

TEMA 3

Aplicación de la nanotecnología en el sector de la alimentación

Nanotecnología en Alimentos

OpenCourseWare

UPV/EHU OCW-2016

Idoia Ruiz de Larramendi



CONTENIDOS

- ❖ **Introducción**
- ❖ **Nanotecnología en la industria alimenticia**
- ❖ **La nanotecnología y el embalaje de alimentos**
 - Nanopartículas para el embalaje de alimentos
 - Biopolímeros naturales
 - Las ventajas de los nanomateriales en el embalaje de alimentos
- ❖ **Nanosensores**
- ❖ **Riesgos y regulaciones**
- ❖ **Percepción pública**



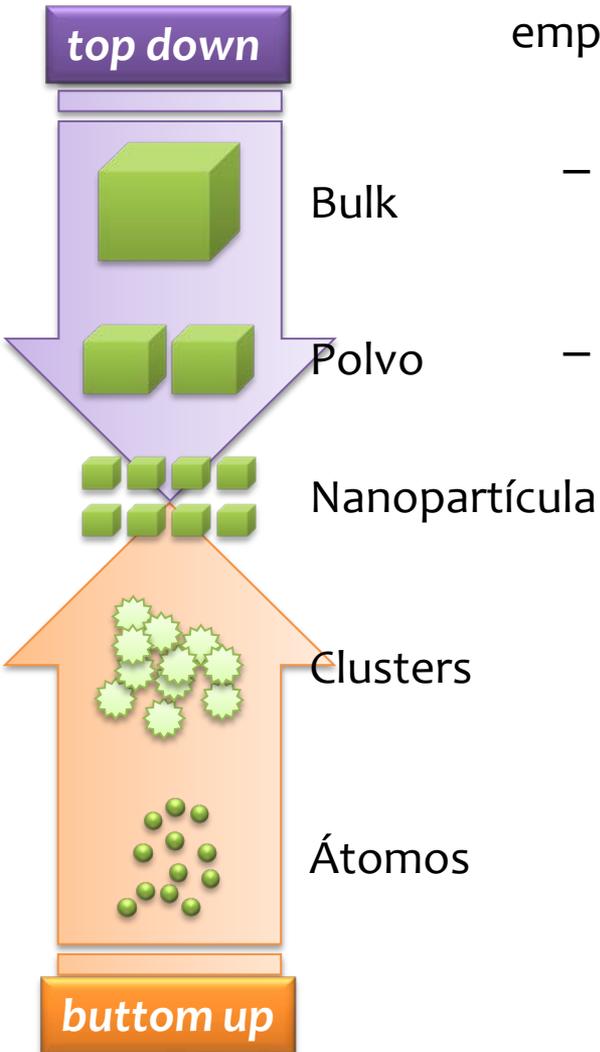
INTRODUCCIÓN

- La nanociencia y la nanotecnología ya han sido aplicados en varios campos \Rightarrow la electrónica, la comunicación, la producción de energía, la medicina y la industria de alimentos.
 - imitar nanosistemas naturales (proteínas, ADN, membranas y otros tipos de biomoléculas naturales)
- La mayor parte de las nanopartículas usadas tradicionalmente pertenecen al grupo de los **coloides**
- Las principales diferencias entre una suspensión y un coloide:
 - El coloide no es visible a simple vista (tamaño entre $1\ \mu\text{m}$ y $1\ \text{nm}$)
 - En un sistema coloidal en reposo no se aprecia la separación en dos fases
- Michael Faraday a mediados del siglo XVIII observó que:
 - las partículas se atraían entre sí mediante fuerzas de Van der Waals, lo que les confería la estabilidad coloidal.
 - la estabilización estérica se alcanza adsorbiendo polímeros y surfactantes sobre la superficie
 - Las nanopartículas también pueden ser estabilizadas cubriéndolas con moléculas con las que puedan formar enlaces químicos



INTRODUCCIÓN

- En el sector alimentario, la nanotecnología puede ser aplicada empleando dos métodos diferentes: 'bottom up' o 'top down'



- El método *top down* se alcanza básicamente mediante un tratamiento físico de los materiales, como la molienda ⇒ harina de trigo o polvo de té verde.
- El auto-ensamblaje (*self assembly*) y la auto-organización (*self organization*) son métodos *bottom up*.

Estructuras	Diámetro o longitud (nm)
ADN	12
Glucosa	21 – 75
Liposoma	30 – 10000
Micela de caseína	60 – 100
Zein	200
Nanosensores	< 1000



INTRODUCCIÓN

- Debido a la mayor superficie por unidad de masa de las nanopartículas son biológicamente más activas que las partículas de igual composición química de mayor tamaño.
 - Compuestos bioactivos en los productos de alimentación funcionales:
 - Ácidos grasos Omega 3 y 6, probióticos, prebióticos, vitaminas y minerales
- En la industria alimenticia, se han hecho evidentes varios nuevos usos de la nanotecnología:
 - empleo de nanopartículas, como micelas, liposomas, nanoemulsiones, nanopartículas biopoliméricas y cubosomas, así como el desarrollo de nanosensores
 - los aceites de cocina que contienen nutraceuticos dentro de nanocapsulas, aumentadores del sabor nanoencapsulados y las nanopartículas que tienen la capacidad selectiva de unirse y liberar productos químicos del alimento.
- Los motivos principales para la tardía incorporación de la nanotecnología en el sector alimenticio son debidas a los posibles riesgos asociados.



