

Envase y Embalaje



La nanotecnología y sus aplicaciones en el envasado farmacéutico

M.A. HOLGADO, M.J. CÓZAR, J. ÁLVAREZ-FUENTES,
M. FERNÁNDEZ-ARÉVALO

Dpto. de Farmacia y Tecnología Farmacéutica. Facultad de Farmacia.
Universidad de Sevilla

La nanotecnología ha sido catalogada como la gran revolución del siglo XXI. El interés de esta tecnología radica en el hecho de que el pequeño tamaño conlleva propiedades físicas y químicas que difieren significativamente de las habituales a mayor escala.

Muchas son las aplicaciones de esta nueva ciencia que se están desarrollando, entre las que destaca la síntesis y desarrollo de nanocompuestos utilizados en el envasado y acondicionamiento de alimentos y medicamentos. Los nanocompuestos a base de polímeros y arcillas intercaladas han despertado gran curiosidad por sus sorprendentes propiedades mecánicas, térmicas y de barrera con respecto a los polímeros tradicionales. No es difícil prever el gran impacto que esta tecnología emergente tendrá debido a sus numerosas y diversas aplicaciones en el campo del envasado y acondicionamiento de alimentos y medicamentos.

Definición

El término nanotecnología engloba las ciencias y las técnicas que permiten manipular la materia a nivel de nanómetros, es decir, a nivel de átomos y moléculas. Una definición algo más estricta puede ser la siguiente: "La nanotecnología es el estudio, diseño, creación, síntesis, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a través del control de la materia a nanoescala, y la explotación

de fenómenos y propiedades de la materia a nanoescala".

El ganador del premio Nobel de Física en 1965, Richard Feynman, fue el primero en hacer referencia a las posibilidades de la nanociencia y la nanotecnología en su célebre discurso del 29 de diciembre de 1959 titulado "Al fondo hay espacio de sobra" (*There's Plenty of Room at the Bottom*): "A mi modo de ver, los principios de la física no se pronuncian en contra de la posibilidad de maniobrar las cosas átomo por átomo". Dado este hecho, Feynman es considerado, actualmente, el padre de la nanotecnología.

La nanotecnología tiene, eminentemente, un carácter multidisciplinar e implica a científicos de diferentes campos de investigación, tales como físicos, químicos, ingenieros, especialistas en ciencias de los materiales, así como biólogos y farmacéuticos (Figura 1). Esta ciencia ha obligado a modificar la forma de pensar y eliminar barreras entre la física, la química y la biología, abandonando conceptos clásicos sobre la materia.

Según un informe realizado por un grupo de investigadores de la Univer-

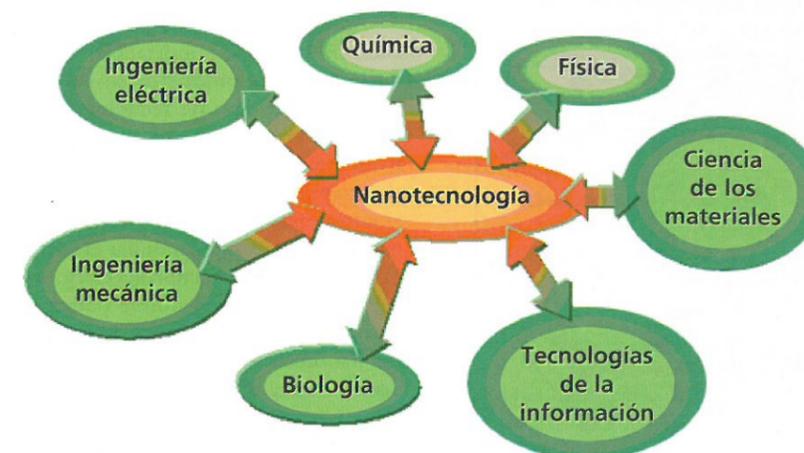
sidad de Toronto, las aplicaciones más prometedoras de la Nanotecnología son:

- Almacenamiento, producción y conversión de energía.
- Armamento y sistemas de defensa.
- Producción agrícola.
- Tratamiento de aguas.
- Diagnóstico y monitorización de enfermedades.
- Sistemas de administración de fármacos.
- Procesamiento de alimentos.
- Disminución de la contaminación atmosférica.
- Construcción.
- Detección y control de plagas.
- Informática.
- Alimentos transgénicos.

