

Las nanopartículas y las vacunas contra el COVID 19, verdades y mitos

Edna Vázquez Vélez, Horacio Martínez Valencia y Arturo Galván Hernández

Edna Vázquez Vélez estudió la licenciatura, maestría y doctorado en Química en la Facultad de Ciencias Químicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Realizó un postdoctorado en el Centro Nacional de la Investigación Científica en Yves Sur-Yvette, Francia y actualmente trabaja en el Laboratorio de Espectroscopia del Instituto de Ciencias Físicas de la Universidad Nacional Autónoma de México UNAM.

Horacio Martínez Valencia estudió la licenciatura, maestría y doctorado en Física en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Actualmente, es Investigador Titular "C" del Instituto de Ciencias Físicas de la UNAM y es miembro activo de la Academia de Ciencias de Morelos.

Arturo Galván Hernández estudió la licenciatura en Ciencias Físicas en la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos y realizó sus estudios de posgrado dentro del programa de Posgrado en Ciencias Físicas de la UNAM dentro de la rama de Biofísica.

Esta publicación fue revisada por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos.

Hoy en día, el escepticismo que surgió en la población sobre la aplicación de la vacuna contra el COVID-19 ha disminuido. En un principio se había etiquetado a las vacunas desarrolladas por Moderna y Pfizer/BioNTech, basadas en nanotecnología o nanopartículas, como medios para la inserción de un chip con el objetivo de un control poblacional de localización por medio de red "5G". Esta idea se hizo viral en redes sociales. Sin embargo, aunque podría sonar como una película de ciencia ficción, ¿qué nos dice la Ciencia al respecto? antes de responder a esta pregunta analicemos ¿qué son las nanopartículas? y ¿cuál es su función y desarrollo en ciertas áreas del conocimiento?

¿Qué son las nanopartículas?

Las nanopartículas son partículas demasiado pequeñas, de alrededor de 1 a 100 nanómetros (nm), invisibles al ojo humano. El prefijo nano deriva de la palabra griega "nanus" que significa enano. Un nanómetro equivale a una mil millonésima parte de un metro, lo que es igual a dividir un mm, un millón de veces; es como comparar el diámetro de la Tierra con el diámetro de una canica. Para darnos una idea de esta pequeñez observemos el diámetro de un cabello que mide alrededor de los 80 000 nm. Estructuras más pequeñas las tenemos que observar con un microscopio, como las células sanguíneas que miden 40 000 nm, las bacterias alrededor de 1 000 nm, o los virus del orden de 100 nm. En nuestro cuerpo humano existen moléculas esenciales del tamaño nanométrico (1-100nm) como el ADN, proteínas, fosfolípidos, lípidos, etc.

Las nanopartículas pueden ser de origen natural o pueden ser desarrolladas por el ser humano. Ejemplos de ellas por su origen biológico son virus, bacterias, etc. De origen mineral o medioambiental, tenemos pequeñas partículas de polvo, niebla y humos derivados de la actividad volcánica o de incendios forestales. Existen también las generadas de forma involuntaria, que son producto de ciertos procesos como el de combustión por un motor diésel, o la pirólisis (descomposición química de materia orgánica) en la industria.

Por otro lado, las nanopartículas pueden ser genera-

das a través de las llamadas nanotecnologías, como lo son nanopartículas de arcilla para reforzar y aumentar la resistencia del plástico [1], las aplicadas en revestimientos para el sector automotriz que brindan resistencia y protección al vehículo [2], o las que modifican las propiedades ópticas de materiales para uso cosmético, como filtros solares [3]. Es aquí donde la nanotecnología está encargada de desarrollar habilidades para manipular la materia y caracterizarla a una escala nanométrica con el fin de producir estructuras y aplicarla a sistemas tecnológicos.