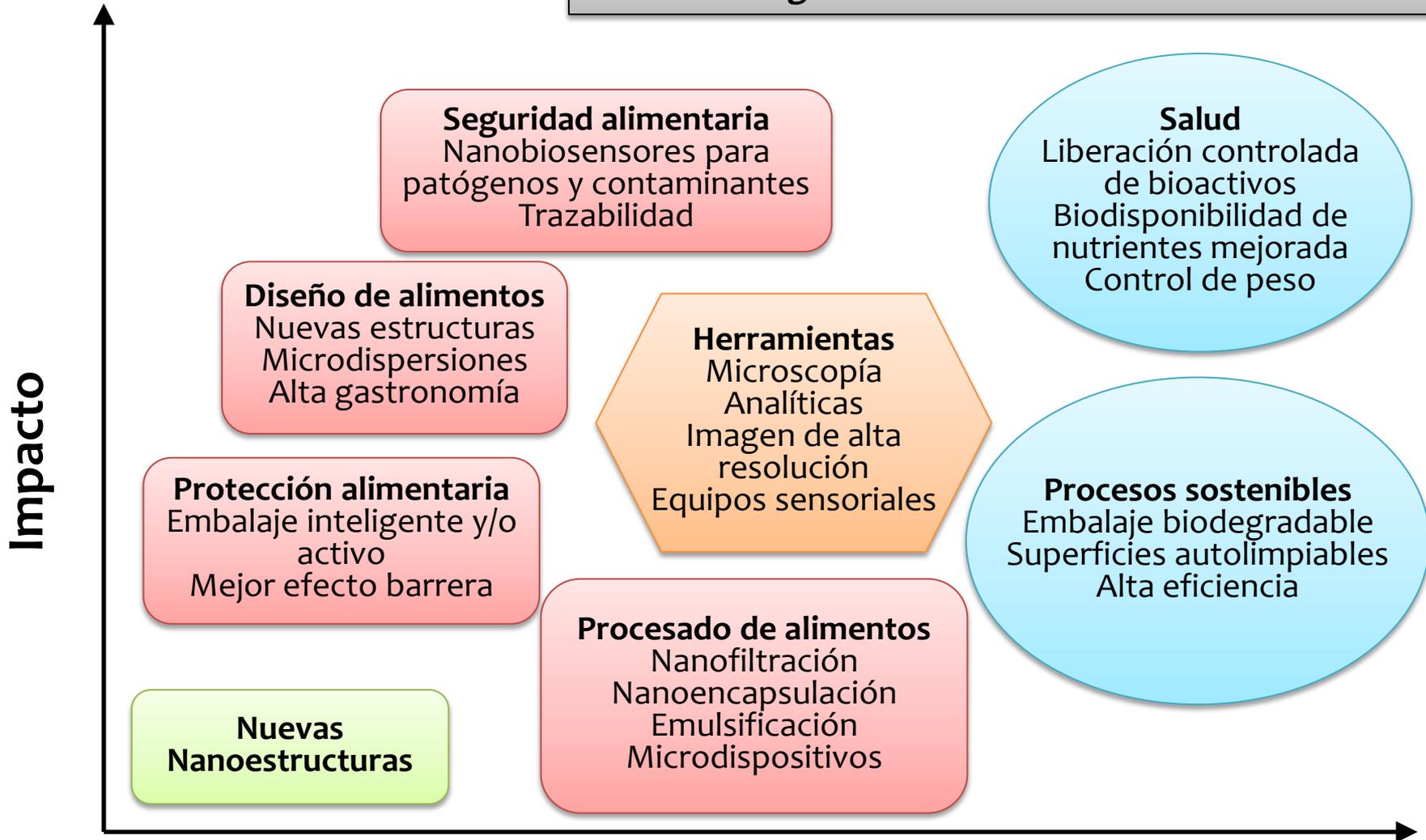
INTRODUCCIÓN

- No existe ninguna reglamentación o regulación asociada al uso de la nanotecnología a nivel mundial.
 - En la actualidad en el mercado hay más de 200 productos identificados como “nanoproductos”
 - 60 ⇨ relacionados con la salud
 - 9% ⇨ productos alimenticios y bebidas
- Existen regulaciones generales para los productos de alimentación y la introducción de un “nanoingrediente” puede ser difícil y costoso ya que es necesario un riguroso estudio de evaluación de riesgo a fin de asegurar la protección de la salud del consumidos y del medio ambiente ➡ mantener un elevado nivel de **SEGURIDAD ALIMENTARIA**
 - En el año 2009, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) realizó una evaluación sobre los riesgos potenciales de las nanotecnologías para la alimentación y los piensos y concluyó que aún existían muchas incertidumbres sobre su seguridad, y que podía ser muy difícil ofrecer unas conclusiones plenamente satisfactorias ➡ ***“Guía para la evaluación de riesgos derivados de la aplicación de la nanociencia y las nanotecnologías en los alimentos y piensos”***



NANOTECNOLOGÍA EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA

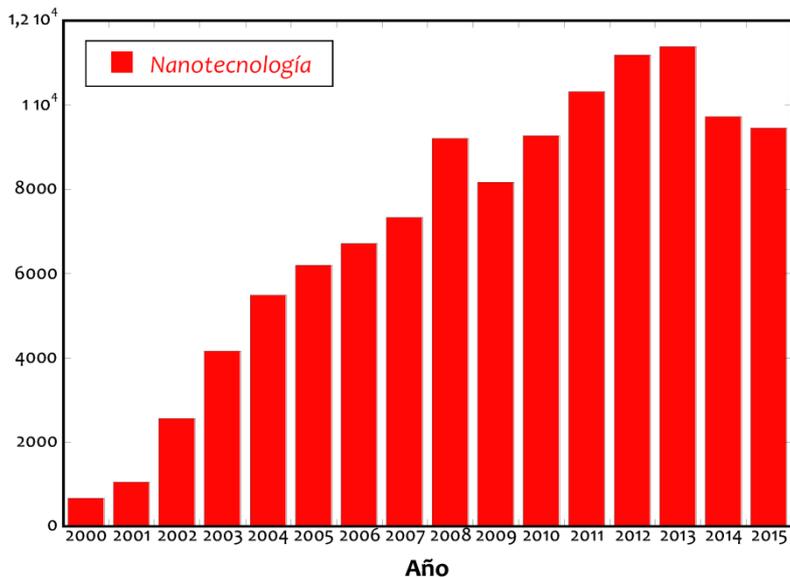
Impacto y necesidad del desarrollo y aplicación de la nanotecnología en la industria alimenticia.





NANOTECNOLOGÍA EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA

Evolución del número de publicaciones



Primera publicación con el término **nanotecnología**:

Review of Scientific Instruments 49, 650 (1978)

Streak camera measurement of subnanosecond plastic scintillator properties^{a)}

J. C. Cheng, K. G. Tirsell, G. R. Tripp, E. M. Lent, and R. A. Lerche

Lawrence Livermore Laboratory, University of California, Livermore, California 94550

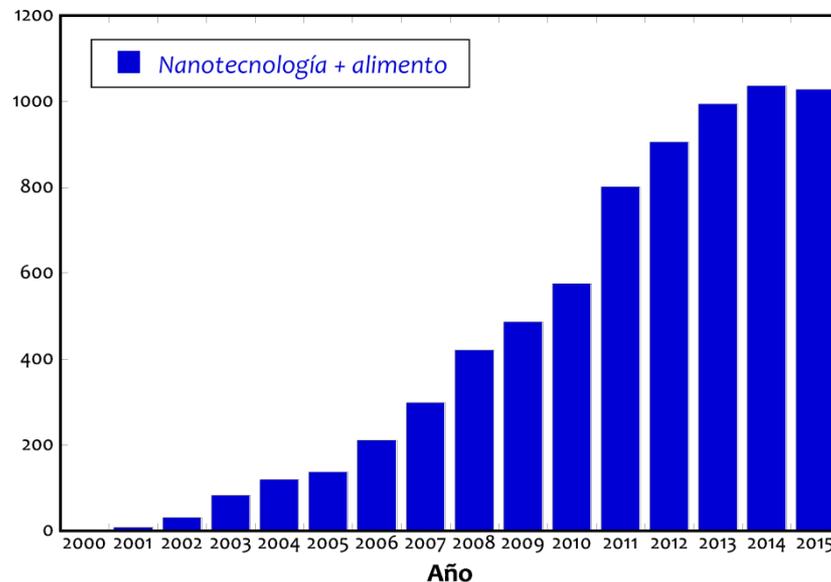
(Received 1 September 1977; in final form, 12 December 1977)

Primera publicación con los términos **nanotecnología y alimento**:
Biosensors & Bioelectronics 10, 35 (1995)

Controlled Signal Transduction Across Interfaces of "Intelligent" Molecular Systems

