

ISSN 2448-8070

ENLACES XOCHIMILCO

AÑO 10 • NÚM. 47 • ENE-JUN 2026



NANOMEDICINA: UN MUNDO DIMINUTO EN ACCIÓN



UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
METROPOLITANA
Unidad Xochimilco



Coordinación de Extensión
Universitaria y Difusión Cultural



Dr. Gustavo Pacheco López
Rector General

Dra. Esthela Irene Sotelo Núñez
Secretaria General

Dra. María Angélica Buendía Espinosa
Rectora de la Unidad Xochimilco

Dra. Irma Gabriela Anaya Saavedra
Secretaria de Unidad

Dra. Martha Isabel Flores Ávalos
**Coordinadora de Extensión Universitaria y
Difusión Cultural**

Dr. Francisco Héctor Chamorro Ramírez
**Coordinador de Vinculación y
Fortalecimiento Académico**

DCG Amada M. Pérez Ponce
Jefa de la Sección de Producción Editorial

Ninely Crubskalla Contreras Hernández
Roberto Andrés Zepeda Martínez
Corrección

Irving Melchor Amador
Diseño y formación

Mario Alberto Orocio León
Ilustración de portada

José Ventura Flores
Imagen apertura del Suplemento

DCG Amada M. Pérez Ponce
Cuidado Editorial

ENLACES XOCHIMILCO. Año 10, número 47, enero-junio de 2026, es una publicación semestral de la Universidad Autónoma Metropolitana, a través de la Coordinación de Extensión Universitaria y Difusión Cultural de la Unidad Xochimilco, Prolongación Canal de Miramontes 3855, Col. Rancho Los Colorines, Alcaldía Tlalpan C.P. 14386, Ciudad de México, y Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04960, Ciudad de México. Página electrónica de la revista <http://enlacesx.xoc.uam.mx>, dirección electrónica: enlacesx@correo.xoc.uam.mx. Editora responsable: DCG Amada M. Pérez Ponce, jefa de la Sección de Producción Editorial, Coordinación de Extensión Universitaria y Difusión Cultural. Certificado de reserva de derechos al uso exclusivo de título número 04-2023-030912102300-102, ISSN 2448-8070, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: DCG Amada M. Pérez Ponce, jefa de la Sección de Producción Editorial, Coordinación de Extensión Universitaria y Difusión Cultural, Unidad Xochimilco, Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04960, Ciudad de México. Fecha de última modificación y tamaño de archivo: 17 de Julio de 2026; 18 MB.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura de la editora responsable de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN:	
CARLOS TOMÁS QUIRINO BARREDA	6

COMPRENDIENDO LA NANOMEDICINA

1. NO ES SÓLO UNA PARTÍCULA PEQUEÑA	
ABRAHAM FAUSTINO VEGA, ALDO HABANA PÉREZ Y VICTORIA DE LOS ÁNGELES SOSA DELGADILLO	8
2. NAVEGANDO LO INVISIBLE: EL CAMINO DE LOS NANOMEDICAMENTOS DESDE EL DISEÑO HASTA LA FARMACIA	
OSWALDO CASTAÑEDA HERNÁNDEZ , CARLOS MARTÍNEZ ARMENTA Y BETZABETH ANALI GARCÍA-MARTÍNEZ	13
3. NANOTRANSPORTADORES DEL SIGLO XXI	
GUSTAVO ROCHA CEBALLOS, EVELYN DEL CARMEN SILVA MANZANERO Y JESÚS MARTÍNEZ GONZÁLEZ	17
4. CUANDO EL ARNm ENCONTRÓ AL EQUIPO QUE LO HIZO FUNCIONAR	
ABRAHAM FAUSTINO VEGA Y VICTORIA DE LOS ÁNGELES SOSA DELGADILLO	21
5. PREPARANDO EL AUTO CAMPEÓN ANTES DE LLEGAR A LA META	
MAGALLY ETZEL ARELLANO PRENDA, YESSICA NAVARRO NÁJERA Y VICTORIA DE LOS ÁNGELES SOSA DELGADILLO	24
6. CUANDO LA GRASA SE ORGANIZA, EL ORIGEN DE LOS LIPOSOMAS	
DALIA RAMOS GONZÁLEZ Y MARÍA JOSEFA BERNAD BERNAD	27

NANOHISTORIAS

7. LA ODISEA DEL QFB, DEL MATRAZ A LA ESCALA NANOMÉTRICA

MARÍA ELENA LICONA MARTÍNEZ,
KIMBERLY ISABEL ESLAVA ORTIZ Y
ANGÉLICA HERRERA MEZA

32

8. INNOVAR EN PEQUEÑO, EVALUAR A LO GRANDE

FREDDY LEÓN ROMERO Y
XIMENA GARCÍA NOLASCO

37

¿SABÍAS QUE ... ?

9. VIAJE AL CEREBRO: CÓMO LA NANOTECNOLOGÍA BUSCA ATRAVESAR SUS BARRERAS DE FORMA SEGURA

BETZABETH ANALÍ GARCÍA MARTÍNEZ ,
OSWALDO CASTAÑEDA HERNÁNDEZ Y
CAMILO RÍOS

42

10. DISEÑAR LA ARQUITECTURA INVISIBLE: MATERIALES HÍBRIDOS COMO ALTERNATIVAS FARMACÉUTICAS

JAVIER AGUILA ROSAS,
FRANCISCO J. CANO,
CARLOS T. QUIRINO BARREDA Y
ENRIQUE LIMA

46

11. NANOMATERIALES ADSORBENTES, PEQUEÑOS ALIADOS CONTRA LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

FRANCISCO J. CANO,
JAVIER AGUILA ROSAS Y
ENRIQUE LIMA

51

SUPLEMENTO

- 12. SECFE 2025: UNA SEMANA PARA PENSAR LAS FINANZAS, IMAGINAR PROYECTOS Y EMPRENDER DESDE LA UNIVERSIDAD**
EMILIO HUERTA HERREMAN **61**
- 13. NODOX: VINCULACIÓN QUE TRANSFORMA TRAYECTORIAS**
JESSICA VANESSA ÁLVAREZ LÓPEZ **67**
- 14. LAS IDEAS TAMBIÉN SE PROTEGEN: UN RECORRIDO POR LA PROPIEDAD INDUSTRIAL Y EL DERECHO DE AUTOR**
VERÓNICA CASTRO BLANCO **70**
- 15. INVESTIGADORAS E INVESTIGADORES POR MÉXICO: COLABORACIÓN CON IMPACTO SOCIAL**
NOEMÍ ULLOA LONA **76**
- 16. EL MENSAJE DEL MUNICIPIO DE SANTA MARÍA TLAHUITOLTEPEC A UNA UNIVERSIDAD QUE ESCUCHA. UNA ENTREVISTA CON EL MAESTRO ALBERTO ADHEMAR CARVAJAL GUTIÉRREZ**
JESSICA ÁLVAREZ LÓPEZ **81**

INTRODUCCIÓN

CARLOS TOMÁS QUIRINO BARREDA¹

Estimadas y estimados lectores:

Quienes hemos colaborado en el desarrollo de este número de la revista *Enlaces Xochimilco*, dedicado a la divulgación de la nanomedicina, somos un grupo multidisciplinario integrado por generaciones que abarcan desde Boomers a Zetas que tenemos proyectos e intereses comunes centrados en el desarrollo y la transferencia de nanotecnología farmacéutica, los cuales se materializan a partir de los trabajos experimentales realizados en el Laboratorio de Farmacia Molecular y Liberación Controlada de la Unidad Xochimilco, de la Universidad Autónoma Metropolitana, en alianza con investigadoras e investigadores del Instituto de investigación en Materiales y de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México, así como del Instituto Nacional de Rehabilitación.

En este caso particular, desde la idea de divulgar y acercar con mayor precisión el conocimiento existente sobre la nanomedicina a la comunidad académica, a los profesionales de la salud y al público en general, nos dimos a la tarea de imaginar y transformar conceptos aparentemente complejos sobre las partículas que los ojos humanos no pueden ver directamente y que sin embargo, las encontramos en muchos de los productos que utilizamos en nuestra vida cotidiana y, como parte de ella, en algunos de los medicamentos que utilizamos para preservar nuestra salud.

Las y los autores de los artículos de este número esperamos haber logrado plasmar en palabras e imágenes y con algunos ejemplos, las ideas y los conceptos centrales de la nanomedicina. El propósito es comprender qué son, cómo se obtienen y cómo actúan las diversas nanopartículas que transportan las sustancias activas que actúan en nuestro organismo para mantener, recuperar o mejorar nuestra salud, de modo que, en lo general, cuando por una situación de enfermedad o un accidente, podremos entender el por qué se potencia la acción de un nanomedicamento comparado con la acción de un medicamento convencional.

¹ Editor invitado. Responsable del Laboratorio de Farmacia Molecular y de Liberación Controlada. Área Académica de Tecnología Farmacéutica. Departamento de Sistemas Biológicos. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. UAM-Xochimilco.

El resultado de este esfuerzo colaborativo ha sido un conjunto de artículos que, no obstante su brevedad, con el conocimiento y la experiencia de los científicos que los han elaborado, nos llevarán de la mano por los caminos imaginarios de ese mundo diminuto que surge en los laboratorios dedicados a diseñar y obtener las nanopartículas cargadas con los fármacos o sustancias activas, para que estas, ya como nanomedicinas en forma de cápsulas, tabletas, cremas o inyectables, entre otras formas de administración, lleguen al interior de nuestro organismo para prevenir o curar con mayor potencia, eficacia y seguridad, una enfermedad o aliviar un síntoma temporal o crónico como el dolor o la inflamación.

Preparemos entonces nuestra mente para este viaje imaginario, pero que ya es una realidad porque varios de los medicamentos que se dispensan en las farmacias son de base nanotecnológica y que, como las vacunas para la pandemia de COVID19, se siguen mejorando y seguirán sorprendiéndonos y ayudándonos en el futuro a mantener nuestra salud.

NO ES SÓLO UNA PARTÍCULA PEQUEÑA

ABRAHAM FAUSTINO VEGA¹,
ALDO HABANA PÉREZ², Y
VICTORIA DE LOS ÁNGELES SOSA²
DELGADILLO

Nanoestructuras y la evolución de la liberación modificada en fármacos

En el laboratorio, una dispersión opalescente puede parecer un sistema más dentro del trabajo experimental cotidiano. Sin embargo, detrás de ese aspecto aparentemente simple se esconde una de las transformaciones más importantes en la forma de entender los medicamentos.

Una pregunta frecuente, especialmente entre quienes inician su formación en las ciencias farmacéuticas, es si realmente tiene sentido invertir tanto esfuerzo en reducir el tamaño de las partículas. ¿Puede algo tan pequeño modificar de manera significativa el tratamiento farmacológico? Para responder esto, es necesario partir de un contexto más amplio.

Cuando el tiempo no se controlaba

Durante mucho tiempo, los medicamentos se diseñaban para administrar una sola dosis, pero no para controlar su liberación. El comportamiento del fármaco dependía casi por completo de la fisiología del organismo.

Esto generaba perfiles farmacocinéticos caracterizados por incrementos rápidos en la concentración, seguidos de descensos igualmente pronunciados. En términos terapéuticos, esto implicaba la aparición de efectos adversos en los picos de concentración y pérdida de eficacia cuando esta disminuye.

1 Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (Secihti). Programa de Investigadores por México, con adscripción al Laboratorio de Farmacia Molecular y Liberación Controlada, del Departamento de Sistemas Biológicos, en el Área Académica de Tecnología Farmacéutica, de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

2 Laboratorio de Farmacia Molecular y Liberación Controlada, del Departamento de Sistemas Biológicos, en el Área Académica de Tecnología Farmacéutica, de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

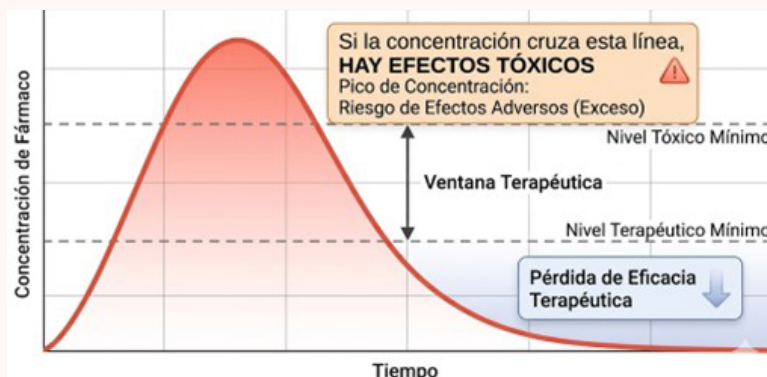


Figura 1. Perfil farmacocinético típico de una liberación inmediata.

Elaboración propia a partir de contenido generado con apoyo de herramientas de IA Gemini, posteriormente revisado y adaptado por los autores.

* Se observan picos elevados de concentración seguidos de descensos rápidos, asociados con efectos adversos y pérdida de eficacia terapéutica.

La introducción de los sistemas de liberación modificada permitió, por primera vez, intervenir en la velocidad de la liberación. Por medio de matrices poliméricas, recubrimientos y dispositivos osmóticos, se logró regular el tiempo en el que el fármaco se libera. En esta etapa, el problema era fundamentalmente temporal.

Cambiar la escala, cambiar el comportamiento

El siguiente cambio no fue sólo tecnológico, sino conceptual: la reducción de escala hacia sistemas micro y nanoestructurados.

A diferencia de lo que podría pensarse, no se trata únicamente de hacer partículas más pequeñas. A escala nanométrica, el incremento de la relación superficie/volumen modifica de manera importante:

- la velocidad de la liberación;
- la estabilidad del sistema;
- la interacción con las membranas biológicas, y
- el reconocimiento por parte del organismo.