La nanotecnología

A pesar de que la nanotecnología es un área emergente, desde 1959 el físico Richard Feynman [4], basándose en las leyes de la física, expresó que en un futuro se podría manipular la posición de los átomos y moléculas individuales, similares a las piezas de un Lego donde podemos quitar piezas individuales para ensamblar y diseñar otros arreglos. Sin embargo, la creación de estructuras, dispositivos y sistemas a escala nanométrica en los materiales no es la clave para otorgarles una determinada aplicación, sino las propiedades resultantes de su tamaño y su forma. Dichas propiedades a escala nanométrica varían en función de pequeños cambios en el tamaño, en la geometría o morfología del material. Un ejemplo de estas propiedades sería su color (propiedad óptica). En la figura 1 podemos observar que las nanopartículas emiten cierto color (longitud de onda) dependiendo de su composición, forma y tamaño. Por ejemplo, las de paladio (Pd) absorben la luz a una longitud de onda de entre 200 a 350nm y, las de oro (Au) de 600 a 1100 nm. Por otro lado, siendo de una misma composición, ellas emiten diferente color por su forma y tamaño. Por ejemplo, las esferas de Au emiten un color rojo y en forma de varilla un color azul. Las esferas de plata (Ag) emiten un color amarillo y en forma de triángulo un color morado. La intensidad del color aumenta con respecto al tamaño.

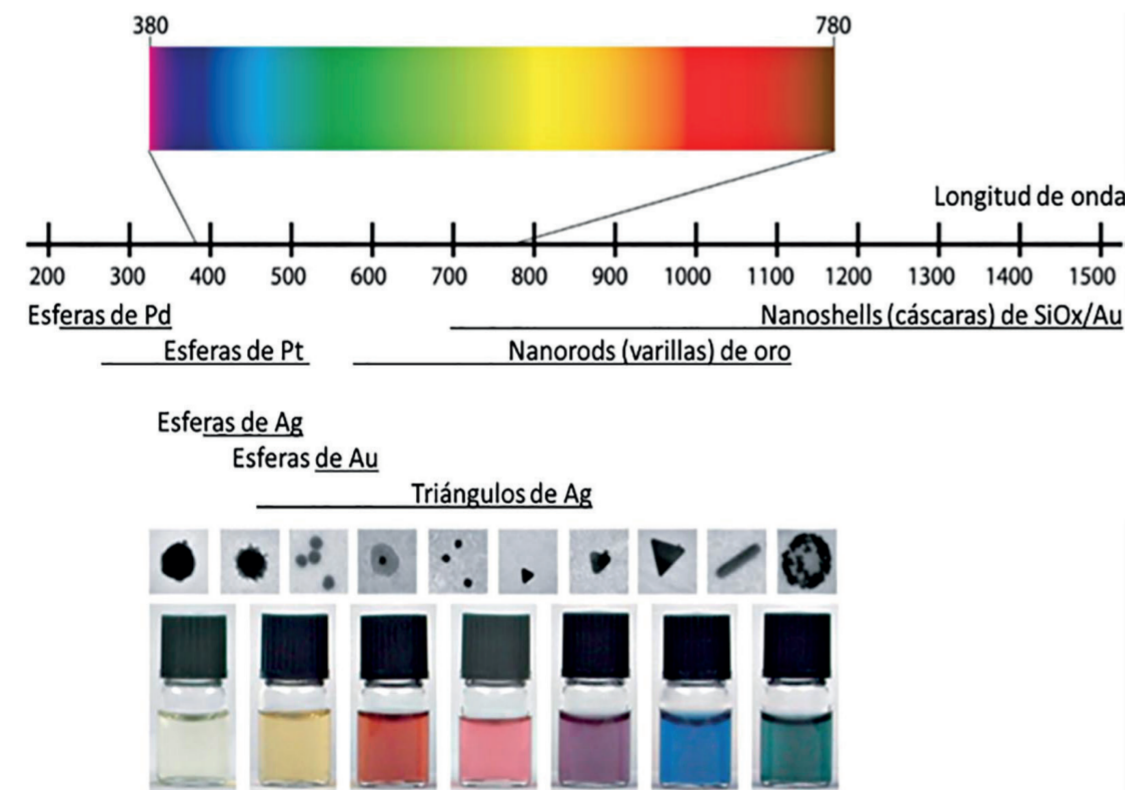


FIGURA 1. COLOR (longitud de onda) que emiten las nanopartículas según su composición, tamaño y forma [5]. Tomada de: https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/moleqla/documentos/jm_oliva.pdf