Wolfgang Göpel

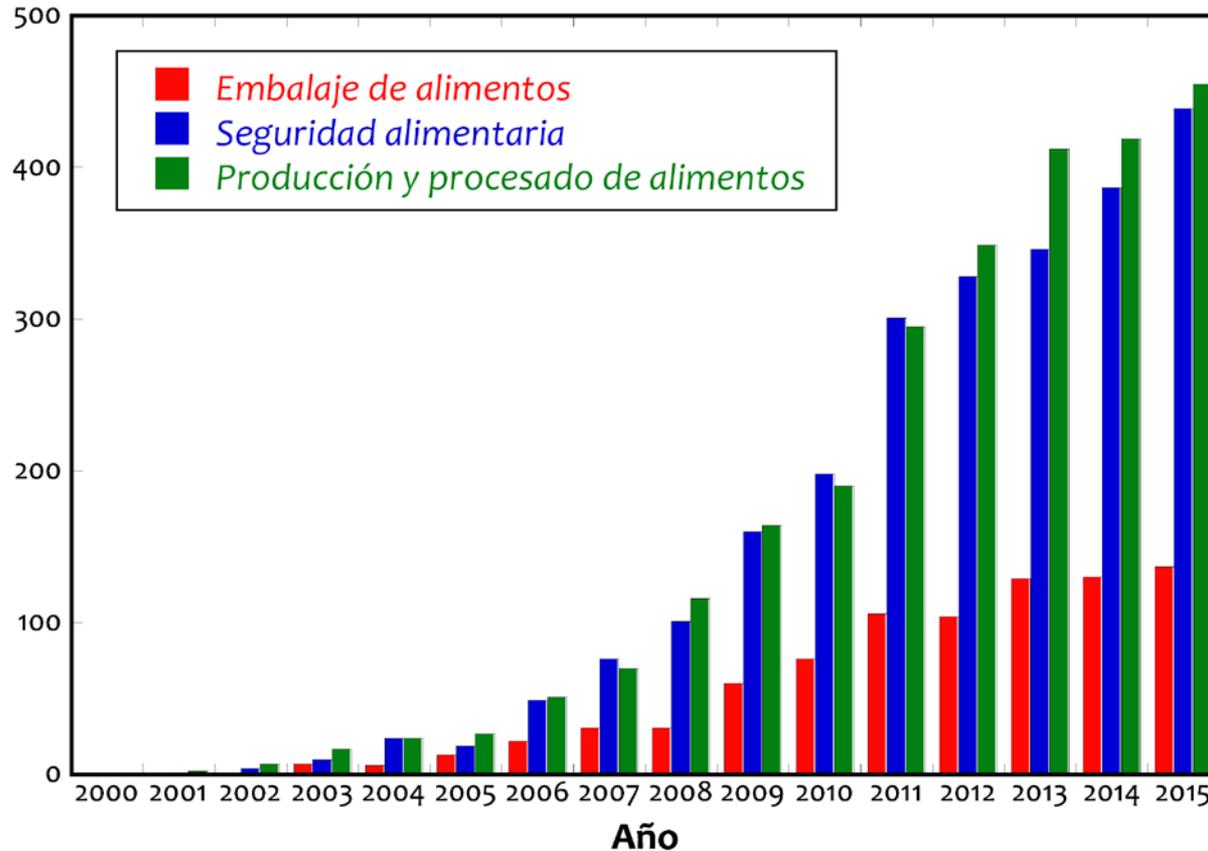
Institute of Physical and Theoretical Chemistry and Centre of Interface Analysis and Sensors,
University of Tübingen, Auf der Morgenstelle 8, D-72076 Tübingen, Germany





NANOTECNOLOGÍA EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA

Evolución del número de publicaciones



- Clara tendencia ascendente en el número de publicaciones ➔ sector emergente en desarrollo
- El avance en la introducción de nanosistemas en los alimentos es paralelo al de la seguridad alimentaria



NANOTECNOLOGÍA EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA

- Nuevos pesticidas
- Distribución de agro-químicos
- Sensores inteligentes
- Ingeniería genética
- Diagnóstico de enfermedades de animales
- Refuerzo de alimentación animal

- Nanoencapsulación de sabores/aromas
- Nanoemulsiones
- Agentes viscosificantes
- Antiaglomerante
- Limpieza

- Nutracéuticos
- Refuerzo vitamínico y mineral
- Nanoemulsiones
- Distribución de nutrientes
- Suplementos de características sensoriales

Producción primaria

Procesado de alimentos

Nutrición

NANOTECNOLOGÍA EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA

Seguridad alimentaria

Embalaje

- Diagnóstico y detección (por ejemplo para contaminantes)
- Sistemas de seguridad/anti-falsificación

- Antimicrobiales
- Embalaje inteligente
- Materiales en contacto con alimentos



NANOTECNOLOGÍA EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA

Usos actuales de la nanotecnología en la industria alimenticia.



Aplicaciones en alimentos

- Protección frente a la oxidación
- Liberación controlada de nutrientes encapsulados
- Enmascadores del sabor
- Reparto de nutraceuticos nanoencapsulados, vitaminas y sabores
- Detección de patógenos en sistemas alimenticios
- Seguridad y análisis de calidad de los alimentos



Aplicaciones en el embalaje de alimentos

- Mejora del envasado
- Nanoaditivos
- Envasado inteligente
- Reparto y liberación controlada de nutraceuticos
- Embalaje antibacteriano y auto-limpiable
- Monitorización de las condiciones del producto durante el transporte



NANOTECNOLOGÍA EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA

- **Nanoagroquímicos**

- Nanopesticidas

- Combinan surfactantes, polímeros y nanopartículas metálicas
- Factor limitante: falta de solubilidad en agua → microencapsulación de pesticidas hidrofóbicos
- Liberación controlada
- Control de insectos
 - Nanopartículas de Ag
 - NanoSílice
 - NanoCu (desde 1931 en Bouisol)
- Liberación controlada y mayor eficiencia con menor dosis química

- Nanofertilizantes

- Tratamientos con nanopartículas de TiO_2 → efecto en crecimiento del maíz
- Tratamientos con nanopartículas de TiO_2 y SiO_2 → aumento de la capacidad de absorción en la soja
- Reducción de toxicidad de la tierra...
- Otros sistemas: ZnO, Nanotubos de Carbono, Nanozeolitas, ...



LA NANOTECNOLOGÍA Y EL EMBALAJE DE ALIMENTOS

- NANOPARTÍCULAS PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS

- BIO-NANO-COMPOSITES

- Materiales tradicionales de embalaje de alimentos suelen ser no biodegradables ➔ aumento de la contaminación ambiental + mayor consumo de combustibles fósiles.
- Materiales biodegradables para el embalaje de alimentos suelen presentar unas propiedades mecánicas limitadas y pobre efecto barrera.
- **Objetivo:** mejorar la biodegradabilidad sin perder las propiedades de los materiales tradicionales o incluso mejorarlas
 - Materiales nanoestructurados híbridos con propiedades mecánicas, térmicas y de barrera de gases mejoradas.
 - Protege al alimento y aumenta su duración
 - Una solución más ecológica porque reduce la exigencia de usar plásticos como materiales de embalaje



LA NANOTECNOLOGÍA Y EL EMBALAJE DE ALIMENTOS

Polímeros Naturales

Sólidos Inorgánicos

Plastificantes

Almidón

Celulosa

Ácido poliláctico

Gelatina

Colágeno

Quitosano

+

Arcillas

Montmorillonita

Cloisita

+

Glicerol

Aceites vegetales

Trietilcitrate

**Bioplásticos
reforzados**

Degradación por
microorganismos

CO₂

**Productos normales
de degradación**



LA NANOTECNOLOGÍA Y EL EMBALAJE DE ALIMENTOS

- SISTEMAS HÍBRIDOS ORGÁNICOS-INORGÁNICOS
 - Mejorar las propiedades de películas biodegradables
 - Silicatos laminares integrados en una matriz polimérica \Rightarrow mejoran la estabilidad y su biodegradabilidad (variando la cantidad de solventes)

- ZEIN
 - Prolamina (proteína vegetal)
 - Componente principal de la proteína del maíz
 - Disolviéndolo en etanol o acetona es posible obtener películas de zein biodegradables extensibles y con buenas propiedades de barrera de agua
 - Puede formar una red de estructuras tubulares que pueden ser microbiológicamente resistentes e inertes.
 - Nanopartículas de zein \rightarrow portadores de compuestos de sabor, encapsulación de nutracéuticos o mejorar la resistencia de los envasados de alimentos.
 - Modificando el medio es posible obtener diferentes organizaciones de las nanoestructuras, dando lugar a diferentes propiedades.



