

Ingreso de nanomateriales en sistemas biológicos

Emmanuel Olivares Sánchez,¹ Magin González Moscoso,²

Introducción

La nanotecnología es una rama de la ciencia que se centra en el estudio y manipulación de la materia a nivel nanométrico (es decir, a dimensiones de una millonésima parte de un milímetro). Dentro de esta ciencia, los **nanomateriales** se han estudiado para desarrollar soluciones innovadoras en campos como la **biología, medicina, biotecnología, energía, electrónica y remediación ambiental**. En el área de medicina se explora cómo los nanomateriales interactúan con sistemas biológicos para aplicaciones médicas, desde la **liberación dirigida de fármacos hasta la detección molecular de enfermedades**. Las propiedades fisicoquímicas de los nanomateriales son únicas permitiendo ingresar y modificar procesos en sistemas biológicos. La relación entre los nanomateriales y los sistemas biológicos en el área médica es novedosa, pero implica desafíos interesantes, principalmente en términos de seguridad.

Nanomaterial y sistema biológico

¿Qué es un nanomaterial? Un nanomaterial es cualquier material cuyo tamaño se mide en **nanómetros** (una millonésima parte de un metro). Esto significa que los nanomateriales son extremadamente pequeños y requieren técnicas avanzadas, como la microscopía (conjunto de técnicas utilizadas para hacer visible los objetos de estudio que por su tamaño tan pequeño están fuera del rango para poder verlos a simple vista). Su tamaño diminuto les permite interactuar con sistemas biológicos como células o **biomoléculas** (Proteínas, carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos). Por otro lado, un sistema biológico se define como un conjunto de componentes que interactúan para realizar funciones vitales en los organismos vivos, se podría decir que es una **orquesta natural**, debido a que cada parte tiene una función específica, pero todas se coordinan para que el organismo funcione adecuadamente. La relación entre nanomateriales y sistemas biológicos no solo es el tamaño, sino que estos nanomateriales pueden ingresar a los sistemas biológicos y **detectar enfermedades, incluso transportar medicamentos**.

De nanomaterial a corona proteica

Una "**corona proteica**" se refiere a una capa de proteínas que se adhiere a la superficie de las nanopartículas cuando se introducen en un sistema biológico (Figura 1). La corona proteica se compone de dos partes esenciales: la **corona dura** y la **corona suave**.

En la corona dura, las proteínas se adhieren firmemente a la superficie de la nanopartícula (es difícil que se desprenda), mientras que, en la corona suave, esta adhesión es más débil y se pueden desprender con facilidad.

Los efectos que puede causar una corona proteica en una nanopartícula incluyen cambios en su distribución, tiempo de circulación, **capacidad para atravesar barreras biológicas** (como la del cerebro) y **toxicidad**. El estudio de esta corona proteica y sus diferentes tipos ha permitido comprender mejor la interacción, función y comportamiento de las nanopartículas al ingresar en sistemas biológicos, lo que permite usarlas de forma efectiva en tratamientos médicos, especialmente para **enfermedades graves o en etapas avanzadas**.

CORONA DE PROTEÍNAS

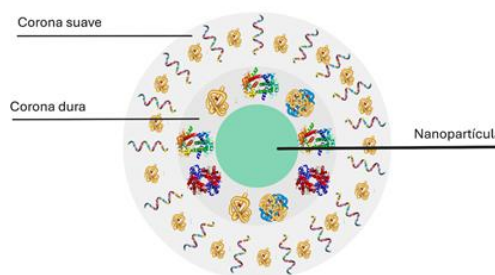


Figura 1. Representación ilustrativa de una corona de proteínas. Realizada en [Microsoft Designer](#).

Vías de ingreso de nanomateriales

¿Cómo puede un nanomaterial acceder a un sistema biológico? Las vías endocíticas (mecanismos naturales mediante los cuales las células capturan partículas del entorno), juegan un papel crucial en la entrada de nanomateriales y permiten que estos desempeñen su función de manera eficiente. Las principales vías endocíticas involucradas en el ingreso de nanomateriales son la **endocitosis mediada por receptores, la pinocitosis y la macropinocitosis** (Figura 2).

En la endocitosis mediada por receptores, el nanomaterial se une a

receptores específicos y al mismo tiempo pueden ser apoyados por **proteínas como la clatrina o caveolina** en la superficie celular, para formar **vesículas** que son transportadas al interior de la célula. En la pinocitosis y la macropinocitosis, las células absorben nanomateriales en forma de fluidos, formando bolsas (vesículas) que luego se internalizan en la célula. Estos procesos se diferencian por la cantidad de volumen de nanomateriales que se absorban al interior de la célula, siendo la macropinocitosis el proceso donde participan extensiones de membrana llamadas **“pseudópodos”** (extensión o brazo para atrapar cosas del exterior) y absorbiendo mayor volumen de nanomaterial que en la pinocitosis.