Las nanopartículas en aplicaciones médicas

En el campo de la medicina, las nanopartículas son objeto de investigación para identificar alguna enfermedad en la etapa inicial [6], en la administración de fármacos que localicen un sitio de acción para liberar el medicamento [Pharmaceutics 2017, 9(2), 12; <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics9020012>], o pueden incorporar sustancias luminiscentes que faciliten el reconocimiento de células o de tejidos. En este sentido, la nanopartícula se liga a un medicamento, como antibiótico, antimicótico, antiviral, etc. para transportarlo hacia un tejido o célula. Una de las investigaciones más prometedoras es en el tratamiento contra el cáncer, donde el medicamento sería transportado por la nanopartícula directamente a las células tumorales, ya que estas células tienen blancos específicos en su superficie que las células sanas no tienen. Esto aumentaría la eficacia y disminuiría la dosis, resultando así en una quimioterapia más efectiva y menos dañina [7]. Otra aplicación exitosa de nanopartículas es en la administración de anfotericina B, un fármaco antimicótico que se usa para el tratamiento de infecciones por hongos en órganos internos. Este fármaco provoca daños colaterales que se pueden minimizar al usar nanopartículas para su entrega [Drugs 76, 485-500 (2016). <https://doi.org/10.1007/s40265-016-0538-7>]. En la figura 2, podemos observar nanopartículas que en su superficie disponen de moléculas fluorescentes (luminiscentes), las cuales se administran para localizar ciertas células tumorales. Los estudios concluyen que estas nanopartículas son eliminadas a través del hígado o los riñones.

Si bien las nanopartículas pueden ser benéficas, ellas suscitan cierta preocupación debido a su capacidad de infiltrarse en el cuerpo humano y, al aún limitado conocimiento científico sobre sus reacciones adversas. La principal vía de acceso de las nanopartículas a nuestro cuerpo es a través del sistema respiratorio. En consecuencia, el riesgo potencial depende de su propagación por