LA NANOTECNOLOGÍA Y EL EMBALAJE DE ALIMENTOS

Mejora de las propiedades barrera

- ZEIN

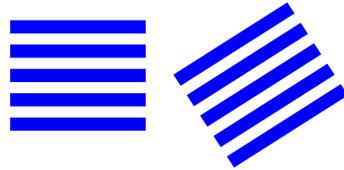
- Una posibilidad de aumentar las propiedades de barrera de polímeros zein es el tratamiento con compuestos de estructura tipo silicato estables (montmorillonita, hectorita o saponita).
 - Los silicatos están formados por una estructura laminar que puede ser dispersada en una matriz polimérica ➔ capaz de mejorar las propiedades mecánicas (fuerza y rigidez) y la permeabilidad (de agua y de gas) del polímero.
 - Al ser dispersados en la matriz polimérica y en función de las condiciones, los silicatos se laminan, liberando sus capas entre las cuales penetra el polímero. De esta forma, la presencia de las láminas de silicatos producen senderos más tortuosos y complicados para la difusión del gas o del agua.
 - La forma de penetrar del polímero puede dar lugar a tres configuraciones diferentes:
 - Fases separadas
 - Fases intercaladas
 - Fases exfoliadas ➔ mayor capacidad para mejorar el límite de resistencia a la tracción de la película polimérica a la cual son incorporados.



LA NANOTECNOLOGÍA Y EL EMBALAJE DE ALIMENTOS

Mejora de las propiedades barrera

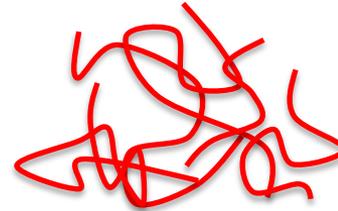
Representación esquemática del proceso de obtención de diferentes micro/nanocomposites a partir de silicatos laminares y polímeros



Silicato laminar

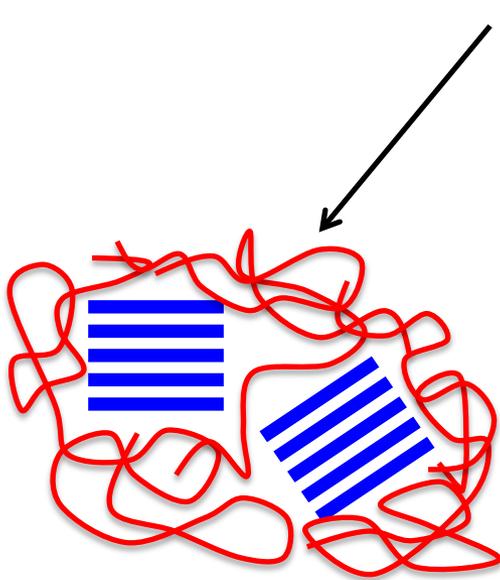
Espesor ~ 1 nm

Diámetro ~ 30 – 2000 nm

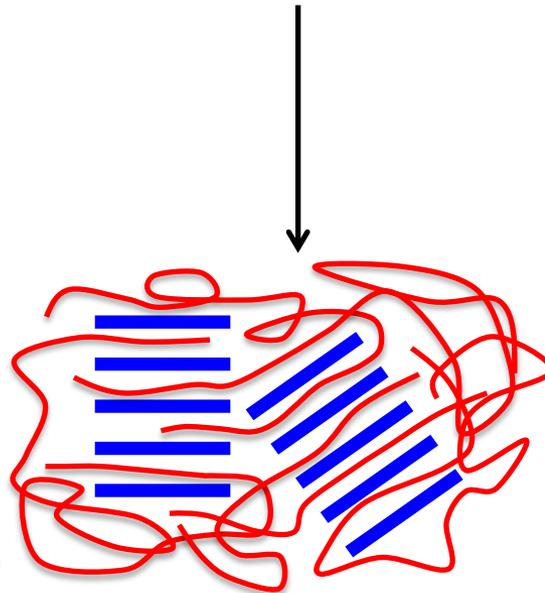


Polímero

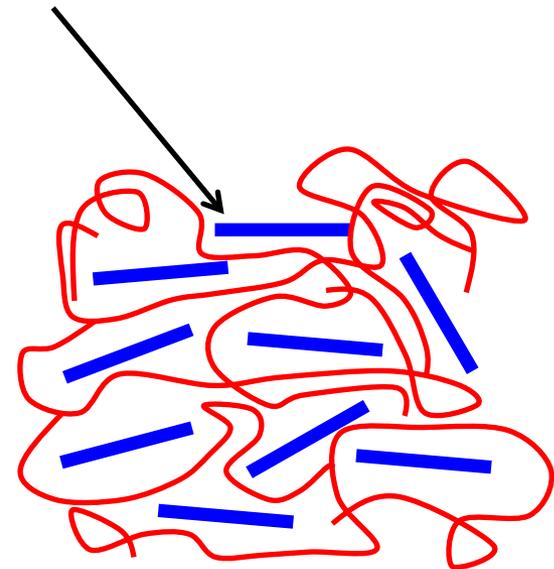
(zein)



Fases separadas
(microcomposite)



Fases intercaladas
(nanocomposite)



Fases exfoliadas
(nanocomposite)

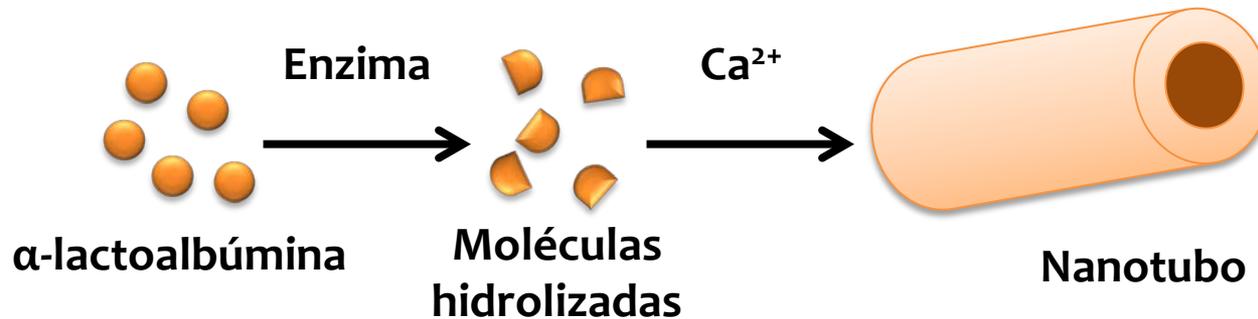


LA NANOTECNOLOGÍA Y EL EMBALAJE DE ALIMENTOS

- RELLENOS NANOMÉTRICOS
 - Nanofibras, nanotubos
 - Silicatos laminares sólidos
 - Arcillas laminares inorgánicas sólidas
 - ⇒ híbrido arcilla-nylon
- HIDRÓXIDOS DOBLES LAMINARES (LDHs)
 - Nanorellenos para matrices poliméricas.
 - Son capaces de formar capas cargadas positivamente dentro de una red 3D de capas de silicatos interconectadas → mejora de las propiedades mecánicas
- NANOTUBOS (NT)
 - NTs de C: incorporados a estructuras poliméricas → aumento en las propiedades mecánicas.