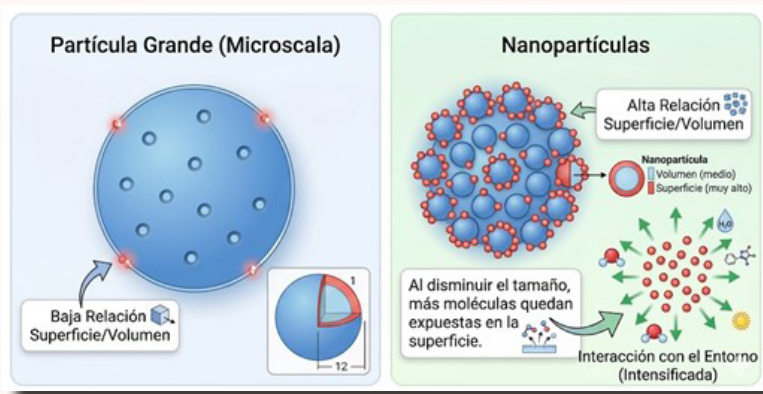


Figura 2. Relación superficie/volumen en sistemas de distinto tamaño.

Elaboración propia a partir de contenido generado con apoyo de herramientas de IA Gemini, posteriormente revisado y adaptado por los autores.

* Al disminuir el tamaño de la partícula, aumenta la proporción de moléculas expuestas en la superficie, lo que intensifica la interacción con el entorno.

Reducir la escala implica, en realidad, modificar simultáneamente la física, la química y la biología del sistema.

Nanoestructuras, más que tamaño

Las nanoestructuras farmacéuticas, como las nanopartículas, las nanoemulsiones o los liposomas, son sistemas diseñados en los que el fármaco puede encontrarse disuelto, encapsulado o asociado en las interfaces.

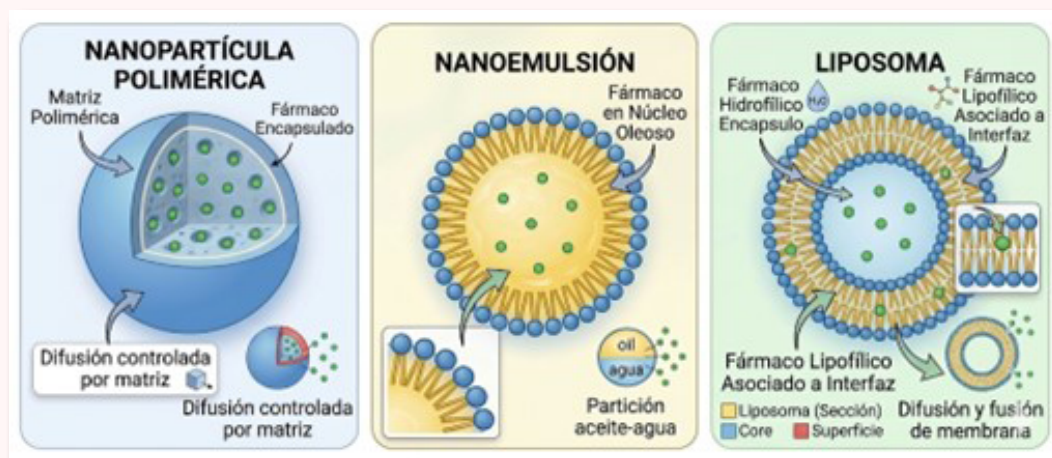


Figura 3. Ejemplos de nanoestructuras farmacéuticas y localización del fármaco (encapsulado, disuelto o asociado a la interfaz).

Elaboración propia a partir de contenido generado con apoyo de herramientas de IA Gemini, posteriormente revisado y adaptado por los autores. *La organización interna determina el perfil de liberación.

Esta organización interna determina su comportamiento. La liberación puede depender de múltiples mecanismos: difusión, degradación del material, cambios de pH o actividad enzimática. Por lo tanto, la nanoestructura no actúa como un simple vehículo. Regula, protege y modula la forma en que el fármaco interactúa con el organismo.

¿Sabías que un mismo fármaco puede comportarse de manera completamente distinta dependiendo de su formulación?

Un compuesto poco soluble puede presentar baja absorción en una forma convencional, pero puede mejorar su biodisponibilidad si se incorpora en una nanoemulsión, o protegerse de la degradación si se encapsula en una nanopartícula. La diferencia no es el fármaco, sino cómo está organizado dentro del sistema.

Del tiempo al espacio

En los medicamentos tradicionales, la liberación modificada se enfoca en responder a una pregunta, ¿cuánto y cuándo se libera el fármaco?

Con las nanoestructuras, surge una nueva dimensión: ¿dónde ocurre esa liberación?

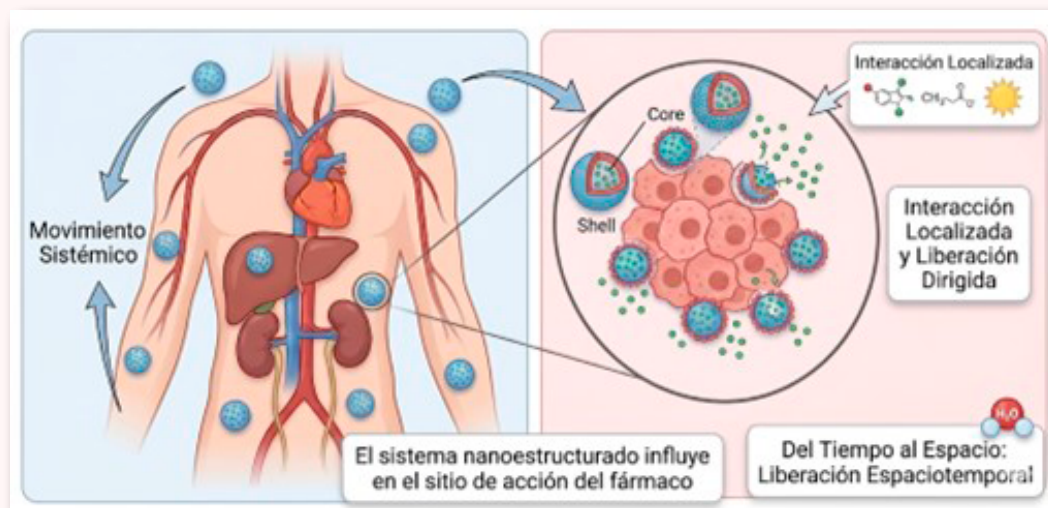


Figura 4.

Representación conceptual de la biodistribución y posible interacción localizada de nanoestructuras. Elaboración propia a partir de contenido generado con apoyo de herramientas de IA Gemini, posteriormente revisado y adaptado por los autores. * A esta escala, el sistema puede influir en el sitio donde ocurre la liberación del fármaco.

A escala nanométrica, los sistemas pueden modificar su distribución en el organismo, interactuar con estructuras celulares específicas y responder a las condiciones locales. Esto introduce el concepto de liberación espaciotemporal.

Como consecuencia, el medicamento deja de ser únicamente una forma farmacéutica que contiene un fármaco para convertirse en un sistema diseñado para modular su comportamiento en el organismo.

Alcances y límites

A pesar de su potencial, la nanotecnología farmacéutica no es una solución universal. Muchos sistemas muestran resultados prometedores en condiciones experimentales, pero enfrentan dificultades al escalarse o al evaluarse en entornos biológicos complejos. Además, no todos los problemas terapéuticos requieren soluciones sofisticadas. Por ello, su uso debe responder a una pregunta clave, ¿existe una ventaja terapéutica real con esta propuesta?

Un cambio en la forma de pensar

El avance más importante no radica únicamente en el tamaño de las partículas, sino en el cambio de enfoque. Mientras que los sistemas tradicionales se diseñan como contenedores que liberan un fármaco, las nanoestructuras se diseñan como sistemas que interactúan con el entorno biológico.

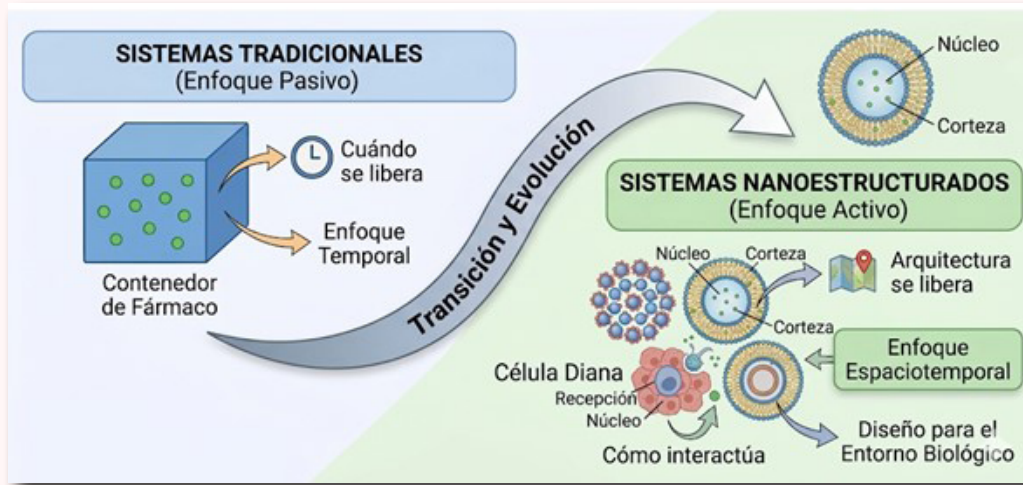


Figura 5. Transición conceptual de los sistemas diseñados como contenedores de liberación a los sistemas nanoestructurados diseñados para interactuar con el entorno biológico. Elaboración propia a partir de contenido generado con apoyo de herramientas de IA Gemini, posteriormente revisado y adaptado por los autores.

* Factores como la superficie, la carga, la composición y la organización interna influyen directamente en su reconocimiento, distribución y destino.

No es sólo una partícula pequeña

Reducir el concepto de nanoestructura a su tamaño es insuficiente. Se trata de una arquitectura funcional capaz de intervenir en tres dimensiones fundamentales:

- el tiempo de liberación;
- el espacio de acción, y
- la interacción con el organismo.

Comprender esto es clave para quienes comienzan su formación en el área farmacéutica, porque implica reconocer que el diseño de los medicamentos ya no consiste únicamente en administrar un fármaco, sino en definir cómo se comportará dentro del sistema biológico.

NAVEGANDO LO INVISIBLE: EL CAMINO DE LOS NANOMEDICAMENTOS DESDE EL DISEÑO HASTA LA FARMACIA

OSWALDO CASTAÑEDA HERNÁNDEZ¹,
CARLOS MARTÍNEZ ARMENTA² Y
BETZABETH ANALI GARCÍA-MARTÍNEZ³

1 Departamento de Sistemas Biológicos, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

2 Laboratorio de Gerociencias, Instituto Nacional de Rehabilitación Luis Guillermo Ibarra Ibarra.

3 Servicio de Neurociencias Básica, Laboratorio de Farmacología Traslacional, Instituto Nacional de Rehabilitación Luis Guillermo Ibarra Ibarra.

Imaginemos que un medicamento es el barco en el que podemos hacer viajar a los fármacos, siendo la sangre el mar del cuerpo; y que le colocamos un GPS para dirigirlo a un destino específico, un órgano enfermo, sin dañar a los tejidos sanos. Esto, que parece ciencia ficción, es una realidad que se ha logrado con la nanotecnología farmacéutica. Esta herramienta permite a los científicos construir barcos casi invisibles, extremadamente pequeños (a nanoescala), capaces de atravesar las diferentes barreras por las que navegarán hasta llegar al sitio de acción.

¿Cómo logran estos barcos invisibles llegar al estante de una farmacia para que puedan ser utilizados?

Para empezar, es importante distinguir dos conceptos que encontraremos a lo largo de la lectura. 1) un principio activo es la sustancia responsable del efecto terapéutico, y 2) el medicamento es el producto completo, como una tableta, una inyección, un jarbe o un gel, que contiene el principio activo en conjunto con otros componentes.

Cuando se quiere llevar a la farmacia un nuevo producto, el personal encargado de su desarrollo puede enfrentar una gran variedad de problemas, como principios activos que no se disuelven bien, que no pasen a la sangre para que se transporte al órgano donde tendrá su efecto, o que puedan dañar a células sanas. La nanotecnología ha llegado para ayudar a resolver estos problemas. Los científicos de esta área siguen un plan de trabajo que les permite trazar una ruta de navegación (diseño racional de medicamentos) para diseñar y transformar los materiales originales en estructuras más pequeñas, que mejoran la solubilidad y puedan navegar por la sangre.

¿Cómo surge la idea de construir a esos barcos casi invisibles?

El desarrollo de un nanoproducto inicia como la mayoría de los proyectos en la vida: dando respuesta a una necesidad que plantea distintas preguntas. *¿Cuál es la enfermedad que quiero curar?, ¿cuál es el fármaco adecuado para ese problema?, ¿el fármaco tiene alguna complicación para ser utilizado?, ¿cómo puede superarse el problema con la na-*

notecnología?, ¿qué cantidad de principio activo se requiere en el medicamento?, entre otras. Esto permite a los científicos tener una idea de los requisitos que deberá cumplir el medicamento y cómo la nanotecnología les permitirá mejorar su desempeño.

Dependiendo de las necesidades del tratamiento, es posible diseñar diferentes tipos de vehículos invisibles con materiales similares a la gelatina (nanopartículas poliméricas); otros se asemejan a diminutas gotas de grasa que envuelven al medicamento (liposomas); también pueden generarse versiones ultrapequeñas del propio fármaco (como los nanocristales), o estructuras altamente ramificadas que funcionan como andamios (dendrimeros). Para poder llegar a estos nanoproductos, el personal encargado cuenta con guías que se usan a nivel internacional y lo orientan sobre qué ruta de navegación podría seguir, con la finalidad de asegurar que su barco invisible pueda ser reconocido en cualquier parte del mundo, aunque cada país tiene sus propios requisitos para poder vender un nanoproducto.

Una vez que se obtienen las primeras simulaciones del nanomedicamento, o prototipos, deben someterse a pruebas de control de calidad. El científico necesita evaluar si lo que propone se comporta como espera. Si pensamos que el diseño racional de un nanomedicamento es una ruta de navegación de un barco, esta etapa sería equivalente a salir al mar para probar la embarcación. El capitán ya trazó el mapa, eligió el destino y definió el rumbo, pero ahora debe verificar que el barco responde bien, que el motor funciona, que el timón gira correctamente y que la nave se mantiene estable frente a las corrientes.