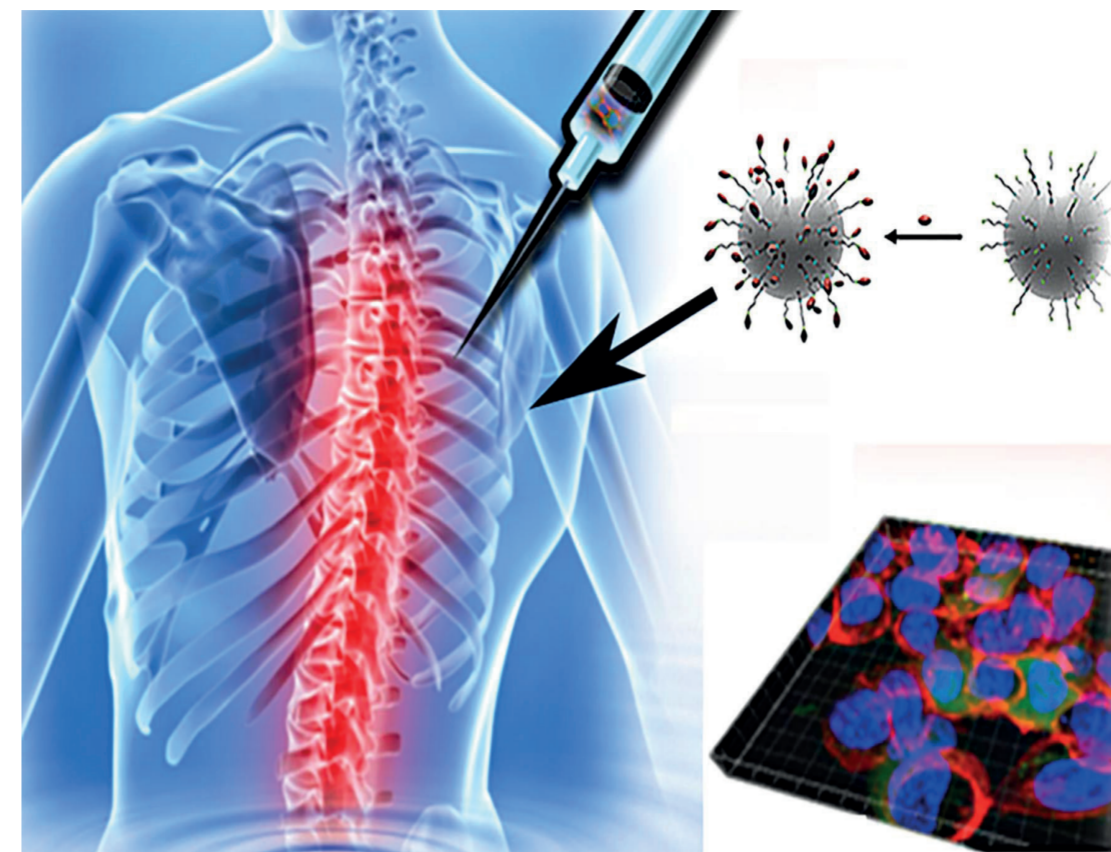


FIGURA 2. NANOPARTÍCULAS con funcionalidades en la superficie, moléculas fluorescentes para bioimagen o transportadoras de fármacos [8]. <https://rdscic.dicat.csic.es/tecnologias-fisicas-2/93-ofertas-tecnologicas/325-nanopartículas-inteligentes-y-multifuncionales>

el aire, en forma de polvo o aerosol y, su toxicidad dependerá de sus propiedades, composición, forma y tamaño. Para partículas más grandes, los estudios epidemiológicos apuntan hacia efectos respiratorios: reacciones inflamatorias, obstrucción de las vías respiratorias y, a enfermedades cardiovasculares (trastornos isquémicos miocárdicos). La bioacumulación de nanopartículas en el organismo es una de las preocupaciones de investigación para muchos científicos. Se han realizado estudios in vitro en animales y humanos de las nanopartículas adsorbidas a través de los pulmones, de la piel y vía gastrointestinal. Uno de ellos, realizado en animales reportó la toxicidad de nanopartículas de óxido de titanio en el sistema reproductivo, sin embargo, otros estudios de diferentes nanopartículas (como oro cubierto de sílice) reportan resultados opuestos [9]. Y aunque existen ya varios estudios sobre la toxicidad de ciertas nanopartículas, el mecanismo de acción no está bien establecido y, en general hay una escasa información sobre los efectos biológicos nocivos como el estrés oxidativo.

Nanopartículas en las vacunas desarrolladas contra la Covid-19

La mayoría de los procesos biológicos ocurren a escala nanométrica, ya que como habíamos mencionado, biomoléculas como el ADN, las proteínas, los virus, etc., poseen dimensiones nanométricas, por lo que resulta apropiado diseñar nanopartículas que actúen a nivel molécula. Las vacunas desarrolladas por Pfizer/BioNTech y Moderna utilizan ácido ribonucleico mensajero (ARNm), molécula presente en todos los seres vivos y nanopartículas de lípidos (esferas de grasa) que encierra, protege y sirve de vehículo para el ARNm. Cuando la inyección de la vacuna es aplicada, el ARNm en el interior de las nanopartículas lipídicas es transportado a las células del músculo deltoides del hombro. Como observamos en la figura 3, las na-

nanopartículas se fusionan con la membrana celular, y así transportan el ARNm hacia el interior de la célula. El ARNm contiene instrucciones genéticas que son leídas por una estructura llamada ribosoma que fabrica proteínas, en este caso la espícula/espiga del coronavirus, llevando todas las instrucciones genéticas que son leídas por los ribosomas, los cuales son los encargados de fabricar la proteína semejante a la espícula real del coronavirus. Estas proteínas desencadenan una reacción en el sistema inmunitario contra ellas, produciendo así anticuerpos, los cuales podrán reconocer y combatir eficazmente el coronavirus cuando ingrese a nuestro cuerpo.



FIGURA 3. ESQUEMA de la expresión de antígenos mediante vacunas de ARNm.

¿Por qué entonces las nanopartículas en la vacuna?