Como se ha indicado anteriormente, la nanotecnología contempla la manipulación de la materia a escala nanométrica. Debido a esto, se ponen de manifiesto fenómenos y propiedades que antes no aparecían, con lo que, desde el punto de vista nanométrico, los materiales se van a comportar de forma muy distinta a como lo hacen a mayor escala. Todo esto supone el punto de partida en el desa-

FIGURA 1

Figura 1. Carácter multidisciplinar de la nanotecnología (<http://www.oncnosis.com/proyecto/tecnologias/index.php>)



rollo e investigación de nuevos materiales con novedosas aplicaciones.

Según Pat Mooney, director del Grupo de Acción sobre *Erosión, Tecnología y Concentración*, "Más que una

nueva ola tecnológica, la nanotecnología es un *tsunami* tecnológico: no se lo ve venir hasta que está sobre nosotros. Ya existen en el mercado 720 productos, incluyendo alimentos, cosméticos

Secure Track & Trace

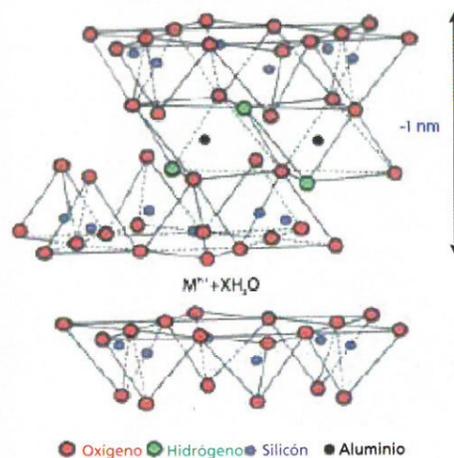


Laetus detiene las actividades fraudulentas de falsificación en medicamentos

Laetus
Our vision - your security

FIGURA 2

Placas de nanoarcilla (montmorillonita) (<http://www.plastico.com>)



y farmacéuticos que contienen nanopartículas y no existe ningún tipo de regulación, etiquetado ni evaluación de sus posibles impactos". Esta ausencia de regulación es, actualmente, uno de los puntos más controvertidos de esta emergente ciencia.

Actualmente existe un vacío legal sobre esta tecnología y los efectos de la misma sobre la salud del consumidor. Los materiales modificados desde el punto de vista nanotecnológico deben ser considerados como materiales nuevos y, por lo tanto, deben ser examinados para comprobar su inocuidad o toxicidad. Esta circunstancia hace necesario el desarrollo de una legislación que establezca los tipos y niveles de uso permitidos de este tipo de materiales. El

“La sustancia más utilizada en la actualidad como nanocarga en la industria de los plásticos es la arcilla montmorillonita, un silicato de aluminio formado por pequeñas plaquitas de cerca de 100 nanómetros y que es el componente mayoritario de la bentonita”

mayor riesgo se centraría en la ingestión accidental de nanopartículas libres que conseguirían alcanzar regiones o tejidos inalcanzables para partículas de mayor tamaño, así como su posible acumulación en el organismo.

Además, quedaría por resolver otra cuestión de suma importancia: el etiquetado de los productos en los que se utiliza este tipo de tecnología y la aceptación por parte del consumidor. Evidentemente, el objetivo se lograría alcanzar con una correcta información al consumidor. A este respecto es sumamente interesante consultar el enlace <http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer>, donde podemos encontrar una base de datos de productos nanotecnológicos, clasificados por distintas categorías.

Nanotecnología y polímeros

Llegados a este punto, la palabra clave es nanocompuesto. Según E. Moncada, puede definirse como 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.

Este nuevo concepto de nanomaterial nos lleva, irremediablemente, a considerar diferentes nanoestructuras en materiales dedicados al envasado, como, por ejemplo, los plásticos, tan ampliamente utilizados en el campo del acondicionamiento alimentario y farmacéutico, o como el papel, con su importante propiedad de material barrera. Por ejemplo, el uso de nanopartículas puede mejorar la imprimabilidad y la resistencia del papel, reduciendo su gramaje, lo que significa que esta tecnología puede aportar un carácter barrera más eficaz a este material sin alterar sus características habituales, como sí lo haría una capa de polímero o la laminación.

Se podrán obtener, por lo tanto, nuevos materiales partiendo de los tradicionales, con una considerable mejora en sus propiedades: diferentes valores de permeabilidad al vapor de agua y gases, mayor resistencia a la luz, propiedades mecánicas y térmicas incrementadas, etc. Esto traerá como repercusiones principales un aumento en el tiempo de almacenamiento del producto, menores pérdidas de características fisicoquímicas y organolépticas, además de facilitar el transporte; cualidades todas ellas de suma importancia en el campo de la producción y acondicionamiento de los medicamentos.