LA NANOTECNOLOGÍA Y EL EMBALAJE DE ALIMENTOS



- Obtención de nanotubos de la proteína de la leche α -lactoalbúmina mediante hidrólisis parcial
 - Los nanotubos son capaces de aumentar la viscosidad (superficie mayor en igual volumen) y aportar una mayor rigidez al sistema.
 - Asimismo, los nanotubos pueden emplearse como espesantes alternativos
 - Cavidades de 8 nm de diámetro \Rightarrow permite la unión con componentes alimenticios (vitaminas, enzimas, ...)
 - Las cavidades también puede emplearse para encapsular y proteger nutraceuticos o para enmascarar un sabor o aroma indeseable.
 - Proteína de la leche \Rightarrow material alimenticio \rightarrow fácil introducción en el mercado alimentario.



LA NANOTECNOLOGÍA Y EL EMBALAJE DE ALIMENTOS

- BIOPOLÍMEROS NATURALES

- Almidón y sus derivados

- Tras la extrusión, el almidón puede convertirse en un material termoplástico con baja resistencia mecánica y pobre protección sobre la acción del oxígeno.
- Almidón termoplástico + nanoarcilla mejora en propiedades barrera, límite de resistencia a la tracción mayor y menor permeabilidad al vapor de agua.

- Biopoliésteres

- Formados por monómeros biológicos: ácido poliláctico (PLA), polihidroxitirato (PHB) y policaprolacton (PCL)
- Biodegradable y biocompatible
- Limitaciones importantes → propiedades de barrera de gas relativamente pobres y fragilidad
 - Empleo de nanoarcillas (agentes de relleno en una matriz de biopoliéster)



LA NANOTECNOLOGÍA Y EL EMBALAJE DE ALIMENTOS

- LAS VENTAJAS DE LOS NANOMATERIALES EN EL EMBALAJE DE ALIMENTOS

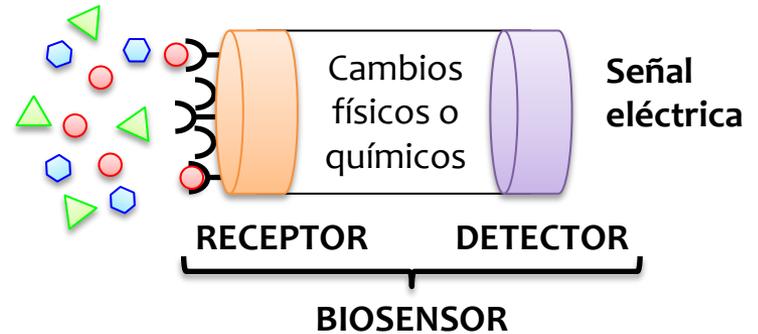
- Materiales bioactivos:

- Capaces de guardar compuestos bioactivos como prebioticos, probioticos, vitaminas encapsuladas, ... en condiciones óptimas hasta su liberación de manera controlada en el alimento.
- En el embalaje pueden ayudar a controlar la oxidación de los alimentos y prevenir la formación de sabores y texturas indeseables en el propio alimento.
- Su encapsulación en el propio embalaje y posterior liberación controlada puede suponer un gran avance tecnológico.



de bio a NANOSENSORES

- Un biosensor es un dispositivo al que se le incorpora una sustancia biológica para poder medir de manera selectiva determinadas sustancias en cierto medio.
- 1er biosensor – 1962, Clarke & Lyons
Medir glucosa en sangre
- **Biosensores en el análisis de alimentos:**
 - Existen pocos por varias razones:
 - Tamaño de muestras a analizar mucho mayores que en el caso de las aplicaciones biomédicas
 - Diferentes matrices en función del tipo de alimento/muestra.
 - Campos de aplicación:
 - Seguridad alimentaria
 - Predicción del tiempo de vida
 - Análisis de posibles adulteraciones
 - Monitorización de procesos





de bio a **NANOSENSORES**

- **Biosensores en seguridad alimentaria:**

- Existe una necesidad de demostrar que si un producto potencialmente peligroso está presente, que lo haga en una concentración suficientemente baja para que su presencia sea despreciable y su efecto/riesgo también.
- En función del tipo de patógeno, la regulación pertinente establecerá cuáles son los límites permitidos.
 - Por ejemplo, en el caso de micotoxinas (HT-2) este límite es de 0,025 mg/kg.
 - Generalmente los límites permitidos suelen ser del orden de los ppb (ng/g), por lo que es necesario un sensor cualitativo cuyo límite de detección se encuentre dentro de los definidos por la regulación.
- En este tipo de muestra, las concentraciones de patógenos son muy bajas en cantidades de muestra relativamente grandes. Si se quiere miniaturizar el sistema será necesario:
 - Enriquecer la muestra en concentración de patógeno
 - Detectar mejor: más sensible (NANOTECNOLOGÍA) y/o mayores tiempos de análisis.
 - Desarrollar nuevas técnicas que eviten la necesidad de llevar a cabo cultivos
→ mejorar la detección con NANOTECNOLOGÍA



NANOSENSORES

- Se han comercializado pocos biosensores para el análisis de alimentos
 - Objetivos: seguridad, predicción del tiempo de vida, monitorización de procesos y adulteración.



Técnicas de transducción

- **Sensores electroquímicos**
 - Miden la corriente generada/consumida en dos electrodos + electrodo de referencia.
 - Están basados en cambios en el potencial redox.
- **Sensores piezoeléctricos**
 - Microbalanza de cuarzo.
 - Cambio en impedancia AC → cambios en una frecuencia aplicada.
- **Sensores ópticos**
 - Cambio en el índice de refracción de una superficie.
- **Sensores magnetorresistentes**
 - Cambio en la resistividad de un metal al aplicar un campo magnético.
- **Sensores microfluidos**



NANOSENSORES

- Miniaturizar un biosensor → se requiere una elevada sensibilidad para localizar patógenos en grandes volúmenes de muestra
 - Paso extra: enriquecimiento
 - No siempre es posible
 - Aumenta el tiempo de análisis
- Empleo de nanopartículas en vez de agentes de biorreconocimiento.
 - Tendrán utilidad en la captura y concentración de las dianas analíticas (analitos)
 - Propiedades de nanopartículas:
 - Captura y concentración de dianas analíticas junto con la interacción bioanalítica.
 - Mayor relación superficie/volumen:
 - » Mayor área de trabajo para adsorber químicos, agentes de bioafinidad pueden ser inmovilizados, ...
 - Cambio en propiedades → propiedades “sintonizables”
 - » Cambio en las propiedades ópticas debido a efectos cuánticos (*confinamiento cuántico*) que afectan a las propiedades eléctricas, por ejemplo.



NANOSENSORES

- **Confinamiento cuántico**

- *Los electrones del material están restringidos a moverse en una región muy pequeña, comparable a la longitud de onda asociada al electrón.*
- Los electrones de las nanopartículas están densamente empaquetados con una diferencia de energía entre la banda de valencia y conducción incrementada → como consecuencia la energía necesaria para excitar la partícula es mayor, liberándose una mayor cantidad de energía cuando el electrón excitado retorna al nivel fundamental ⇨ cambio de color y de propiedades eléctricas (por ejemplo, la resonancia de plasmones superficiales).
- Otra propiedad de algunos tipos de nanopartículas como los óxidos de metales, es el paramagnetismo que surge como resultado de un menor número de electrones desapareados en comparación con el material no nanométrico (bulk). Como resultado se obtiene un menor nivel de magnetismo que el material en bulk, aunque en presencia de un campo magnético presentan propiedades ferromagnéticas.

