevos materiales y otros campos.”</p>
<p>Cellresin Technologies, Llc Empaque Julio de 2003</p>	<p>“Material obstructor hecho con partículas de metal nanoscópico como recubrimiento laminado de plástico o materiales de empaque en contacto con alimentos, comprende partículas de zinc o un metal o aleación metálica de reacción semejante, dispersa en un material matriz.”</p>
<p>Bridgestone Corporation, Tokio, Japón Aditivo de alimentos Julio 2003</p>	<p>“Sílice estabilizado y el método de preparación y uso del mismo: Se procura una superficie estabilizada de sílice no aglomerado...en el orden del nanómetro. La superficie estabilizada de sílice no aglomerado puede usarse como aditivo en cualquier aplicación que requiera sílice, tal como los rellenos reforzantes en las composiciones elastoméricas, alimentos, fármacos, dentífricos, tintas, toners, recubrimientos y abrasivos.”</p>
<p>Wageningen Centre for Food Sciences, Wageningen, Holanda</p>	<p>“Novedoso proceso para preparar compuesto acuoso-gelatinoso.</p> <p>Dicho proceso emplea una proteína globular formadora de gel semejante a la proteína del suero, la ovo albúmina o la proteína de soya... La invención se relaciona también con los productos obtenibles con el proceso mencionado.”</p>

Alimentos Febrero 2003	
Mars, Inc. Aditivo de alimentos Abril de 1998	<p>“Un producto comestible recubierto que comprende... material comestible... y una cubierta continua, inorgánica en la superficie del material comestible, donde la dicha cubierta cubre por lo menos una porción del material comestible y la dicha cubierta tiene un grosor que va de 0.0001 a 0.5 micras.”</p>
Globoasia, Llc, Hanover, Md Conservador de alimentos Abril de 2002	<p>“El invento se relaciona con gránulos de plata nanométrica que combaten hongos y bacterias (conocidos en inglés como NAGs).</p> <p>Los NAGs tienen un efecto inhibitorio duradero sobre el amplio espectro de hongos y bacterias. Los NAGs pueden usarse en una variedad de productos industriales y de cuidado de la salud. Los ejemplos de los productos industriales incluyen, pero no se limitan, a conservadores de alimentos, desinfectantes de agua, desinfectantes de papel, materiales de relleno de construcción (para evitar la formación de moho).”</p>
Cognis Deutschland GmbH, Düsseldorf, Alemania Aditivo alimentario Marzo de 2002	<p>“El uso de esteroides nano escalares y/o éster-esterolados con diámetros de partícula de entre 10 y 300 nm como conservadores de alimentos y como sustancias activas en la producción de agentes hipocolesterolémicos. La finura singular de las partículas promueve que el suero de la sangre las absorba en forma más rápida después de la ingestión oral, en comparación de los esteroides y los éster-esterolados convencionales.”</p>

<p>Henkel KgaA, Düsseldorf, Alemania Aditivo de alimentos Diciembre de 2001</p>	<p>“Producción de una suspensión de material derretible sin descomposición, usado en farmacéuticos, cosméticos y en la industria de alimentos, que comprende la preparación de una emulsión de dicho material, fase líquida y agente modificador de superficie, y luego enfriado.”</p>
<p>Lu Bingkun China Empaque Junio de 2001</p>	<p>“Proceso de preparación de plásticos antibacteriales para envases de alimentos y bebidas usando polvos antibacteriales nano escalares.”</p>
<p>Wolff Walsrode Ag, Alemania Empaque Febrero de 2001</p>	<p>“Película, útil en el empaque de productos alimentarios, contiene por lo menos una capa de copolamida que comprende partículas nucleantes nano escalares dispersas en una proporción de 10-2000 ppm.”</p>
<p>Empaque</p>	<p>“Envase auto refrescante de alimentos y bebidas, que utilizan fullerenos tubulares nanoscópicos.”</p>

Fuente: La invasión invisible del campo. Etc group. 2004, p