¿Cómo establecemos las pruebas que tendremos que hacer?

Para identificar qué pruebas debemos realizar a un nanomedicamento, primero se deberá establecer cuáles son las características que lo convierten en un producto de calidad y después ponerlo a prueba. Si seguimos con la idea de que los nanomedicamentos pueden ser considerados barcos casi invisibles, imaginemos a un grupo de ingenieros encargados del diseño del barco, piensan en los componentes que van a utilizar antes de pasar a su construcción y anticipan posibles fallas: ¿qué pasaría si el motor falla?, ¿o si el sistema de navegación no responde? Con ello estiman qué tan graves serían las consecuencias de cada falla y cuáles tendrían mayor impacto en la seguridad de la embarcación. Con esta información se identifican los elementos más críticos del diseño y se proponen estrategias para prevenir problemas antes de que el barco zarpe al mar.

En los nanomedicamentos los científicos realizan algo semejante, un análisis de riesgo, en donde identifican qué características —tamaño, forma, cantidad de fármaco que contiene— son más importantes para asegurar productos seguros, eficaces y de alta calidad.

¿Qué ventaja tiene conocer las características más importantes de un nanomedicamento?

Conocer las características más importantes del producto le permite al diseñador del medicamento el entendimiento del producto, así como su proceso de fabricación, lo cual servirá para poner filtros o alertas (puntos de control) que reduzcan el riesgo de variabilidad entre los lotes producidos de esos barcos.

Cuando tenemos un nanomedicamento que cumple con sus controles de calidad y ya es fabricado en una empresa, ¿ya se puede vender?

No. Todos los medicamentos, ya sean convencionales o que utilicen nanotecnología, deben tener registro ante una autoridad del país en el que se desea comercializar, casi lo equivalente a nuestra acta de nacimiento. A este trámite y documento lo llamaremos registro sanitario, y la empresa que quiera venderlo es la responsable de realizar la gestión para contar con esa acta de nacimiento. De no contar con ese documento, el producto podrá considerarse ilegal y riesgoso para consumo humano. El acta de nacimiento del medicamento deberá contemplar toda la información que los científicos obtuvieron durante su etapa de creación.

Un nuevo comienzo: La historia del nanomedicamento después de su aprobación

Contrario a la creencia común, el trabajo de una compañía no termina con la venta del medicamento. El ciclo de vida de un medicamento, ya sea convencional o nanomedicamento, abarca desde que surge la idea hasta que el producto sale del mercado. Durante la etapa de comercialización, el fabricante del nanomedicamento tendrá que asegurarse principalmente de monitorear el desempeño del producto. Para ello, analiza la información de su comportamiento cuando se fabrica y los reportes sobre su uso en los pacientes, especialmente si generan problemas al usarlo.

Después de la venta, se puede tramitar algún cambio en el producto. Por ejemplo, optimizar los materiales de construcción del "barco invisible", o modificar la metodología usada para su fabricación, siempre que estos cambios contribuyan a la mejora del producto o resuelvan problemas detectados durante la producción a nivel industrial. Si el problema fuera grave y se pone en riesgo la vida de los pacientes, estando el producto en el mercado, la empresa que lo vende tiene la obligación de retirarlo de las farmacias y avisar a las autoridades sanitarias correspondientes. La gestión del cambio posaprobación permite realizar mejoras al producto sin comprometer el cumplimiento normativo. Un ejemplo de su aplicación fue el retiro de Ritonavir, en 1998, por problemas de estabilidad física de la formulación (donde se cambió la composición farmacéutica y el proceso

¿Sabías que ... ?

En México la autoridad responsable de evaluar la información para el registro de los medicamentos es la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (Cofepris), actualmente dirigida por el doctor Víctor Hugo Borja Aburto, quien estudió Medicina en la UAM-Xochimilco

de fabricación de ese barco). Por tanto, el seguimiento del ciclo de vida de un nanomedicamento representa una oportunidad para que las compañías puedan recabar conocimiento científico sobre sus productos y garanticen que sean seguros y efectivos.

¿Existen ya los nanomedicamentos en las farmacias?

Sí. Actualmente existen más de 350 nanoproductos registrados y el desarrollo de nuevos va en aumento. La mayoría de esos nanomedicamentos son liposomas (pequeñas esferas o gotas de aceite) con un tamaño que no les permite observarse a simple vista.

En resumen, la nanotecnología ha mejorado significativamente las posibilidades en el diseño de medicamentos, al ofrecer soluciones a problemas que pueden dificultar la efectividad del producto durante su administración y aplicación. El éxito de los nanoproductos depende de un diseño que considere las propiedades del principio activo o nanomateriales, así como de un entendimiento del producto y de su proceso de fabricación.



Figura 1.
Elaboración propia
con asistencia de IA
ChatGPT libre.

NANOTRANSPORTA- DORES DEL SIGLO XXI

GUSTAVO ROCHA CEBALLOS, EVELYN
DEL CARMEN SILVA MANZANERO Y
JESÚS MARTÍNEZ GONZÁLEZ¹

En algún momento habrás escuchado que el término nano suele asociarse con películas de ciencia ficción, por ejemplo, utilizado en superautos. Pero en realidad describe una escala extremadamente pequeña. Para imaginarlo mejor piensa en una regla (de un lado se mide en pulgadas y del otro en centímetros). Cada centímetro se divide en 10 milímetros, y cada una de esas pequeñas marcas corresponden a un milímetro. Es diminuto ¿no?, ahora bien, un milímetro está compuesto por un millón de nanómetros.

Como puedes darte cuenta, hablamos de dimensiones tan diminutas que son difíciles de visualizar para el ojo humano. A pesar de ser muy pequeños, la nanoescala representa muchas ventajas, tomando propiedades nuevas, lo que explica por qué es una innovación en el campo de la medicina y otras áreas de la ciencia.

En los medicamentos, la nanoescala permite crear un tipo de redes más complejas a las que llamaremos "modelos de carros inteligentes". Pero para entender cómo la nanoescala mejora la administración de fármacos, primero debemos conocer cómo funcionan los medicamentos "convencionales".

Imagina que un medicamento convencional es como un modelo de carro antiguo y que el conductor es el fármaco (la sustancia que te ayuda a mejorar cuando el cuerpo no funciona bien). Antes de que el medicamento convencional entre al cuerpo, el fármaco tiene que pasar por un recorrido que consiste en cuatro etapas.

La primera es la absorción. Para que el carro antiguo funcione, el conductor necesita confirmar que tenga gasolina y que el motor esté funcionando, porque durante el trayecto es lo que lo ayuda a moverse. Esto mismo pasa con los fármacos, necesitan estar acompañados de excipientes para que el cuerpo los absorba mejor.

La segunda etapa es la distribución. Piensa que buscas en tu celular varias formas de llegar a un destino y tú escoges cuál es el mejor camino. Algo parecido pasa en el cuerpo, una vez que llega al sistema circulatorio, el fármaco puede irse hacia los tejidos y fluidos corporales para ejecutar su acción.

¹ Laboratorio de Farmacia Molecular y Liberación Controlada, del Departamento de Sistemas Biológicos, en el Área Académica de Tecnología Farmacéutica de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

En una tercera etapa, llamada metabolismo, decides irte por la ruta del Periférico de la Ciudad de México, un lugar en donde siempre hay mucho tránsito, pero que, al final, llegarás a tu destino. En este caso, el fármaco pasa por algo llamado rutas metabólicas, que son un conjunto de transformaciones por las cuales el fármaco pasa dentro del cuerpo.

Y por último, pero no menos importante, está la etapa de eliminación, que es cuando por fin llegas a tu destino, dejas el carro estacionado y te vas a hacer otras actividades. Es decir, cuando el fármaco es expulsado del cuerpo y estará nuevamente en el sistema circulatorio hasta que lo consumas otra vez.

Un carro antiguo puede funcionar bien para ti y tiene ventajas, porque puedes seguir moviéndote de un lado a otro, mientras no se te descomponga, pero si no le das el mantenimiento básico, como cambiarle el aceite, las balatas o hacerle la afinación constantemente, dejas que el deterioro se acumule... ¡Hasta sentirás los baches pequeños!

Con el paso del tiempo se va deteriorando y su desempeño disminuye hasta que deja de funcionar. Algo semejante ocurre con el medicamento convencional, el fármaco presenta tanto ventajas como desventajas, una de ellas es que disminuye síntomas por alta cantidad de fármaco y, así mismo, esto hace que llegue a más tejidos causando con el tiempo toxicidad, además cuando llega a la sangre se mantiene por un tiempo y después disminuye, necesitando tomarse frecuentemente.

Ante esta situación y gracias a los avances de la tecnología, ahora ya hay modelos de carros inteligentes. Las nanopartículas son un auto nuevo, con GPS incluido y un motor mucho más potente, el fármaco se encapsula dentro de las nanopartículas, es decir, que está más protegido contra riesgos como la degradación o actuar en sitios incorrectos.

Las nanopartículas son como un carro modificado inteligentemente y tienen ventajas como encapsular al fármaco y protegerlo de la degradación, además hay una liberación constante por mucho más tiempo en el sistema circulatorio. Dicho de otro modo, este tipo de carros inteligentes, debido a su modelo y estructura, tienen mejor direccionamiento, mayor estabilidad a una velocidad constante, y en su composición hay refacciones más costosas y específicas.

Así como en el mundo automotriz hay distintos modelos de carros diseñados para funciones específicas, lo mismo pasa con las nanopartículas. Sólo para que te des una idea, te hablaré de tres tipos de carros inteligentes, comenzando con los carros eléctricos, estos usan energía limpia, generan menos emisiones, se adaptan mejor a entornos urbanos y reducen el impacto ambiental por ser compatibles con el entorno. De manera similar funcionan las nanopartículas lipídicas: diminutas esferas

elaboradas con grasas similares a las de nuestras propias células, adaptándose a nuestro entorno biológico y causando menos daños tóxicos.

También están los carros convertibles, este tipo integra un sistema estructural que le permite modificar su configuración sin perder estabilidad. De forma semejante, las nanopartículas poliméricas están diseñadas con redes que permiten controlar la liberación del fármaco y adaptarse al entorno biológico mediante degradación programada o respuesta a estímulos.

Por último, están los carros especializados, como los que se ocupan en las carreras de autos. Estos se caracterizan por ser contruidos a partir de materiales especiales y diseñados para tareas específicas. El oro, un material que encuentras en tus pulseras, collares o anillos, también se utiliza para fabricar nanopartículas. Pero hay que aclarar que además del oro, hay otros materiales, como el hierro y la sílice, que tienen propiedades magnéticas, eléctricas u ópticas que sirven para detectar enfermedades.

¿Enfermedades? ¡Así es! Pues gracias a esta ciencia se pueden alcanzar objetivos antes imposibles, como llegar más fácilmente a células enfermas de forma selectiva, reparar genes dañados, y crear medicamentos que sean más efectivos. Pongamos un ejemplo específico, además de los medicamentos, las nanopartículas también pueden estar en las vacunas.

Una vacuna es una preparación biológica diseñada para entrenar al sistema inmunológico, reconocer y defenderse contra un agente infeccioso, como virus o bacterias, antes de que la persona enferme. Durante la pandemia de COVID-19, algunas vacunas contenían ARN mensajero, que utilizaban nanopartículas lipídicas para proteger el material genético y permitían que llegara de manera segura a las células. Sin estas diminutas estructuras, el ARN mensajero se degradaría rápidamente y la vacuna no funcionaría correctamente.

Las nanopartículas también se utilizan actualmente en tratamientos contra el cáncer, donde ayudan a transportar medicamentos directamente hacia las células tumorales, ya que ésta es una enfermedad en la que algunas células del cuerpo pierden el control de su crecimiento. Un medicamento que contiene un fármaco en un tamaño nanométrico ataca directamente a las células cancerígenas, sin que sean vistas por el sistema inmunológico, por lo que las nanopartículas hacen que la acción terapéutica sea más rápida y tenga un efecto más potente, además de que tendrá menos obstáculos para llegar al sitio de acción, en comparación con un medicamento convencional.

El efecto de estos carros también cambia según la ruta que deban seguir para entrar al cuerpo. En el caso de las tabletas, las nanopartículas viajan dentro de un comprimido que debe atravesar el estómago y los intestinos. Su función principal

es proteger al fármaco del pH ácido del estómago y permitir que se libere de forma segura en el intestino. Es como conducir con precaución en una ruta complicada, avanzando poco a poco para llegar al destino sin daños. De manera similar, las nanopartículas permiten liberar el fármaco de forma controlada a lo largo del tiempo.

Si la administración es mediante inyecciones, los vehículos inteligentes entran directamente a la autopista de la circulación sistémica. Esto permite que el agente terapéutico circule por más tiempo y reduce la toxicidad.

Finalmente, está la vía de la piel. En este caso, las nanopartículas se incorporan en productos tópicos, como geles o cremas, y deben atravesar las capas de la piel o mucosas. Aquí actúan como vehículos especialmente adaptados para superar estos obstáculos, permitiendo que el fármaco se libere de forma localizada en el sitio donde se aplica.

Después de todo este recorrido, podemos imaginar al cuerpo humano como una gran ciudad, llena de caminos, cruces y rutas complejas. Durante muchos años, los medicamentos han viajado por estas carreteras como carros antiguos, funcionales, pero sin saber exactamente a dónde ir o cuánto tiempo permanecer en el camino.

Gracias a estos nanotransportadores, tratamientos contra enfermedades, como infecciones, cáncer e, incluso, desarrollar vacunas modernas pueden volverse más eficaces y seguros. Lo que antes parecía imposible, dirigir un medicamento como si tuviera un GPS dentro del cuerpo, hoy comienza a ser una realidad. Tal vez en el futuro, cuando tomemos un medicamento o recibamos una vacuna, no estaremos utilizando únicamente una tableta o una inyección, sino millones de carros inteligentes viajando silenciosamente por nuestro organismo y trabajando a escala nanométrica para cuidar nuestra salud.