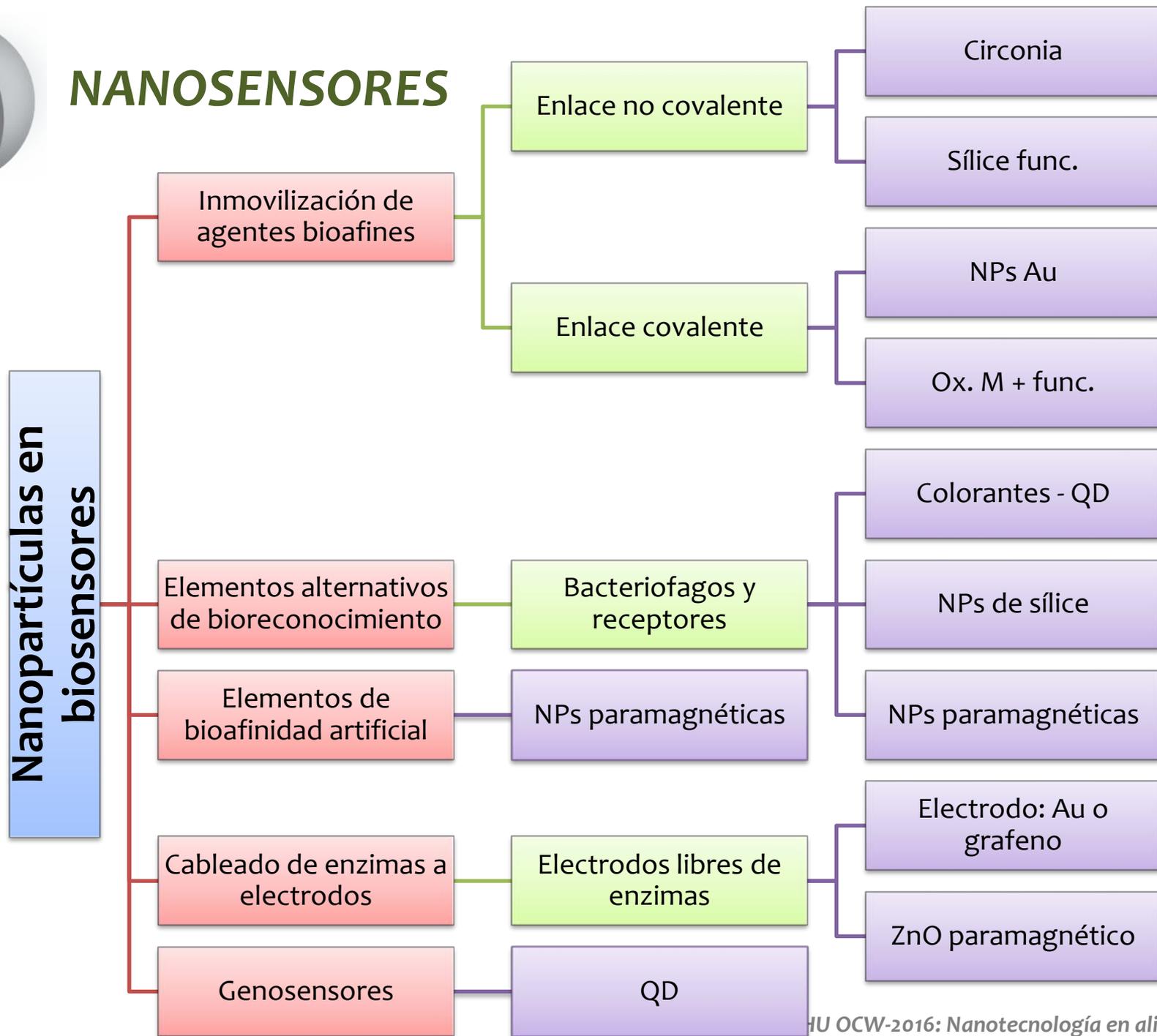


NANOSENSORES

- **Materiales para nanosensores destinados al control de la seguridad en alimentos**
 - Nanopartículas de oro
 - Mejoran la sensibilidad de biosensor
 - Se diseñan en tres capas: la primera es la propia nanopartícula de oro en el interior del sistema; las segunda y tercera capas son capas iónicas externas que se mantienen unida a través de interacciones electrostáticas dando lugar a cambios en el color con el tamaño.
 - Permiten la detección de excesos de bacterias, patógenos, residuos de pesticidas, ...
 - Por ejemplo, es posible detectar el contenido en sulfatiazol (~ 15 ng/g) en la miel en 10 minutos sin más instrumentación o pretratamiento.
 - Nanotubos de carbono
 - Actúan como sensores electroquímicos pudiendo determinar concentraciones.
 - Presentan elevada sensibilidad y selectividad.
 - Permiten detectar iones y compuestos orgánicos mediante electrodos modificados.
 - Extracción en fase sólida: método fácil, barato y rápido.