10

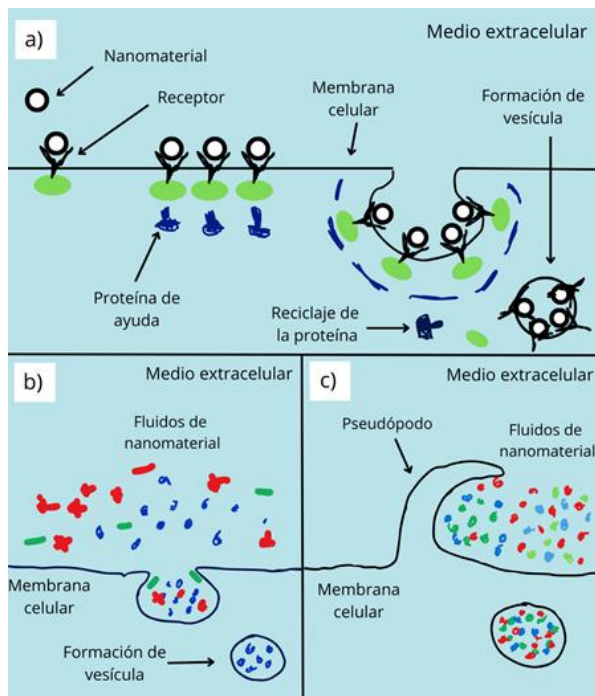


Figura 2. Vías endocíticas de ingreso de nanomateriales a sistemas biológicos. a) Endocitosis mediada por receptores; b) Pinocitosis; c) Macropinocitosis. Realizada en [Canva](#).

Mirando hacia el futuro

Las aplicaciones de los nanomateriales, como la **entrega de genes y medicamentos** (ejemplo clínico: un liposoma con doxil aprobado para tratar cáncer), **la detección e imagenología** (ejemplo clínico: sistemas teranósticos es decir combinan la terapia con el diagnóstico, un nanomaterial puede detectar un tumor y liberar el fármaco al mismo tiempo), y la **ingeniería de tejidos**, presentan un futuro prometedor. Sin embargo, **un desafío crucial es mitigar la toxicidad de los nanomateriales en las células, que varía según su composición, tamaño, forma y funcionalización**. La ingeniería de ligandos (moléculas que se unen a moléculas más grandes, generalmente a un ion metálico o proteína, esta unión puede activar o bloquear funciones celulares) ofrece una solución al

modificar la superficie de los nanomateriales para mejorar su biocompatibilidad y reducir su toxicidad. Estrategias como el diseño de ligandos que minimicen la unión a proteínas, el control del tamaño y la forma, y el uso de polímeros biocompatibles y biodegradables, son esenciales para avanzar en la traducción clínica de los nanomateriales (Validar su seguridad, demostrar eficacia terapéutica, cumplir con regulaciones sanitarias, y tener impacto positivo en la salud humana). Además, es fundamental considerar las implicaciones éticas y ambientales, evaluando los riesgos de la liberación de nanomateriales al medio ambiente y desarrollando estrategias para su gestión responsable. La investigación continua y la colaboración multidisciplinaria serán necesarias para comprender completamente las interacciones entre nanomateriales y sistemas biológicos, garantizando así un desarrollo sostenible y seguro de la nanotecnología aplicada en sistemas biológicos.

Conclusiones

Los nanomateriales han emergido como una herramienta revolucionaria en el campo de la nanotecnología, especialmente en aplicaciones biológicas y médicas. Su capacidad para interactuar a nivel nanométrico con sistemas biológicos ha permitido avances significativos en terapias y diagnósticos de enfermedades. La formación de la "corona proteica" en nanopartículas, junto con su internalización por las vías endocíticas, como la endocitosis mediada por receptores, la pinocitosis y la macropinocitosis, ejemplifica cómo estos materiales pueden interactuar eficazmente con los sistemas biológicos. Estas vías de ingreso permiten que los nanomateriales sean utilizados por aplicaciones avanzadas como la entrega dirigida de genes y fármacos, la detección temprana de enfermedades, la imagenología biomédica (Conjunto de técnicas que permiten ver el interior del cuerpo, sin necesidad de abrirlo) y la ingeniería de tejidos. Sin embargo, a pesar de su potencial, es crucial abordar los desafíos relacionados con la toxicidad y las implicaciones éticas y ambientales derivadas de su uso.

La investigación científica, la tecnología avanzada y la colaboración entre disciplinas deben ser claves para el desarrollo responsable y sostenible de la nanotecnología en entornos biológicos, asegurando que sus beneficios se lleven a cabo sin poner en riesgo la salud de la población ni el equilibrio ecológico.

Palabras clave: nanotecnología; vías endocíticas; nanobiología.

¹ Emmanuel Olivares Sánchez: Estudiante de Ingeniería en Nanotecnología, Universidad Politécnica de Chiapas.

Contacto: 223483@in.upchiapas.edu.mx

² Magín González Moscoso: Doctor en Ciencias, Candidato a Investigador Nacional.



Profesor de Asignatura del Departamento de Nanotecnología de la Universidad Politécnica de Chiapas. Actualmente, Posdoctorante. Laboratorio de Biología Molecular, Tecnológico Nacional de México, Campus Tuxtla Gutiérrez.

Contacto: magingonmos@gmail.com

Lecturas recomendadas

Ghosh, R., Satarifard, V. y Lipowsky, R., 2023. Different pathways for engulfment and endocytosis of liquid droplets by nanovesicles. *Nature Communications*, vol. 14, nº 1, p. 615.

Mahmoudi, M., Landry, M. P., Moore, A. y Coreas, R., 2023. The protein corona from nanomedicine to environmental science. *Nature Reviews Materials*, vol. 8, nº 7, pp. 422–438.

Pathak, C., Vaidya, F. U., Waghela, B. N., Jaiswara, P. K., Gupta, V. K., Kumar, A. et al., 2023. Insights of endocytosis signaling in health and disease. *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 24, nº 3, p. 2971.

Pineda-DeGyves, R.K., Castillo-Rodríguez, R.A. y Carrasco-Torres, G., 2024. Nanotecnología: un mundo invisible. *Redicye – Revista Divulgación de Ciencia y Educación*, vol. 2. No.1. pp. 10-12.