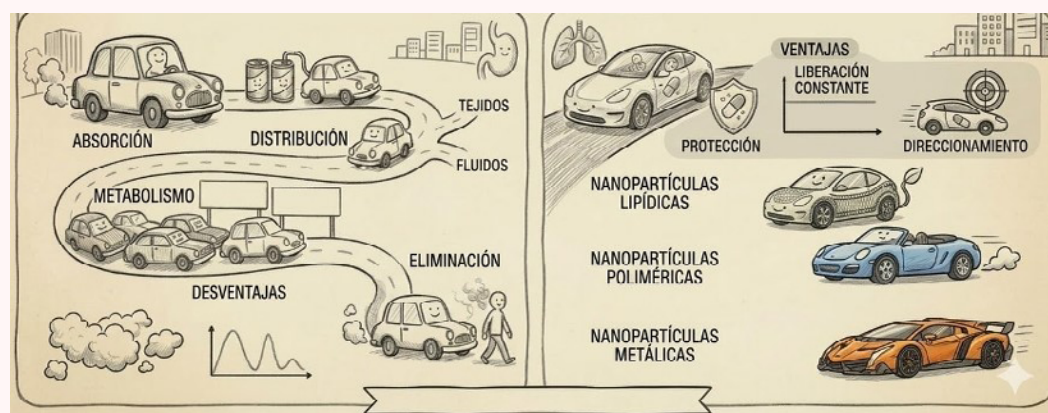


Figura. 1
Elaboración propia
con asistencia de IA
ChatGPT libre.

CUANDO EL ARNm ENCONTRÓ AL EQUIPO QUE LO HIZO FUNCIONAR

**ABRAHAM FAUSTINO VEGA¹
Y VICTORIA DE LOS ÁNGELES
SOSA DELGADILLO²**

1 Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (Secihti). Programa de Investigadores por México, con adscripción al Laboratorio de Farmacia Molecular y Liberación Controlada, del Departamento de Sistemas Biológicos, en el Área Académica de Tecnología Farmacéutica, de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

2 Laboratorio de Farmacia Molecular y Liberación Controlada, del Departamento de Sistemas Biológicos, en el Área Académica de Tecnología Farmacéutica, de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

Durante la década de 1980, Michael Jordan ya era un jugador excepcional, sus estadísticas eran impresionantes, su habilidad indiscutible y su impacto en la cancha evidente desde sus primeras temporadas con los Chicago Bulls; sin embargo, los campeonatos no llegaban, no porque Jordan no fuera suficientemente bueno, sino porque el baloncesto, como muchos otros sistemas complejos, no depende únicamente del talento individual.

Para ganar hacía falta algo más: un equipo capaz de protegerlo, complementarlo y permitir que alcanzara su máximo potencial. Durante años, el ARN mensajero (ARNm) vivió una historia sorprendentemente similar.

Desde finales del siglo xx, la comunidad científica reconocía su enorme potencial como herramienta terapéutica, la idea era tan poderosa como interesante, porque en lugar de administrar directamente una proteína o un fármaco convencional para el tratamiento de una enfermedad, bastaría con introducir en las células la información necesaria para que ellas mismas produjeran la proteína deseada.

En principio, esto permitiría desarrollar vacunas y tratamientos de forma más rápida, flexible y adaptable frente a nuevas enfermedades. El problema era que el ARNm jugaba solo.

Un jugador brillante en un entorno hostil

En condiciones ideales de laboratorio, el ARNm funciona de manera impecable y brillante dentro de la célula, como un intermediario natural entre el ADN y las proteínas, una molécula diseñada por la propia biología para transmitir información genética; sin embargo, fuera de ese entorno controlado, el ARNm se enfrenta a un escenario hostil y pierde las habilidades que lo convierten en un increíble jugador.

Imagina que el ARNm es el jugador de baloncesto que debe entrar a la cancha para anotar puntos, pero el partido es mucho más difícil de lo que parece. En el organismo existen enzimas capaces de degradar el ARNm, que funcionan como defensores rápidos que, apenas entra a la cancha, lo rodean en cuestión de segundos, incluso antes de que el jugador pueda avanzar unos cuantos pasos.

El sistema inmune actúa como un árbitro, vigilando atentamente, listo para detener el partido ante cualquier movimiento sospechoso. Como si eso no fuera suficiente, el jugador tiene un reto más grande: iatravesar las membranas celulares!

Durante muchos años los científicos se centraron en mejorar el jugador, pensaron que, si el ARNm era más fuerte y estaba mejor preparado, tendría más posibilidades de sobrevivir al partido, así que comenzaron los entrenamientos. Ajustaron su secuencia como si se tratara de un manual de jugadas maestras para mejorar su eficacia; introdujeron nucleósidos, como si se tratara de un equipamiento especial que lo ayudaría a pasar desapercibido, y lo hicieron más resistente para mantenerse en la cancha durante más tiempo sin degradarse.

Estos avances fueron importantes, pero insuficientes. El ARNm seguía sin llegar de manera eficiente al citoplasma, el lugar de la célula que le permite cumplir su función: ser traducido en proteína. El talento estaba ahí, pero lo que faltaba era el equipo.

El nacimiento del equipo: nanopartículas lipídicas

La solución no vino exclusivamente de la biología molecular, sino del encuentro entre la nanotecnología y la tecnología farmacéutica. La pregunta dejó de ser únicamente cómo diseñar el ARNm ideal y pasó a ser otra, ¿cómo acompañarlo hasta el interior de la célula sin que se degrade en el camino?

La respuesta tomó forma en las nanopartículas lipídicas, sistemas capaces de encapsular el ARNm, como si estuviera dentro de una burbuja, para transportarlo a través del organismo. Estas nanopartículas no son simples envolturas, son sistemas cuidadosamente diseñados, donde cada componente cumple una función específica. El ARNm sigue siendo el jugador estrella, pero ahora cuenta con un equipo que lo protege, lo posiciona y le permite encestar justo en el momento adecuado.

Pero ningún equipo de baloncesto funciona sin una estrategia capaz de responder bajo presión. Entre los componentes de las nanopartículas lipídicas destaca uno por su papel decisivo, el lípido. Su comportamiento está finamente ajustado a las condiciones del cuerpo humano, lo que lo convierte en una pieza clave del diseño farmacéutico.

Podemos imaginarlo como si los compañeros de equipo rodearan al ARNm y lo protegieran durante todo el partido manteniendo un perfil discreto, sin llamar la atención de la defensa. Sin embargo, llega un momento clave, cuando el ambiente se vuelve más ácido, el lípido ionizable entra al juego, como un compañero estratégico preparado para hacer una jugada maestra y engañar a la defensa contra-

ria. Esto permite que el ARNm logre escapar al citoplasma para encestar; con este movimiento se entregan las instrucciones necesarias para que la célula produzca la proteína. Pero no es tan sencillo como parece: si el equipo falla, el ARNm queda atrapado y el partido se acaba.

Cuando el potencial se convierte en impacto clínico

El éxito de las nanopartículas lipídicas no depende de un solo componente, sino de la interacción coordinada de todos ellos, fue esta integración la que permitió que las vacunas basadas en ARNm frente al COVID-19 pasaran del laboratorio a la clínica en un tiempo sin precedentes.

Durante décadas, el ARNm fue una tecnología prometedora pero limitada, sólo cuando se desarrollaron sistemas de liberación robustos basados en nanopartículas lipídicas, su potencial se tradujo en impacto clínico real.

Hoy, estas plataformas no se limitan a las vacunas, se exploran aplicaciones en oncología, enfermedades raras y medicina personalizada. En todos los casos, la lección es la misma: la eficacia terapéutica no depende únicamente del principio activo, sino del sistema que lo acompaña. Y cuando ese diseño es el correcto, los tratamientos eficaces y seguros finalmente llegan.



Figura. 1.
Elaboración propia
libre.

PREPARANDO EL AUTO CAMPEÓN ANTES DE LLEGAR A LA META

**MAGALLY ETZEL ARELLANO PRENDA,
YESSICA NAVARRO NÁJERA Y
VICTORIA DE LOS ÁNGELES
SOSA DELGADILLO¹**

¿Alguna vez te has aplicado una crema, recomendada en redes sociales por tu *influencer* favorita?, quien asegura que es la solución perfecta para aliviar todos los síntomas en cuestión de minutos, esperando sentir un alivio casi inmediato.

Aplicas la crema sobre tu piel, sientes una textura agradable con buen olor y esperas, pero la molestia sigue ahí, como si mil hormigas estuvieran caminando sobre ti. Tiempo después, decides darle una oportunidad a otra crema, aparentemente idéntica a la anterior; sin embargo, esta vez ocurre algo distinto y el efecto es inmediato. Entonces, si el fármaco es el mismo, ¿por qué el efecto no lo es?

La respuesta no está en el fármaco, es decir, la molécula responsable del efecto terapéutico, sino en su proceso de formulación y en sus excipientes, perfectamente seleccionados por un químico farmacéutico biólogo para formar el sistema que lo transporta, protege y controla su liberación, una vez que entra en contacto con tu piel.

Es mucho más complejo de lo que puedes imaginar, es el resultado de una combinación cuidadosamente diseñada entre ciencia, tecnología y conocimiento, lo que permite garantizar su efecto.

Por ejemplo, para ganar una carrera de autos no basta con tener un motor potente, antes de iniciar la carrera se necesita de un equipo que diseñe el vehículo con un propósito, que busque los mejores materiales y ajuste cada pieza para asegurarse que todo funcione correctamente; de lo contrario, será difícil que termine la carrera. Algo parecido sucede en el mundo de los medicamentos, quien se encarga de transformar una simple molécula en una crema segura y eficaz es la tecnología farmacéutica. Esta disciplina permite saber cómo se va a elaborar la crema, con qué sustancias se va a combinar el fármaco, y su comportamiento cuando entre en contacto con tu piel. Se trata de un desarrollo estratégico donde se analizan todas las variables del proceso para asegurar la calidad, así se garantiza que el fármaco no sólo exista, sino que realmente esté listo para empezar la carrera.

¹ Laboratorio de Farmacia Molecular y Liberación Controlada. Departamento de Sistemas Biológicos. Área Académica de Tecnología Farmacéutica. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

Sin embargo, para lograr este propósito es indispensable conocer las propiedades que hacen especial al fármaco, como por ejemplo, qué tan bien se disuelve, qué tan estable es con el paso del tiempo, o qué tan fácilmente puede absorberse por sí solo a través de tu piel. Esto es fundamental para poder seleccionar los excipientes que formarán parte del auto y lo acompañarán.

Muchas veces los excipientes pasan inadvertidos por no tener actividad terapéutica, pero influyen de manera directa en la eficacia y la experiencia de aplicación. Algunos excipientes funcionan como la carrocería protectora, evitando que la luz, el aire, o el calor dañen al fármaco antes de que llegue a su destino; otros actúan como neumáticos especiales que les permiten avanzar sin derrapar; también están aquellos que regulan la velocidad, como si fueran un sistema inteligente que sabe exactamente cuándo acelerar y cuándo frenar, es decir, permiten que el fármaco se libere poco a poco, en el momento adecuado y en la cantidad necesaria.

¿Qué sucede si agrego excipientes sin conocer las propiedades del fármaco?

Piensa en el fármaco como el piloto de un auto que se prepara para una carrera, es el personaje principal, el público lo conoce y apoya. Pero, ¿de qué serviría un piloto extraordinario si el auto no funciona correctamente?

El auto necesita ciertas especificaciones para poder funcionar y ser estable. Si le ponemos neumáticos de tractor, producirá resultados desastrosos, será inmanejable y peligroso. Si agregamos diésel en lugar de gasolina, el auto perderá potencia, dejará de funcionar y el piloto lo abandonará. Lo mismo sucederá con el fármaco, sin los excipientes adecuados no puede llegar a la meta de ayudar a sanar la piel, por tanto, si la crema presenta características negativas, como una textura pegajosa, mal olor o se siente pesada, probablemente cause irritación y no cumpla con el efecto esperado.

Los obstáculos de la pista de carreras

La piel se compone de diferentes capas, cada una con funciones específicas, pero con un objetivo en común: no dejar pasar fácilmente agentes extraños; aunque no lo parezca, cuando aplicas la crema sobre tu piel ocurren procesos complejos que permiten que el fármaco se absorba adecuadamente. A simple vista parece sencillo, pero es una verdadera carrera en miniatura.

¿Cómo actúa el fármaco si no puede atravesar tan fácilmente la piel?

La capa más externa de la piel, el estrato córneo, funciona como una pista construida con ladrillos perfectamente ordenados, con múltiples obstáculos que protegen la piel de daños físicos y químicos. Imagina que el piloto se presentará en la carrera del campeonato, donde sólo los mejores autos de cada categoría podrán participar. Si el auto es demasiado grande y pesado no podrá avanzar, algo muy similar ocurre con los fármacos de alto peso molecular, si son muy grandes no podrán atravesar el estrato córneo.

Es aquí donde interviene la nanotecnología para diseñar autos más pequeños. Ahora la historia cambia por completo, el piloto no va en un auto común, sino que viaja dentro de un auto inteligente, diseñado especialmente para esa pista difícil, lo que le permite ingresar fácilmente al estrato córneo e interactuar con los componentes naturales de tu piel. Estos autos no rompen la estructura sino que la recorren con capacidad e inteligencia para llegar a un punto específico del circuito y así cumplir su misión, ya sea reducir la inflamación, combatir bacterias o regular una respuesta del cuerpo.

No es cuestión de grandeza, sino de estrategia

Durante muchos años, aplicar un medicamento era como enviar un piloto a competir sin el auto adecuado y sin conocer la pista, lo que provocaba que una parte del fármaco se quedara en la superficie de tu piel, otra parte se degradara antes de iniciar la carrera y sólo una pequeña fracción llegaba al final. Sin embargo, no siempre es necesario ir de prisa, ni derribar todo obstáculo presente; la clave está en diseñar un auto con los componentes adecuados y necesarios. Por tanto, la próxima ocasión que uses una crema, recuerda que el éxito del tratamiento no depende únicamente de tener al mejor piloto, sino de contar con el auto indicado y tener un sistema perfectamente diseñado que trabaje en conjunto, ya que en el mundo de los medicamentos, ganar no es cuestión de fuerza o grandeza, sino de estrategia y precisión.