La investigación de nanocompuestos ha adquirido un desarrollo espectacular

en un área muy concreta: el tratamiento y la mejora de ciertos polímeros tradicionales empleados en la fabricación de plásticos. Como ya es sabido, estos materiales son ampliamente utilizados en el campo del envasado y embalaje de medicamentos y alimentos. El objetivo que se persigue con la obtención de polímeros nanoestructurados es dotar a los materiales plásticos de nuevas propiedades que antes no tenían: mejores propiedades mecánicas, térmicas y de barrera a la humedad, solventes, vapores químicos y gases. Además, estos nanomateriales consiguen abaratar los costes de producción, un matiz sumamente interesante para la industria productora.

Los nanocompuestos poliméricos surgieron hace 30 años, cuando el departamento de investigación de la empresa Toyota buscaba nuevos materiales para sus automóviles. En concreto, desarrollaron un proceso de exfoliación de arcillas en una matriz de nylon-6 para aumentar las propiedades de reforzamiento de algunos polímeros.

Otra de las propiedades que destaca en estos nanocompuestos es que absorben más energía antes de fracturarse que los materiales convencionales. Por ejemplo, un tubo de drenaje fabricado con materiales nanocompuestos presentaría una resistencia a la fractura mucho mayor que el tubo fabricado con materiales normales.

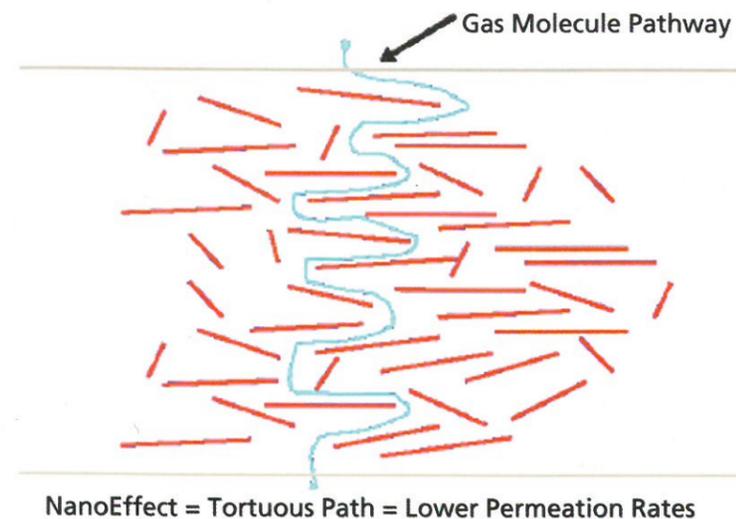
Estos ejemplos fueron el punto de partida para la aplicación de los nanocompuestos en diversos tipos de polímeros: polipropileno, poliestireno, polivinilcloruro, polietilentereftalato, copolímeros de etileno y alcohol vinílico, etc., ampliamente utilizados en el campo del envasado. Actualmente, EEUU es el principal país investigador de estos compuestos, seguido de Japón y China.

La sustancia más utilizada en la actualidad como nanocarga en la industria de los plásticos es la arcilla montmorillonita, un silicato de aluminio formado por pequeñas plaquitas de cerca de 100 nanómetros y que es el componente mayoritario de la bentonita. Para la producción de estos nanocompuestos se emplean distintos métodos, entre los cuales hay tres procesos principales: el proceso de exfoliación, el de intercalación por polimerización in situ y el de fundido. El método más sencillo es el de exfoliación, porque sólo requiere la mezcla en un disolvente común de la arcilla y el polímero.

La exfoliación consiste en separar las capas naturales de las que está compuesta la arcilla. Para obtener un producto homogéneo es necesario exfoliar la arci-

FIGURA 3

Figura 3. Aumento de la tortuosidad para una molécula permeante al atravesar un nanocompuesto (http://www.rte.espol.edu.ec/archivos/Revista_2006/131Final.pdf)



NanoEffect = Tortuous Path = Lower Permeation Rates

lla en "paquetes" que contengan entre 10 y 100 plaquitas. Este proceso puede llevarse a cabo mediante dos métodos: (I) por medios mecánicos, sometiendo la nanocarga a esfuerzos cortantes durante el procesamiento, o (II) mediante procesos químicos durante la polimerización de la matriz. Una exfoliación incompleta puede generar un producto heterogéneo cuya repercusión sea, por ejemplo, una reducción en la resistencia del material final. Una vez que la arcilla está exfoliada, las laminillas de arcilla se intercalan en la estructura polimérica, dispersándose y mejorando así las propiedades mecánicas y de barrera.