Si se inyectará el ARNm mensajero directamente en el cuerpo, sería rápidamente atacado en el entorno extracelular y destruido. Por ello se protege con nanopartículas lipídicas (grasas), que además actúan como un vehículo para ingresarlo a la célula. Así, cada cadena de ARNm está protegida. Los lípidos son moléculas naturales que se encuentran en todas las células, incluidas las nuestras. Las vacunas contra COVID-19 utilizan diferente composición de lípidos, de ahí la diferencia en su conservación. Pfizer y Moderna recomiendan para el almacenamiento la ultracongelación en un rango que va de -70 a -15 grados C [10]. Sin embargo, las vacunas que se aplican contra COVID-19 han sido señaladas falsamente de contener sustancias tóxicas, metales y artefactos tecnológicos. La Editorial Elsevier dio a conocer la información de la composición de estas vacunas [11], y también pueden deducirse de los informes de autorización de la FDA mRNA-1273 y BionTech/Pfizer BNT162b2 (Comirnaty). Como puede comprobarse no hay en su composición ningún elemento metálico, o nanopartículas de grafeno, como recientemente se ha difundido en redes sociales. Finalmente, si se pudiera introducir un chip electrónico a través de una inyección de vacuna, faltarían muchos años más de investigación para la creación de una nanoantena que permita la frecuencia de las transmisiones inalámbricas para realizar un control masivo [12]. Lo que ya existe en este tema, gracias al avance de la nanotecnología, es un microchip (del tamaño de un grano de arroz) lanzado por una empresa sueca que puede ser insertado bajo la piel y detectado con tu móvil u otro lector. Este chip fue desarrollado para facilitar la vida del usuario y portar en él un pase sanitario, que actualmente es una de las exigencias de la pandemia, pero puede agregarse cualquier otra información que se desee. La nanotecnología ha permitido un desarrollo importante en varias áreas para hacernos la vida más sencilla. Sin embargo, es importante cuestionarse si este desarrollo tiene un impacto considerable en nosotros y nuestro entorno. Por lo que la lectura y la investigación no permitirá un mejor discernimiento para reflexionar y concluir si lo que es publicado en redes sociales es cierto. Terminamos

con esta frase célebre de Isaac Asimov, escritor de ciencia ficción:

"El aspecto más triste de la vida actual es que la ciencia gana en conocimiento más rápidamente que la sociedad en sabiduría".

Referencias

- <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/251131-ITENE-mejora-propiedades-barreira-PET-PP-mediante-uso-nanoarcillas-uso-envases.html>
- <http://www.cienciacierta.uadec.mx/2021/01/12/nanocompuestos-polimericos-en-la-industria-automotriz/>
- <https://revistadigital.inesem.es/biosanitario/nanocosmetica-nanotecnologia-piel/>
- <https://soloesciencia.com/2019/09/20/pasion-por-la-nanotecnologia-richard-feynman/>
- https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/moleqla/documentos/JM_Oliva.pdf
- <https://culturaciencia.com/2014/05/24/nanobiosensores-aplicaciones-en-la-frontera-entre-las-nanociencias-y-la-biomedicina/>
- <https://www.fundacionunam.org.mx/unam-al-dia-la-unam-te-explica-que-son-las-nanopartículas/#:~:text=Actualmente%2C%20se%20producen%20nanopart%C3%A9culas%20de,la%20construcci%C3%B3n%20y%20la%20automotriz.>
- <https://theconversation.com/esferas-de-grasa-y-arn-sintetico-ingredientes-para-la-vacuna-de-la-covid-19-152580>
- <https://www.dovepress.com/potential-adverse-effects-of-nanoparticles-on-the-reproductive-system-peer-reviewed-fulltext-article-IJN>
- <https://www.cdc.gov/vaccines/covid-19/info-by-product/pfizer/downloads/storage-summary.pdf>, https://www.cdc.gov/vaccines/covid-19/info-by-product/pfizer/downloads/Pfizer_PED_StorageHandling_Summary.pdf
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1748013221000670?via%3Dihub>
- <https://theconversation.com/invectar-un-chip-5g-con-una-vacuna-es-tecnicamente-posible-pero-no-extraer-informacion-de-el-168417>