Figura. 1.
Elaboración propia
con asistencia de IA
ChatGPT libre.

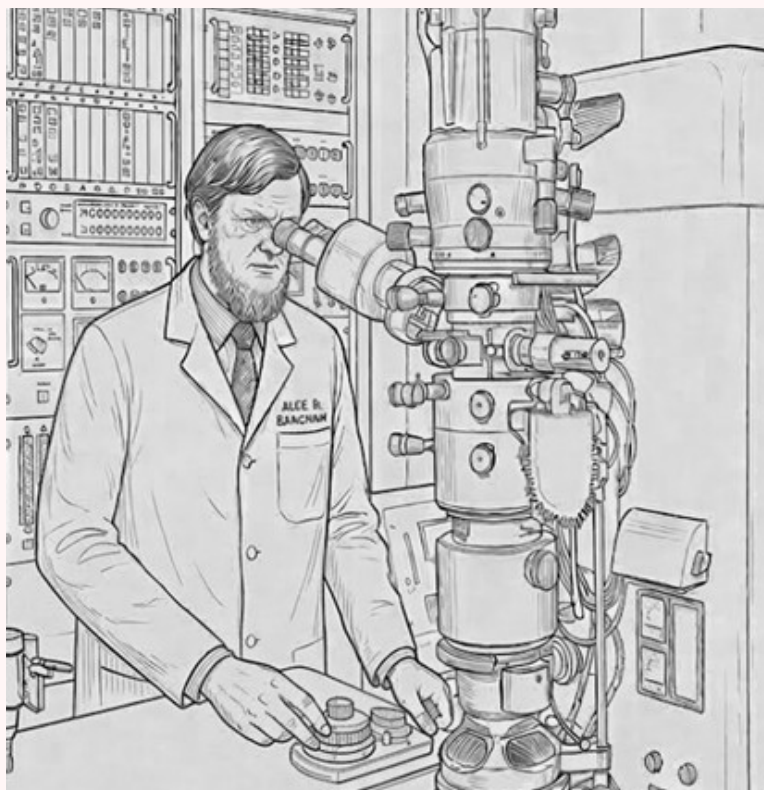
CUANDO LA GRASA SE ORGANIZA, EL ORIGEN DE LOS LIPOSOMAS

DALIA RAMOS GONZÁLEZ¹ Y
MARÍA JOSEFA BERNAD BERNAD²

Figura 1. Retrato artístico dibujado a mano, basado en la fotografía de Alec D. Bangham frente a un microscopio electrónico. Elaboración propia con asistencia de IA.

La curiosidad que inició la historia

Hace más de sesenta años comenzó una historia curiosa y un poco grasosa en el laboratorio de un científico llamado Alec D. Bangham (Fig. 1). Él se dedicaba a estudiar las membranas celulares del cuerpo y había un fenómeno que le llamaba especialmente la atención: cómo las células de la sangre, los eritrocitos, no se pegaban entre sí.



Para intentar explicar este comportamiento, Bangham decidió estudiar los componentes que forman las membranas celulares (Fig. 2), su idea era construir modelos artificiales que le permitieran entender cómo funcionan realmente estas delicadas barreras naturales.

Para lograrlo utilizó pequeñas cantidades de lípidos, moléculas parecidas a las grasas que componen la base de las membranas celulares. Algo curioso ocurría cuando estos lípidos entraban en contacto con el agua. En lugar de moverse libremente, las moléculas comenzaban a acomodarse por sí solas, de una manera organizada:

1 Programa de Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud de la UAM. Laboratorio de Farmacia Molecular y Liberación Controlada. Área Académica de Tecnología Farmacéutica. Departamento de Sistemas Biológicos. UAM-Xochimilco

2 Departamento de Farmacia. Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México.

primero formaban capas, luego bicapas y, poco a poco, esas bicapas se doblaban hasta cerrarse, generando estructuras esféricas. Eran como burbujas, pero de grasa (Fig. 3).

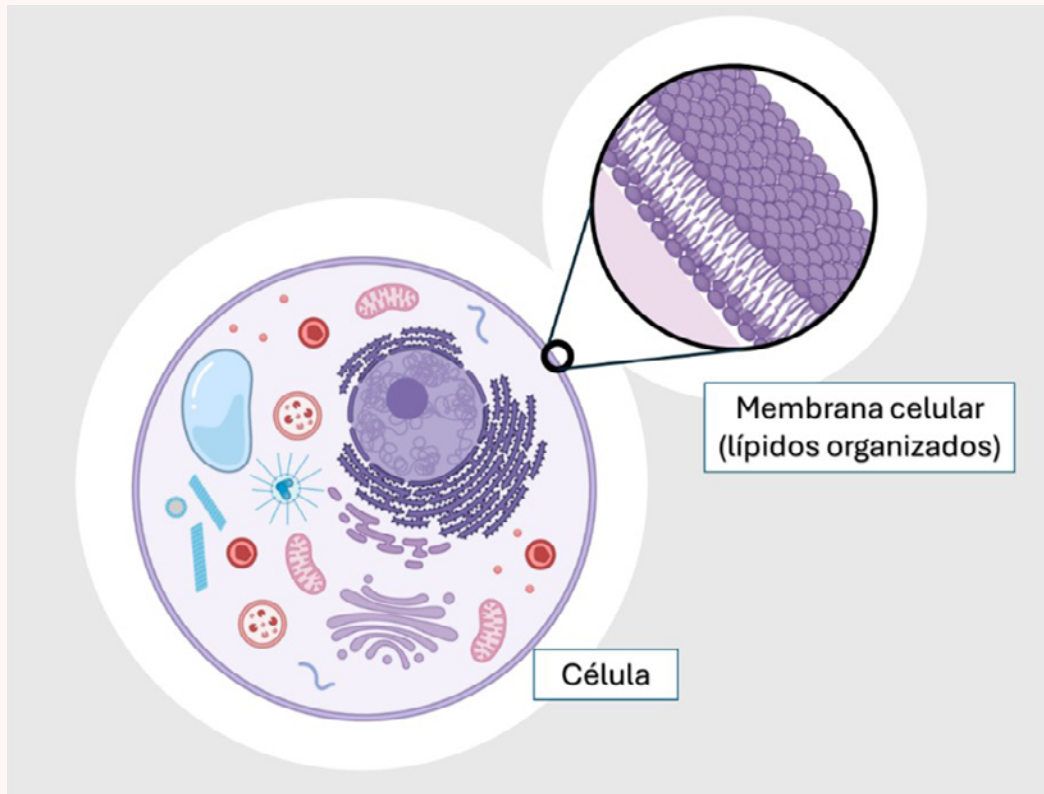


Figura 2. Ejemplo de la estructura de una célula y de cómo se visualizan los lípidos que conforman la membrana celular. Elaboración propia en bioRender.com.

Sin embargo, Bangham no sabía con certeza si lo que se formaba con los lípidos eran estructuras similares a las células. Sus experimentos parecían prometedores, pero algo que faltaba era poder mirar más de cerca las burbujas de grasa. Para su buena fortuna, en donde se encontraba trabajando llegó un microscopio electrónico, un instrumento capaz de revelar un mundo diminuto, un territorio invisible al ojo humano, donde esas estructuras, por fin, se dejaban ver.

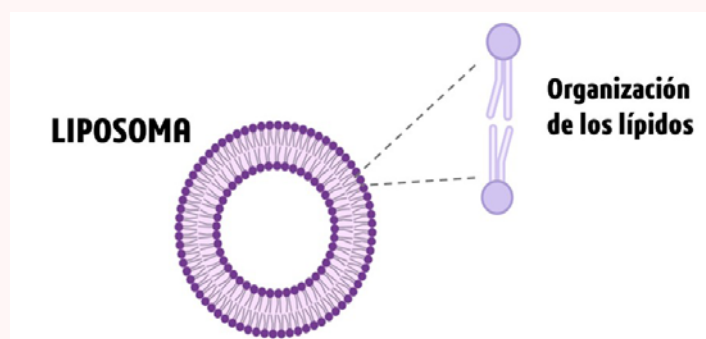


Figura 3. Moléculas anfipáticas de grasa (lípidos) que, unidas, forman esferas (liposomas) con bicapas similares a las membranas celulares. Elaboración propia en BioRender.com.

El nacimiento de unas pequeñas burbujas de grasa

Cuando observó estas estructuras bajo el microscopio, lo que Bangham vio fue sorprendente, aquellas pequeñas burbujas de grasa se formaron por una doble capa de lípidos casi idéntica a las membranas celulares. Sin duda había tenido éxito en su modelo de membrana. Sin saberlo en ese momento, había dado origen a algo nuevo: los liposomas.

En un principio, esos pequeños cuerpos de grasa se usaron principalmente para estudiar cómo funcionan las barreras biológicas. Sin embargo, entre los científicos comenzaban a surgir nuevas ideas sobre los posibles usos de estas estructuras. Pronto apareció una propuesta interesante, emplearlos como pequeños contenedores capaces de llevar moléculas dentro de los cuerpos de grasa.

La pregunta que surgió entonces fue inevitable, ¿y si estas burbujas de grasa pudieran transportar fármacos hasta su destino?

De curiosidad científica a herramienta médica

Pasaron varios años antes de que los investigadores lograran obtener medicamentos liposomales. Uno de los más conocidos es Doxil®, una formulación liposomal de doxorubicina, utilizada en el tratamiento del cáncer y recientemente también fueron empleados en dos de las vacunas contra la COVID-19.

Así los liposomas comenzaron a estudiarse en muchas partes del mundo, para poder conocer todo su potencial en la medicina. Sin embargo, tiempo después los científicos descubrieron que aquellas burbujas de grasa presentaban algunas limitaciones.

Una de las más importantes era su inestabilidad, ya que las burbujas podían juntarse entre sí y agregarse para formar burbujas más grandes. En otras ocasiones, el fármaco que transportaban se liberaba antes de llegar a su destino. Además, no podían atravesar fácilmente la piel, lo que dificultaba su uso en medicamentos tópicos, como pomadas o cremas.

Todo esto representaba un desafío importante para su aplicación terapéutica. Estas dificultades parecían poner en duda el futuro de estos sistemas transportadores, e incluso limitar el uso y desarrollo de los liposomas; sin embargo, la historia tomó otro rumbo. Mientras algunos pensaban que el interés por estos transportadores podría disminuir, muchos científicos comenzaron a imaginar estrategias para mejorarlos. Así surgieron versiones modificadas de estas

diminutas burbujas, más estables y versátiles, que con el tiempo darían origen a una extensa familia de transportadores basados en lípidos.

La evolución de las burbujas lipídicas

Uno de los primeros sistemas que surgieron de esas modificaciones fueron los etosomas. A simple vista son muy parecidos a los liposomas, pequeñas burbujas de grasa; sin embargo, contienen un ingrediente adicional que da origen a su nombre: el etanol. La presencia de este alcohol vuelve más flexible la membrana y facilita su paso por la piel.

Otros investigadores exploraron el uso de componentes naturales e incluyeron la glicerina, un ingrediente ampliamente utilizado por su capacidad para mantener la piel suave e hidratada. A estas nuevas burbujas se les dio el nombre de "glicerosomas". Gracias a este cambio, las vesículas mostraron una mayor estabilidad.

Más adelante surgieron los invasomas (Fig. 4), una versión mejorada de los etosomas, ya que también se incorpora el etanol para formar las burbujas, pero además del alcohol se agregan unos componentes conocidos como aceites esenciales.

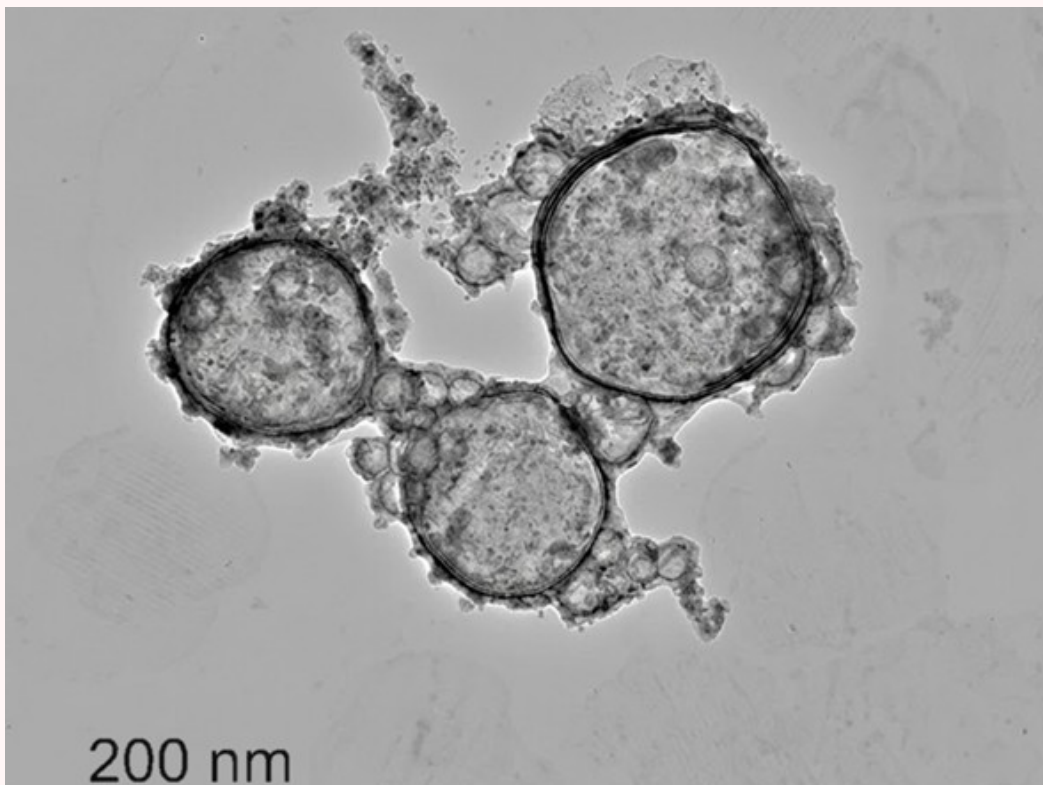


Figura 4.
Microscopía de
invasomas,
Elaboración propia.