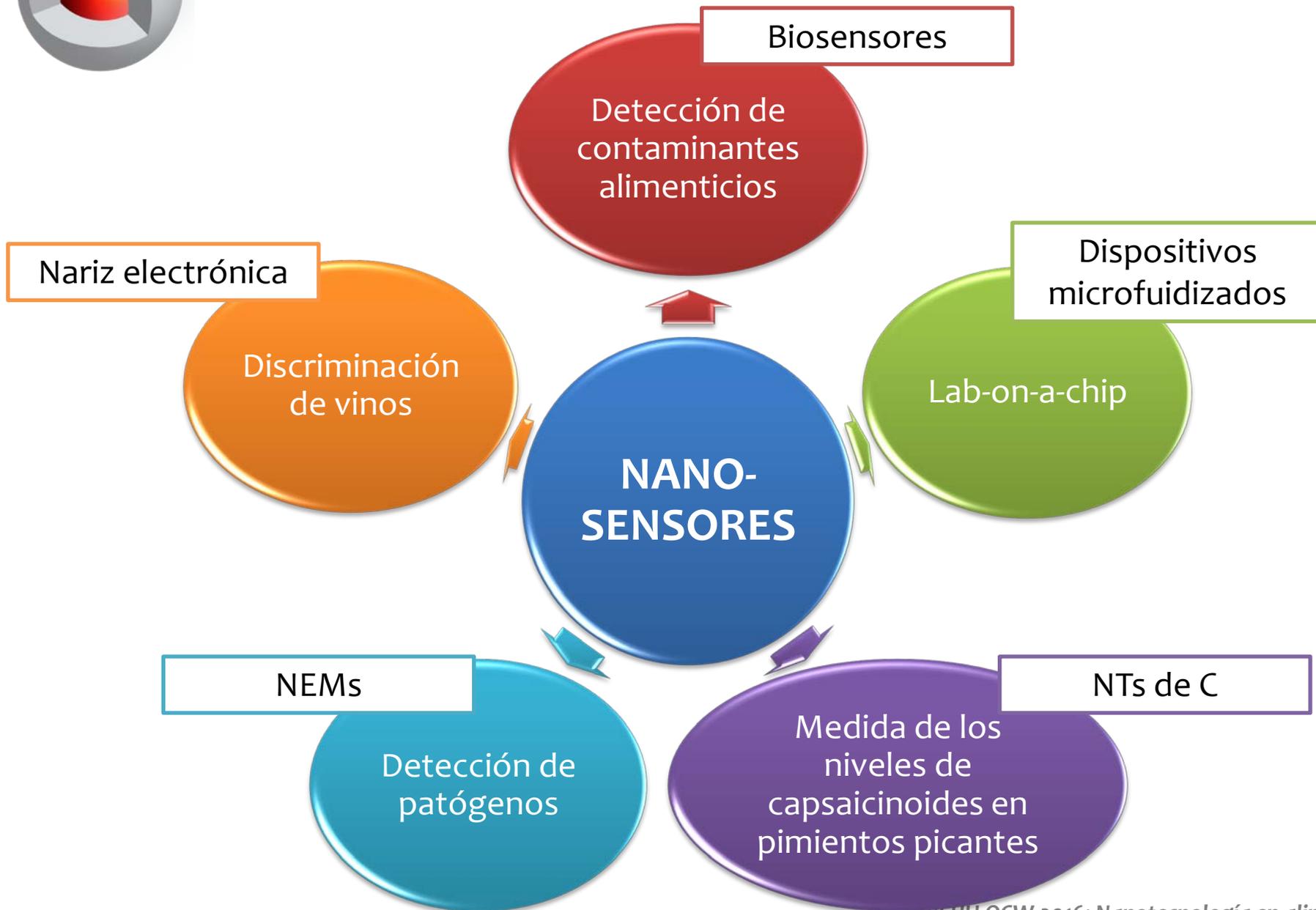


NANOSENSORES





NANOSENSORES

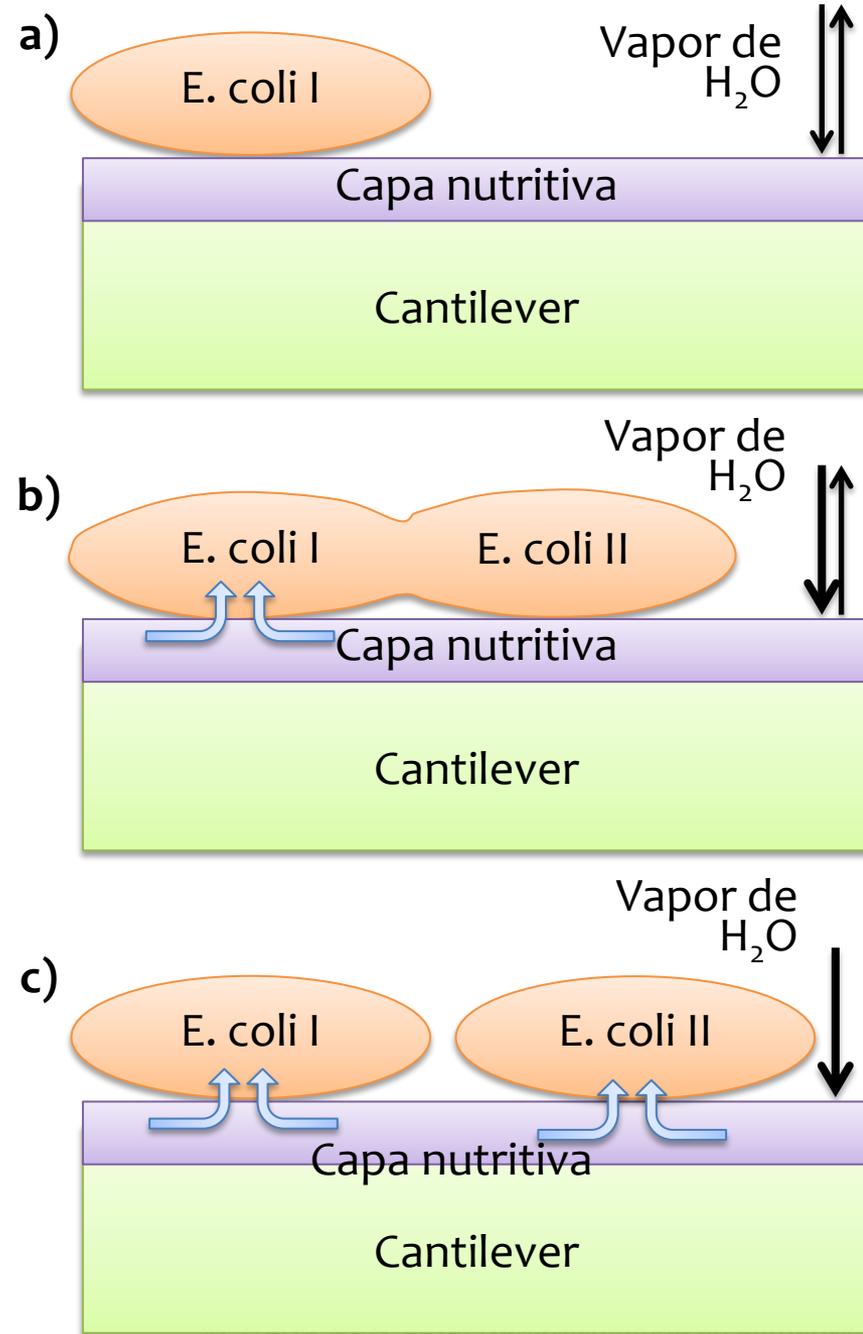




NANOSENSORES

Funcionamiento de un sensor nanocantilever que está basado en el aumento de masa debido al crecimiento bacteriano:

- Las células *E. coli* se depositan sobre la superficie de un nanocantilever recubierto con agar. La capa delgada nutritiva (~ 200 nm) está en equilibrio con el entorno húmedo.
- Las bacterias se comienzan a cultivar y asimilar el agua, la proteína, sales e hidratos de carbono de la capa nutritiva.
- Para recuperar el equilibrio con el entorno húmedo, la capa nutritiva absorbe el agua. Esta compensación conduce a la carga adicional de masa (Δm) en el nanocantilever que puede ser monitorizado por el cambio de niveles de frecuencia (Δf).





RESUMIENDO...

AGRICULTURA

Detección de moléculas

Nanocápsulas para pesticidas, fertilizantes, ...

Hormonas de crecimiento

Nanosensores

Nanochips

PROCESADO

Nanocápsulas para mejorar la biodisponibilidad

Aumentadores de sabor nanoencaps.

NTs y NPs como gelificantes

NPs para eliminar productos químicos y patógenos

EMBALAJE

Detección de productos químicos y patógenos

Nanosensores biodegradables

Nanoarcillas como materiales barrera

Nanosistemas antimicrobianos

Mejores embalajes

SUPLEMENTOS

Nanomateriales para mejor absorción de nutrientes

Transportadores de fármacos

Nutraceuticos nanoencaps.



RESUMIENDO...

- Existen grandes oportunidades para la nanotecnología en el área de los alimentos con muchos beneficios potenciales:
 - Métodos de producción agrícola más efectivos con bajo uso de agroquímicos como pesticidas, fertilizantes, tratamientos, ...
 - Menor contaminación y menor gasto en la adquisición de productos químicos.
 - Menores pérdidas en agricultura, con una mayor eficiencia y productividad
 - Menor costo de materias primas, lo que implicará un mayor margen de beneficios.
 - Mayor tiempo de vida gracias a los embalajes activos e inteligentes.
 - Menor desperdicio de alimentos
 - Mayor calidad y seguridad en los alimentos mediante el empleo de nanosensores
 - Nuevos alimentos y bebidas (color, sabor, textura, valor nutricional, ...)