Otra arcilla que se está empezando a utilizar en este mismo campo es la hectorita, un silicato de magnesio que presenta mejoras en su comportamiento frente al calor, ya que, a diferencia de la montmorillonita, su estructura cristalina no contiene sitios reactivos que puedan generar la degradación del polímero a temperaturas elevadas.

Uno de los campos en los que se está investigando más profundamente es en el incremento de las propiedades barrera de ciertos plásticos. Así, una suspensión acuosa de montmorillonita y un poliéster sulfonado (comercializada bajo el nombre de Nanolok® PT), aplicada como recubrimiento de 1-2 µm, consigue las mismas propiedades barrera frente al oxígeno que una capa de EVOH de 12 µm. Un proceso semejante se está investigando con las propiedades de barrera del PET frente al agua, humedad y aromas.

En realidad, la presencia de las na-

nocargas en la estructura polimérica que conforma el envase provoca que las moléculas que intenten atravesar dicha estructura, desde el interior al exterior o viceversa, encuentren un camino mucho más sinuoso y con mayor dificultad, lo que se traduce en un aumento de la impermeabilidad del envase (Figura 3).

Propiedades de los nanocompuestos

Como se ha indicado anteriormente, la introducción de láminas de arcilla en la estructura polimérica de un plástico supone un cambio drástico en las propiedades mecánicas y de barrera de éste último.

Con respecto a las propiedades mecánicas, se conoce que el aumento en la resistencia del material está directamente relacionado con el grado de exfoliación de la arcilla en la matriz polimérica. Esta circunstancia se debe, posiblemente, a un aumento de la interacción entre las capas de silicato y el polímero.

Sin embargo, este incremento de la rigidez no aumenta linealmente con el contenido de nanocarga, dando lugar a un comportamiento parabólico. Esto puede atribuirse a que durante el proceso de producción tienen lugar simultáneamente mecanismos de exfoliación e intercalación, por lo que existe una concentración óptima de nanocarga a la que la fracción de partículas de arcilla exfoliadas es la correcta para que puedan intercalarse en la estructura polimérica.

Con respecto a las propiedades de barrera, ya se ha comentado el considerable aumento que se produce con la

incorporación del silicato. Este efecto se atribuye a la disminución de la movilidad de las cadenas poliméricas más cercanas a las láminas de arcilla y al incremento de la tortuosidad de la nueva estructura creada, como se indicó anteriormente.

También se ha observado un aumento de la estabilidad térmica del nanocompuesto, más elevada cuanto mayor es la longitud de las cadenas de silicatos y cuanto mayor es el contenido de nanopartículas en el material.

Las propiedades ópticas también cambian, dando lugar a productos más transparentes que los materiales convencionales de partida.

El futuro nanotecnológico

Pero ¿qué se espera en un futuro de los productos nanotecnológicos? Pues se vislumbra que la nanotecnología nos proveerá de materiales cuyas propiedades cambien en función de diversos parámetros como la temperatura, y de otros que se autorreparen en caso de rasgarse o perforarse. Otra aportación innovadora sería el empleo de nanosensores que, incorporados al envase, sirvieran para detectar cantidades mínimas de determinados agentes químicos, como los producidos cuando un producto (alimento o medicamento) empieza a deteriorarse o se ha contaminado, y que avisarían al consumidor cambiando de color.

Tenemos ante nosotros un mundo lleno de posibilidades todavía por descubrir. Quizás en estos momentos tengamos conocimientos suficientes y seamos capaces de responder la sugerente pregunta que lanzó Feynman: “¿Por qué no es posible escribir los 24 volúmenes de la Enciclopedia Británica en la cabeza de un alfiler?”.

Bibliografía

- [1] E. Moncada, “Nanotecnología, aplicaciones en embalajes para alimentos y productos farmacéuticos”, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica, 14 (2), 114-120 (2007).
- [2] <http://es.wikipedia.org>
- [3] <https://upcommons.upc.edu/pfc/bits-tream/2099.1/4516/1/pfc3.pdf>
- [4] http://www.ambienteplastico.com/artman/publish/article_461.php
- [5] <http://www.consumaseguridad.com/ciencia-y-tecnologia/2008/04/10/176042.php>
- [6] http://www.envapack.com/cnvasos_empaques195.html
- [7] <http://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/nanotecnologia.htm>
- [8] <http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/Articulo.asp?A=13424>
- [9] <http://www.paperplus.org>
- [10] <http://www.plastico.com>