Estos aceites se conocen como "esenciales" porque contienen los aromas que representan la esencia química de la planta de la que se obtienen. Por ejemplo, en los cítricos, se encuentra el limoneno, un componente que brinda el aroma cítrico, fresco y característico de la cáscara de limón o de la naranja. De manera similar, en otras plantas se encuentran otros aceites, como es el caso de la menta que contiene el mentol.

Al combinar estos aceites con el etanol para formar las burbujas lipídicas se logra aumentar su capacidad para atravesar la piel y tejidos del cuerpo. Esta característica ha permitido emplearlos para padecimientos como el cáncer, acné, inflamación, alopecia, infecciones, hipertensión, entre otros.

Hoy en día, esta familia de burbujas lipídicas forma parte de un campo en crecimiento dentro de la nanomedicina. Lo que comenzó como una observación curiosa bajo un microscopio terminó convirtiéndose en una tecnología capaz de transportar fármacos, proteger moléculas que sufren degradación y abrir nuevas posibilidades para el tratamiento de enfermedades.

Desde hace algunos años, en el Laboratorio de Farmacia Molecular y Liberación Controlada, de la UAM-X, se estudian algunos de estos sistemas, como los invasomas, con el objetivo de aportar nuevas estrategias para la administración de fármacos.

LA ODISEA DEL QFB, DEL MATRAZ A LA ESCALA NANOMÉTRICA

MARÍA ELENA LICONA MARTÍNEZ,
KIMBERLY ISABEL ESLAVA ORTIZ Y
ANGÉLICA HERRERA MEZA¹

Figura 1. María la Judía utilizando por primera vez la técnica del baño María. Imagen propia generada por IA Gemini 3 Flash. <https://gemini.google.com>

¹ Laboratorio de Farmacia Molecular y Liberación Controlada. Departamento de Sistemas Biológicos. Área Académica de Tecnología Farmacéutica. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

La transmutación de la herencia

Imagina que te encuentras en el antiguo Egipto. Estás en un pequeño taller de piedra, ves a una mujer con una túnica larga, te acercas y te das cuenta que es la primer mujer alquimista, María la Judía. Frente a ella hay algo desconocido. Observas con atención y descubres que es un "huevo filosófico", un recipiente de vidrio hermético de forma ovalada que protege una sustancia en su interior. Eso atrae más tu curiosidad y, al indagar un poco más, comprendes que eso permite la transmutación, ese sueño alquímico de convertir el plomo en oro, de transformar lo común en extraordinario. Aquel coloso diminuto todavía no existía, pero la idea de proteger algo frágil ya estaba naciendo.

La idea no desapareció, sólo cambió de manos y, siglos después, ese mismo principio continúa vivo. Los talleres de piedra se volvieron laboratorios iluminados, la alquimia se transformó en una ciencia rigurosa y el heredero intelectual del alquimista es alguien más. Hoy lo llaman químico farmacéutico biólogo (QFB), aunque fuera del laboratorio lo nombran simplemente como farmacéutico.



El nuevo alquimista del siglo XXI

Ese instante suspendido en el Laboratorio de Farmacia Molecular y Liberación Controlada, de la UAM Xochimilco, donde la nanopartícula no era más que una mezcla turbia y sin estructura definida, sometida a la mirada meticulosa del QFB que apostaba por su estabilidad final.

Hoy ha decidido diseñar un liposoma; puedes imaginarlo como una cebolla con muchas capas o simplemente como una pequeña burbuja que está compuesta por grasas, llamadas lípidos y en su interior hay un espacio donde puede alojar y proteger fármacos. Lejos de ser una estructura única, el liposoma forma parte de una extensa familia de diminutos portadores, llamadas nanopartículas, pero esa es otra historia que contar.

El uso de estas nanopartículas responde a la necesidad de transportar fármacos que, de otro modo, serían degradados por la acidez del estómago o atacados rápidamente por las células del cuerpo. Así, el fármaco logra una estancia prolongada y discreta en el cuerpo, operando bajo un principio de invisibilidad biológica que asegura su eficacia.

De la alquimia a la nanotecnología

Al igual que los antiguos buscadores de transmutaciones, el QFB del siglo XXI, evoca la imagen de un alquimista moderno.

En esta transición hacia la modernidad, los antiguos calderos han sido sustituidos por matraces de laboratorio, ya no trabaja en un taller como María la Judía, ahora formula en un laboratorio sofisticado, y su objetivo ya no es encontrar la piedra filosofal ni crear una poción para lograr la inmortalidad, sino estabilidad y precisión. La meta del QFB es diseñar estructuras biocompatibles que interactúen de forma segura con las células humanas; el profesional comprende que su deber no es formular por interés propio, sino transformar ese conocimiento en beneficio de la sociedad.

**Figura 2.**

EL QFB formulando sistemas lipídicos. Imagen propia generada por IA Gemini 3 Flash, <https://gemini.google.com>

Dicha responsabilidad ética se gestó mucho antes de cualquier experimentación, a través de años de rigor y disciplina académica. Si en la antigüedad figuras como María la Judía combinaban conocimiento filosófico y simbólico, el profesional actual integra diversas áreas, donde la Química, la Biología y la Farmacia dejaron de ser materias y se volvieron vocación. Gracias a esa formación, puede desenvolverse en distintos espacios, como laboratorios clínicos, áreas de control de calidad y centros de investigación.

La vocación por la nanotecnología farmacéutica se materializa en el trabajo cotidiano dentro del Laboratorio de Farmacia Molecular y Liberación Controlada. Allí se diseñan y evalúan nanopartículas, entre mezclas cuidadosas y pruebas precisas se revela su tamaño y estabilidad. Pero su magia no habita en los matraces, sino en su juicio; esa mirada crítica que permite decidir si vale la pena que una nanopartícula transporte un fármaco difícil de someter.

No es algo nuevo, mucho antes que existieran laboratorios como éste, María la Judía enfrentó dificultades similares. Tenía problemas al calentar sus preparados, y para solucionarlo puso un recipiente dentro de otro con agua caliente para que se calentara de forma suave e indirecta; de esta manera, nació el baño de María,

nombrado así en honor a su creadora. En la actualidad, el QFB enfrenta el mismo desafío, pero con equipos sofisticados. Ya no usan cacerolas, usan reactores, estufas y autoclaves con control digital de temperatura. El principio es exactamente el mismo: controlar el calor, proteger el fármaco y mantenerlo seguro.

El consejo de los gremios

Un gran cambio, desde los tiempos de María la Judía, hasta la modernidad del laboratorio, no sólo fueron los materiales o equipos de trabajo, sino la manera de trabajar. La labor del QFB está lejos de ser individual, pertenece a un consejo tan grande en donde distintos gremios unen su conocimiento para perfeccionar cada nanopartícula. Contrario a lo que podría suponerse, el diseño de estos sistemas no es un proceso silencioso, sino un debate técnico intenso.

El primero en opinar, casi siempre, es el gremio de los cartógrafos del cuerpo: los biólogos, quienes conocen los caminos por donde el fármaco debe de viajar. Sin sus mapas, sería como enviarlo a un territorio desconocido sin brújula. Para este gremio, la reducción del tamaño no es una decisión arbitraria, sino la estrategia necesaria para atravesar las barreras y rutas de transporte, evadiendo la detección inmunológica.

Después interviene el gremio de los forjadores de artefactos, aquí se encuentran los ingenieros. Cuando diseñan un equipo, lo hacen considerando el tamaño, la estabilidad y la integridad del fármaco transportado. Su prioridad es ajustar los parámetros en el equipo de laboratorio, asegurando que la nanopartícula mantenga su estructura y no se fragmente durante las etapas de fabricación.

Muy cerca de ellos se encuentra el gremio de los guardianes de la vida, integrado por médicos y otros profesionales de la salud, ellos deducen el lenguaje oculto de los análisis clínicos, saben qué tratamientos funcionan para un paciente y cuáles causan efectos secundarios. Tras analizar las propuestas de los demás gremios, su conclusión suele ser constante y definitiva: cualquier avance en nanotecnología pierde su propósito si, en última instancia, genera mayor malestar al paciente que los beneficios terapéuticos que pretende ofrecer.

Dentro del consejo se encuentra el QFB, quien actúa como el nexo que articula cada perspectiva. Su formación le permite comprender la química del fármaco y, al mismo tiempo, conectar los mapas biológicos con los diseños de ingeniería y las exigencias clínicas. Cuando estas disciplinas no trabajan en conjunto, el proceso se manifiesta como una transmutación incompleta de saberes, donde las ideas aún no se han fundido del todo y cada gremio intenta proteger lo que considera esencial. Hasta que encuentran un equilibrio en común, permiten que



Figura 3. La reunión del consejo de los gremios. Imagen propia generada por IA Gemini 3 Flash. <https://gemini.google.com>

el sistema trascienda su naturaleza física y se convierta en una estrategia terapéutica integral, nacida de la suma de todo el conocimiento compartido.

El mañana en un nanómetro

Es posible imaginar cómo María la Judía observaría con asombro el laboratorio moderno. Su pasión por el control de los elementos se ha transformado hoy en la capacidad de manipular estructuras de tamaño nanométrico, y la transmutación dejó de buscar oro en los metales, ahora lo encuentra en la calidad de vida.

Lo que en siglos pasados era inimaginable, hoy es una realidad tangible a través de sistemas tan diminutos como potentes. Como herederos de esa curiosidad, los QFB enfrentan hoy un mundo donde las enfermedades son cada vez más complejas; el profesional del mañana no sólo diseñará nanopartículas, sino que analizará la esencia única de cada persona para crear el mejor tratamiento.

Guiados por este propósito, los QFB son quienes transforman lo imposible en una realidad tangible, pues mientras exista alguien dispuesto a cruzar la frontera de lo desconocido, la alquimia de lo diminuto seguirá expandiéndose, transformando la vida, un nanómetro a la vez.

INNOVAR EN PEQUEÑO, EVALUAR A LO GRANDE

**FREDDY LEÓN ROMERO Y
XIMENA GARCÍA NOLASCO¹**

Cuando pensamos en un medicamento, normalmente imaginamos una tableta, una cápsula, un jarabe, algo que sólo necesita ser ingerido sin más, pero detrás de ese pensamiento se encuentra un mundo que ha ido cambiando en los últimos años, cambios grandes que empezaron desde lo más diminuto: la nanoescala. Hoy en día existen medicamentos que, a través de estos cambios, han sido diseñados para funcionar de forma distinta dentro de nuestro cuerpo, viajando a un destino específico, donde ya no hacen paradas que pueden causar daños o perderse en el camino, los llamamos nanomedicamentos.

Yo soy el ejemplo de uno de ellos. Me presento, mi nombre es doxorubicina y tengo una misión, combatir el cáncer. Durante años tuve éxito, logré acabar con las células enfermas, pero el precio de eso era elevado, pues mientras lo hacía también acabé con tejido sano y el mismo corazón, que no tenían nada que ver en esa batalla, y esto no era ningún secreto, todos lo sabían, pero por mucho tiempo no había otra salida.

Llegó el momento en el que alguien decidió que podría ser mejor, me tomaron y me envolvieron dentro de una esfera de lípidos diminuta, al punto de no poder ser vista, y así nació esta nueva versión de mí, llamada Doxil. Pero, antes de que pienses que soy diferente, déjame decirte que no es así, sigo siendo yo, pero ahora viajo de forma protegida, llegando al sitio al que debo actuar sin causar esos daños en el camino que hacía antes. En 1995 me convertí en el primer nanomedicamento en recibir una aprobación oficial y aunque sonaba a victoria, esto era el comienzo a un mundo que aún no sabía qué hacer conmigo, sin reglas claras para evaluarme y sin una forma de poder confirmar que era seguro. Aun así tuve que atravesar ese proceso y, sin buscarlo, fui dejando huella para todos los que vinieron después de mí, porque ese recorrido, el de demostrar que soy segura y que puedo repetirme sin cambiar, es el que hoy quiero contarte.

Mi historia en este proceso de evaluación comenzó cuando llegué al edificio de calidad y seguridad, me llevaron a la primera sala conocida como caracterización, aunque mis colegas le dicen "la sala donde los números

¹ Laboratorio de Farmacia Molecular y Liberación Controlada, del Departamento de Sistemas Biológicos, en el Área Académica de Tecnología Farmacéutica, de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

tienen memoria". Desde el momento en que crucé la puerta noté que alguien ya me esperaba, era mi creador, una figura humana con bata blanca encargado de entenderme y asegurar mi comportamiento, lo conocen como QFB. Mi creador me explicó que cada prueba y máquina tenían un propósito distinto, una daría a conocer mi tamaño y si era uniforme; otra buscaría mi forma para poder confirmar que la esfera de lípidos que me protegía estaba intacta, y la última evaluaría si podía mantenerme estable con el paso del tiempo sin perder mi función.



Figura 1.
Elaboración
propia.

Después de que me explicó lo que me harían para evaluarme, mi creador me llevó a una máquina que les diría mi tamaño. Me colocaron en una celda transparente y, sin previo aviso, un rayo de luz me atravesó. Me asusté; sin embargo, vi que esa luz era poderosa pero amigable, ya que dependiendo de cómo se propagaba la luz, la máquina calculaba qué tan grande soy y si mi tamaño era uniforme. Las partículas más pequeñas se mueven rápido y las más grandes se mueven lento, pueden ser diferencias mínimas, pero esos valores debían repetirse cada que me midieran, es decir, conocí el tamaño de todo lo que me compone.