RIESGOS Y REGULACIONES

1. Seguridad alimenticia

- La exposición a ciertos nanomateriales puede producir daño oxidativo y reacciones inflamatorias en el tracto gastrointestinal.
- La exposición continuada puede llegar a producir lesiones en el hígado y el riñón e incluso cáncer.
- La incorporación de nanotecnología en los alimentos puede convertirse en una nueva fuente de riesgo para la salud
- Existe un conocimiento muy limitado sobre los efectos tóxicos de las nanopartículas, por lo que son necesarios más estudios que incluyan la exposición por inhalación y contacto dérmico.

2. Embalaje de alimentos

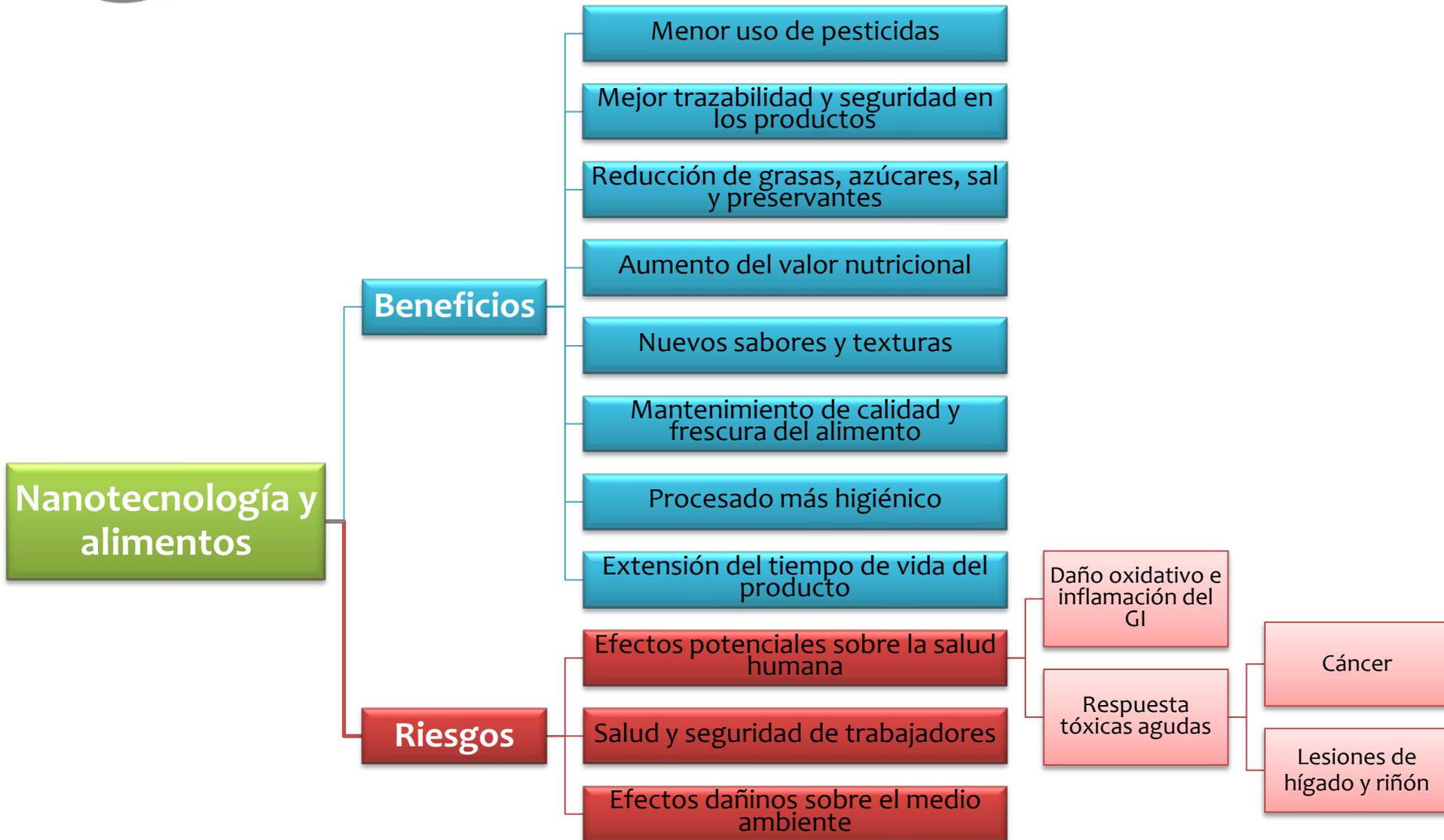
- Estudio de la migración de las nanopartículas desde el embalaje hacia el alimento.
 - Hasta el momento los estudios inducen a pensar que el riesgo es muy bajo por no decir que nulo.

3. Regulaciones

- La legislación es esencial para proteger al consumidor y aún no está establecida.
- Dificultad en detectar y medir nanopartículas en los alimentos.

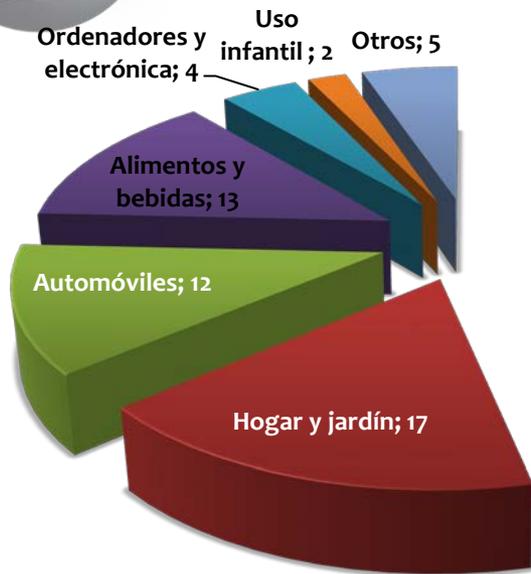


RIESGOS Y REGULACIONES

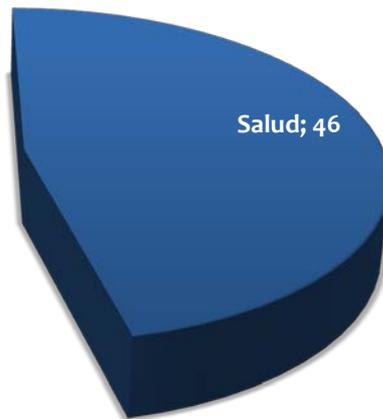




RIESGOS Y REGULACIONES



% de productos que contienen nanopartículas



% de tratamientos de enfermedades publicados que incluyen el empleo de nanopartículas

- Cáncer
- Enfermedad inflamatoria
- Enf. Cardiovascular
- Diabetes
- Alzheimer
- Enf neurológica
- Enf. Gastrointestinal
- Parkinson
- SIDA



RIESGOS Y REGULACIONES

- Los nanomateriales, debido a su elevada área de contacto, pueden tener efectos tóxicos sobre la salud en comparación con los materiales “micro” y “macro”.
- Aunque los nanomateriales de embalaje normalmente no son ingeridos o inhalados ⇒ ¿efectos?
- No existe regulación ⇒ ya existen alimentos y productos de nutrición que contienen aditivos nanométricos.

PELIGRO

+

EXPOSICION

=

RIESGO



[Tiburón](#)

Fotografía de François Battail



[Buzo](#)

Fotografía de OCVS



[Tiburón + buzo](#)

Fotografía de Derek Keats
(flickr con licencia CC BY 2.0)



PERCEPCIÓN PÚBLICA

- Afectará a la introducción de la nanotecnología en la industria de los alimentos.
- Sin embargo, es probable que algunos productos relacionados con la nanotecnología serán aceptados más fácilmente por el público que otros.