Ahora que sabemos que soy pequeña, mi creador necesitaba observar con detalle mi forma. Me colocaron en una superficie delgada y de ahí se empezó a formar una fotografía de mí. Era tan pequeña que una cámara convencional no podía captarme y tampoco un microscopio que se usa en clase. Pero este era distinto, ya que tiene la capacidad de ver lo que el ojo humano jamás podría percibir, este microscopio es tan poderoso que en lugar de luz utiliza señales finas que recorren mi superficie, y así fue la primera vez que pude ver mi reflejo. Era una esfera casi perfecta rodeada de mi escudo protector de lípidos, me sorprendió mi forma y me causó curiosidad saber si todos los que son iguales a mí tienen mi forma o si sólo yo era el afortunado. Mi creador me explicó que no todas las esferas nacen iguales, algunas nacen deformadas o rotas y esas diferencias son las que cambian todo, ya que al estar dañada no me protegerían, por eso es importante conocer mi forma de cerca.

Una vez que conocieron mi forma y tamaño, tenía que pasar por la última evaluación, que para mí fue la más personal y larga. Aquí ya no pasaba ningún rayo de luz sobre mí, pero me hicieron esperar. Mi creador me dijo que me iba a someter a temperaturas a las que estaba acostumbrada; me expusieron a la luz, cuando toda mi vida la había evitado, y me dejaron ahí en esas condiciones, sin intervenir para saber si seguía teniendo el mismo comportamiento o cambiaba. Yo lo sentí como un reto porque debía demostrar que podía guardarme, transportarme y entregarme sin perder mi utilidad. Después de un tiempo venía mi creador a medir, a revisar si mi tamaño había cambiado, si mi reflejo de esfera había cambiado, si seguía intacta y si el fármaco que llevaba dentro seguía donde debía estar. Sólo debía mostrar que no cambiaba con el tiempo ante las adversidades, porque un nanomedicamento como yo debe ser confiable antes de llegar al paciente.

Ahora que ya conocieron mi tamaño, mi forma y que puedo ser estable, con el tiempo y ante cualquier adversidad, me llevaron a otra sala igual de exigente. La conocen como "la nanoficina". Esta vez no había máquinas, sólo documentos abiertos, guías marcadas y criterios que parecían escritos mucho antes de que yo existiera, pero algo era distinto, algunas páginas estaban en blanco,

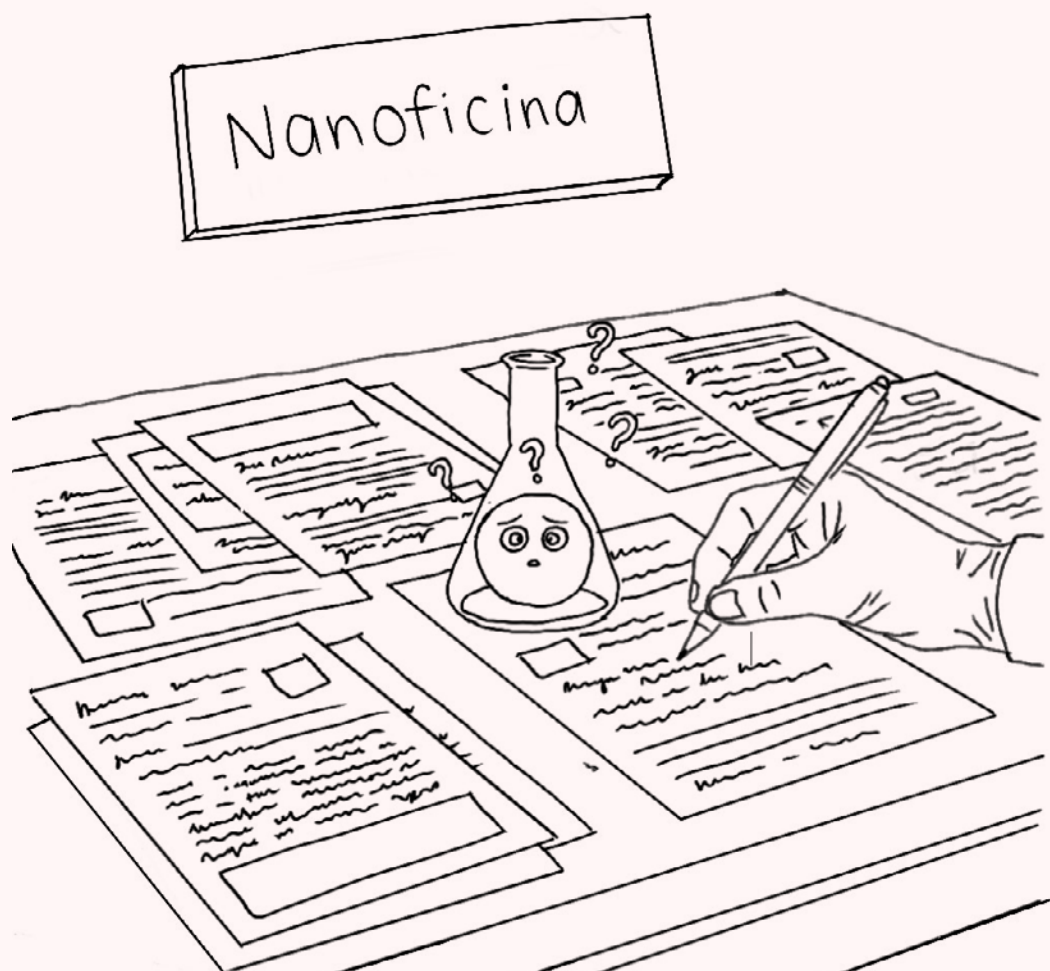


Figura 2.
Elaboración
propia.

otras tenían anotaciones que parecían preguntas sin respuesta, y entendí que no todo estaba resuelto antes de que yo llegara.

Mis antecesores, los medicamentos convencionales, sí tenían un camino trazado, años de normativas construidas a partir de errores y aprendizajes que ahora viven en reglamentos y guías internacionales. Yo no, era demasiado nuevo, demasiado distinto, y las reglas que existían no siempre sabían qué hacer conmigo. Mi tamaño cambió las cosas, mi comportamiento en el cuerpo no siempre sigue los patrones conocidos, y eso hace que evaluar mi calidad sea un ejercicio que todavía se está aprendiendo a hacer.

Al principio, eso me desorientó, pensé que sin un mapa completo nadie podría confirmar que era seguro, pero poco a poco entendí que esa ausencia no era abandono, era territorio nuevo. Cada prueba que superaba, cada dato que generaba, cada parámetro que se lograba definir a partir de mí, se convertía en un ladrillo de algo que aún estaba en construcción. No era el primero en in-

tentarlo, pero sí uno de los que estaba ayudando a escribir las reglas que otros seguirán en este camino. Ahí comprendí que la calidad en este mundo no es sólo cumplir con lo que ya existe, sino demostrar con evidencia lo que todavía no tiene nombre, y eso, aunque incierto, también es una forma de avanzar.

Cuando finalicé mi recorrido por el edificio de calidad y seguridad, me despedí de mi creador, pero le di las gracias ya que en este proceso entendí que las pruebas no eran sólo para mí. Cada número que aparecía en los equipos parecía contar una historia distinta y que el fin no era desconfiar de mí, sino confirmar que soy seguro al dejar el laboratorio. Cada medición hablaba también de la persona que algún día confiará en que funcione sin sorpresas, ya no se trataba de demostrar que era novedoso, sino de probar que podía comportarme igual una y otra vez, sin cambiar entre lotes ni perder el propósito de mi misión.

Comprendí que la calidad no es una etiqueta que se presume, sino una evidencia que se construye paso a paso. Las mediciones, las repeticiones y las desviaciones no buscan detenerme, buscan confirmar que puedo mantener lo que prometo cuando enfrento diversas condiciones. Estas reglas no existen para desconfiar de mí, de lo nuevo, sino para proteger a quien algún día dependerá de mí, porque antes de abrir la puerta hacia el paciente, tengo que demostrar que mi historia no cambia cada vez que vuelve a empezar. Esto es parte de mi aprendizaje en este recorrido, que innovar en pequeño no es más fácil, significa evaluar a lo grande.

VIAJE AL CEREBRO: CÓMO LA NANOTECNOLOGÍA BUSCA ATRAVESAR SUS BARRERAS DE FORMA SEGURA

**BETZABETH ANALÍ GARCÍA
MARTÍNEZ¹, OSWALDO CASTAÑEDA
HERNÁNDEZ² Y CAMILO RÍOS³**

¿Sabías que el cuerpo está diseñado para tener aislado al cerebro del resto de las sustancias que viajan en la sangre, incluyendo los medicamentos?

El cerebro es el órgano que controla todas las funciones del cuerpo humano. Imagina un día normal en tu vida: recuerdas qué desayunaste, aprendes algo nuevo en clase, te emocionas al recibir una buena noticia y decides qué hacer después. Todas estas acciones, tan distintas entre sí, tienen algo en común: están controladas por el cerebro.

Este órgano es responsable del pensamiento, del aprendizaje, de la resolución de problemas, de las emociones y de la memoria. Además, permite que podamos hablar, leer, escribir y realizar movimientos voluntarios. Debido a que es el centro de control del organismo, el cerebro necesita una protección especial, a la cual llamaremos barrera hematoencefálica, un sistema de alta seguridad que permite el paso de algunos nutrientes y sustancias necesarias desde los vasos sanguíneos hacia el interior de este órgano. Este sistema está compuesto por tres tipos de células que en conjunto buscan proteger al cerebro de sustancias dañinas, sin impedir la comunicación entre éste y el resto del cuerpo.

¿Cómo la barrera hematoencefálica protege al cerebro?

La barrera hematoencefálica funciona como un sistema de seguridad, similar al control de acceso en un aeropuerto cuando viajamos al extranjero. Pueden existir miles de sustancias que circulan por la sangre, o viajeros transitando por el aeropuerto, pero sólo los que cumplan con ciertos requisitos serán autorizados para entrar al cerebro, o al país que se desee visitar.

Uno de los principales guardias de la barrera hematoencefálica son las células que recubren los vasos sanguíneos cerebrales, éstas se encuentran unidas estrechamente, por lo que sólo permiten el paso de sustancias pequeñas o, grasosas (lipofílicas), o aquellas que cuentan con un transporte que facilite su entrada, e impiden el paso de compuestos grandes y solubles en agua.

1 Servicio de Neurociencias Básica, Laboratorio de Farmacología Traslacional, Instituto Nacional de Rehabilitación Luis Guillermo Ibarra Ibarra.

2 Departamento de Sistemas Biológicos, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

3 División de Neurociencias, Instituto Nacional de Rehabilitación Luis Guillermo Ibarra Ibarra.

Para asegurar el suministro de nutrientes esenciales, el cerebro utiliza transportadores que requieren energía, estructuras de las células que funcionan como la banda eléctrica de las maletas en los aeropuertos, e introducen sustancias, como la glucosa, desde la sangre hacia el interior del cerebro. Sin embargo, si una sustancia atraviesa esta primera barrera, el cerebro cuenta con un sistema de bombas de eflujo encargadas de expulsar a la circulación sanguínea todo aquello no aprobado. Tal como lo harían agentes de migración en el aeropuerto, que al observar un pasajero sospechoso es escoltado hacia la salida.

Este sofisticado mecanismo de protección representa un desafío en el diseño de medicamentos dirigidos a enfermedades del sistema nervioso central. Un fármaco no sólo debe ser lo suficientemente pequeño o tener afinidad por las grasas para cruzar la barrera, sino que también debe evitar ser reconocido y expulsado por los sistemas de defensa del cerebro, lo que convierte el desarrollo de terapias cerebrales en uno de los mayores retos.

¿La nanotecnología puede facilitar que lleguen los medicamentos al cerebro?

Sí, ya que pueden formar estructuras pequeñas que sirvan como aviones, en donde en lugar de transportar pasajeros contengan moléculas de fármacos que por sí solos no cumplirían con los requisitos para abordar.

Actualmente los científicos se han dado a la tarea de buscar materiales que pueden interactuar con el organismo sin producir efectos tóxicos (biocompatibles), pero que sirvan de vehículos para los fármacos. Dentro de las posibilidades podemos encontrar la combinación de metales con otras moléculas orgánicas para formar redes en donde sea guardado el fármaco. Esto tiene como ventaja que se utilizan metales que se encuentran de manera natural en el organismo, como el magnesio, el hierro, el zinc, el manganeso y el cobre, por lo que no generan daño y podrían utilizarse para llevar metales al cerebro, si fuera necesario, así como para hacer llegar el fármaco.

¿Hay metales en el cerebro? ¿No sólo se utilizan para las tuberías o en los cables?

El cerebro es uno de los órganos que dependen de manera importante del equilibrio adecuado de los minerales, y entre ellos se encuentran los metales. En el sistema nervioso los minerales forman parte de los andamios para la construcción de ciertas estructuras y son indispensables para la transmisión de señales nerviosas, así como para la producción de mensajes (neurotransmisores) que permiten la comunicación entre neurona y neurona. Además, for-

man parte de la tripulación de protección contra el daño generado por sustancias tóxicas altamente reactivas.

Sin embargo, el cerebro no está expuesto libremente a todos los minerales que se encuentran en la sangre, por la protección de la barrera hematoencefálica. Tanto el exceso como la deficiencia de minerales puede alterar la actividad neuronal y desarrollar enfermedades neurológicas.

¿Los metales pueden ser buenos y malos a la vez en el cerebro?

Pongamos un ejemplo: en condiciones normales, el cobre participa en la máquina que genera energía para la célula y así pueda trabajar cómodamente; es parte de los policías de defensa contra bombardeos y también produce mensajes para las neuronas. Sin embargo, cuando se acumula en exceso, deja de ser beneficioso y se vuelve tóxico, ya que por sí mismo puede generar bombas reactivas que dañan los andamios estructurales en la célula que mantiene viva. En el cerebro esto altera el funcionamiento de sus trabajadores (neuronas) y de las células que los protegen, lo que se traduce en síntomas como dificultades en el movimiento, temblores, alteraciones en el habla, cambios en el estado de ánimo y problemas de memoria.

Pero no sólo el exceso es dañino. Los científicos han encontrado en cerebros de pacientes con enfermedad de Parkinson que tienen poco cobre, comparado con los cerebros de donadores que no tuvieron ese padecimiento. Por otra parte, niños que no cuentan con el vehículo para trasladar el metal por todo el organismo (enfermedad de Menkes) tienen problemas neurológicos, retraso del crecimiento, un tipo de cabello particular, e incluso tienen poca esperanza de vida. Esto refleja la importancia del equilibrio químico de los iones metálicos, debido a que el cerebro necesita cobre para funcionar, pero en cantidades precisas y bajo control estricto.

¿La seguridad de los nanomedicamentos se prueba en personas?

No, una vez que se obtienen los nanomedicamentos, éstos deben cumplir con pruebas para garantizar su seguridad. Antes de usarlos en personas, los científicos deben caracterizarlos cuidadosamente, similar a como en un aeropuerto se inspecciona el equipaje: se revisa el contenido, tamaño y peso, para asegurarse de que cumple con las reglas antes de permitirle continuar el viaje. A los nanomedicamentos se les revisa el tamaño, la forma y la composición química, entre otras características, para conocerlo cabalmente.

Una vez que se tiene una carta de presentación del nanomedicamento, se realizan pruebas en células cultivadas en el laboratorio (*in vitro*). El tipo de célula

que se utilice dependerá del objetivo del estudio. En nuestro laboratorio utilizamos neuronas, que son células que encontramos en el cerebro, así como hepatocitos, las células del hígado; importantes porque son las encargadas de eliminar muchos fármacos o metales, como el cobre. En esta etapa el investigador busca identificar si el nanomaterial promueve la muerte de las células, si es capaz de generar bombas que alteren los andamios de estructura, si puede ser captado o si genera un daño más profundo en el corazón de la célula (núcleo).

Si los resultados son buenos, se realizarán pruebas en modelos animales (*in vivo*), en donde los científicos observarán desde el peso corporal del animal, pruebas de sangre semejante a la de los humanos cuando vamos al laboratorio; se vigilan todos los órganos donde pueda acumularse, el tiempo que requerirá para eliminarse y muchas variables más. El tipo de prueba a realizar dependerá de las propiedades del material y del uso que se le quiera dar.

Es importante mencionar que existen agentes regulatorios que orientan a los científicos sobre qué pruebas deben realizar; además los agentes regulatorios participan en el análisis de los resultados de los científicos, para determinar la seguridad y eficacia del producto.

Después del arduo trabajo de un equipo conformado por una gran variedad de científicos y de cumplir con las pruebas antes mencionadas, el nanomedicamento podrá ser utilizado por las personas que inspiran la mejora de las terapias: los pacientes.



Figura 1.
Elaboración propia
con asistencia de IA
ChatGPT libre.

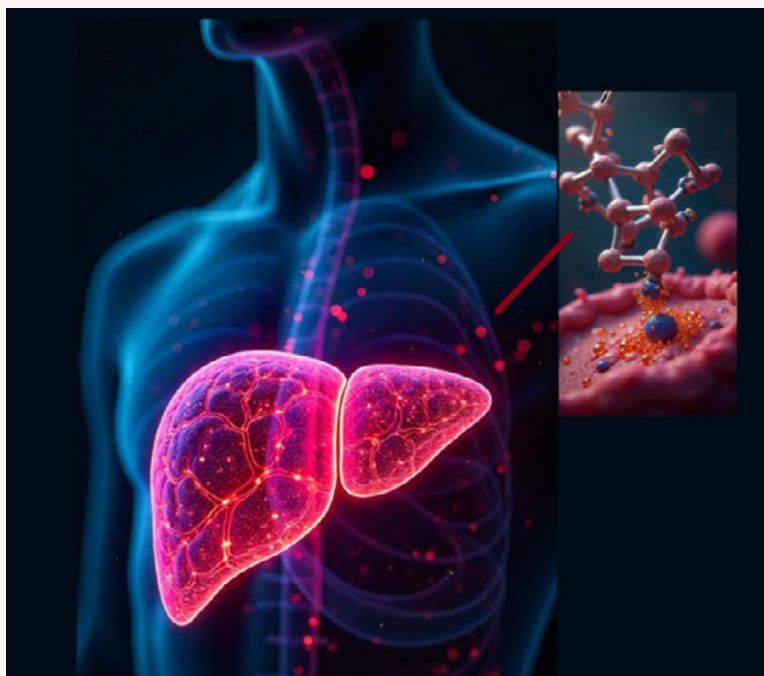
DISEÑAR LA ARQUITECTURA INVISIBLE: MATERIALES HÍBRIDOS COMO ALTERNATIVAS FARMACÉUTICAS

JAVIER AGUILA ROSAS^{1,2}
FRANCISCO J. CANO¹
CARLOS T. QUIRINO BARREDA²
ENRIQUE LIMA¹

Figura. 1. Ejemplo de interacción de estructuras con entornos complejos como el cuerpo humano. Elaboración propia con asistencia de IA Pilxr.

¿Sabías que?

Durante mucho tiempo, la ciencia de materiales se concentró en descubrir nuevas sustancias: compuestos más resistentes, más ligeros o duraderos. Hoy la pregunta ha cambiado. Ya no se trata únicamente de qué material podemos crear, sino cómo podemos diseñarlo para que funcione de manera específica en entornos complejos, como un ser vivo y que interactúe con fluidos, tejidos u órganos (Fig. 1).



La investigación contemporánea en este campo ha transitado hacia el diseño de arquitecturas capaces de dialogar con su entorno. Ya no basta con conocer la composición química, es necesario comprender cómo la estructura, la superficie y la mecánica del material determinan su comportamiento. Bajo esta perspectiva, un conjunto de investigaciones entre la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, y el Instituto de Investigaciones en Materiales, de la Universidad Nacional Autónoma de México, han sido desarrolladas con un mismo objetivo: entender y diseñar materiales cuya función en un entorno biológico surja directamente de su arquitectura. Lo significativo de estas colaboraciones no radica únicamente en

1 Laboratorio de Físicoquímica y Reactividad de Superficies (LaFREs), Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México,

2 Laboratorio de Farmacia Molecular y Liberación Controlada, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco,

la suma de especialidades, sino en que cada investigador aporta una perspectiva distinta que converge en crear una alternativa farmacológica.

Este trabajo estudia materiales especiales llamados estructuras metal-orgánicas (MOF). Estas estructuras pueden funcionar como pequeñas "cajitas" que guardan sustancias y luego las liberan poco a poco (Fig. 2). Gracias a esto, podrían ayudar en la salud, por ejemplo, permitiendo que algunos fármacos o metales como oligoelementos (zinc, cobre, hierro) actúen en el cuerpo de forma controlada. A lo largo de estas líneas de trabajo persiste una continuidad conceptual: la estructura gobierna la función y la interacción biológica.

Pequeñas arquitecturas con grandes posibilidades

Para comprender esta aproximación, conviene imaginar el diseño de materiales como una forma de arquitectura invisible. A escala molecular, cada átomo ocupa una posición precisa, cada enlace determina un ángulo, cada cavidad define un espacio donde algo puede ocurrir.

En este contexto, las MOF están formadas por iones metálicos conectados mediante moléculas que actúan como puentes. El resultado es una red cristalina altamente ordenada y porosa, algo similar a una esponja tridimensional diseñada con precisión. Lo que hace particularmente interesantes a las MOF es su versatilidad estructural. Es posible modificar el tipo de metal, cambiar la longitud, ajustar el tamaño de los poros o dejar espacios capaces de interactuar directamente con otras moléculas. Cada una de estas decisiones es, en realidad, una decisión de diseño.

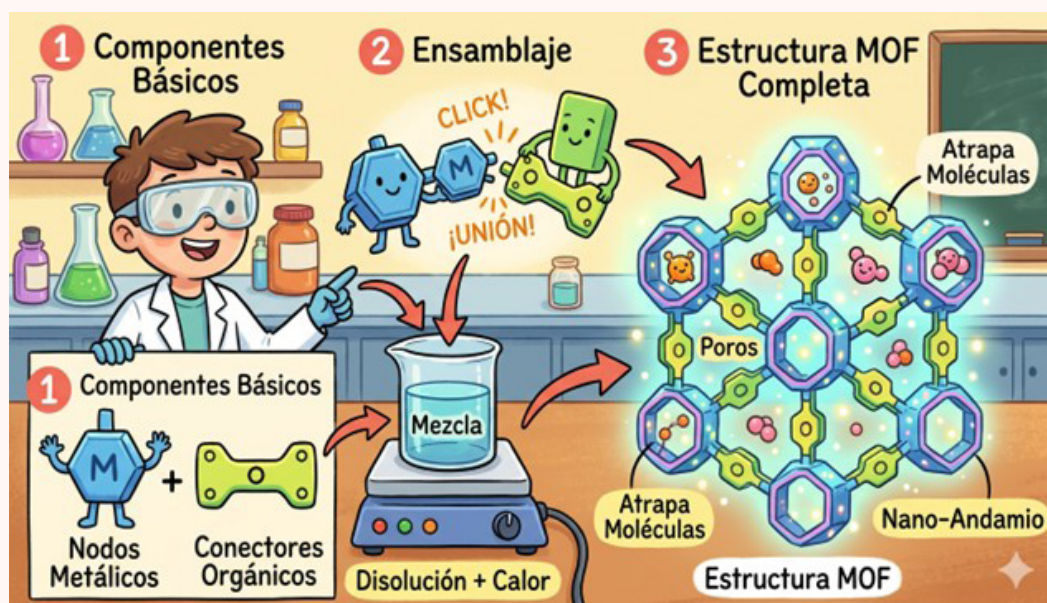


Figura. 2. Ejemplo de la formación de una MOF y espacio para huéspedes. Elaboración propia con asistencia de IA Gemini.

Estructuras nombradas en el mundo científico como MOF-74, ZIF-8 o MIL-53, entre otras, han permitido estudiar cómo la forma, el tamaño y la química superficial influyen en la interacción con moléculas huésped. Estos materiales no son simplemente contenedores, son sistemas activos cuya arquitectura determina cómo capturan y cómo liberan los fármacos que guardan en su interior (Fig. 3).

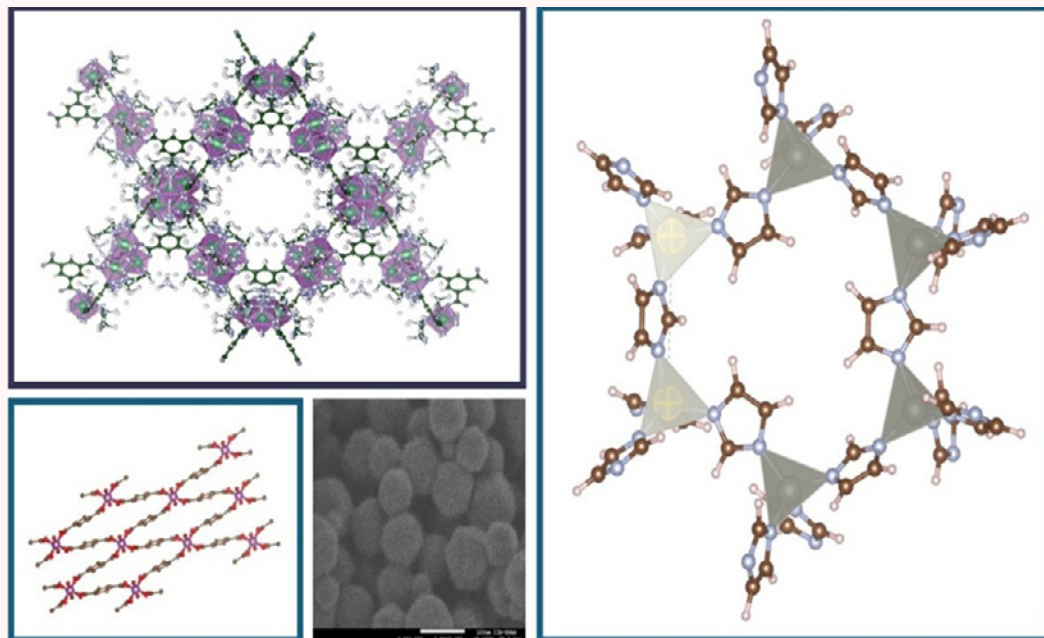


Figura. 3. Ejemplos de la arquitectura real de las MOF visualizadas a través de programas que permiten ver la estructura cristalina y por microscopia que nos permite observar la forma. Elaboración propia.

Cuando el material se convierte en mediador biológico

Uno de los avances más significativos de esta colaboración ha sido trasladar estos principios estructurales a los ámbitos biológico y biomédico. Al introducir fármacos antiinflamatorios, antibióticos o antioxidantes en estas redes, se abre una nueva opción terapéutica con varias ventajas: protección de las moléculas activas, mejor aprovechamiento del fármaco y la posibilidad de dirigir su acción hacia zonas específicas. De esta manera se podrían mejorar los tratamientos, reducir la cantidad de medicamento y disminuir algunos efectos secundarios.

Por ejemplo, si ponemos un fármaco que combate bacterias, como la linezolid, dentro de una MOF, este material funciona como una pequeña "casa" con muchos huecos (Fig. 4). Ahí el fármaco se guarda y sale poco a poco para luchar contra las bacterias. La actividad terapéutica no es resultado exclusivo del fármaco, sino del sistema completo: formado por la MOF-molécula-entorno biológico.

De manera similar, se han creado MOF hechas con cobre, que pueden liberar este metal poco a poco. El cobre es muy importante para que nuestro cuerpo funcione bien, pero demasiado puede ser dañino. Gracias a la interacción con la sangre (fluido acuoso), el cobre se libera justo en la cantidad correcta, a la vez que se destruye la estructura. Así, la MOF actúa como "un guardia" que cuida que el metal ayude al cuerpo sin hacernos daño, al evitar que se acumule en el hígado, órgano que se encarga de desintoxicarnos de ciertos metales.

A través de este cambio de perspectiva, el material deja de ser un soporte pasivo y se convierte en un agente que participa en los procesos biológicos.

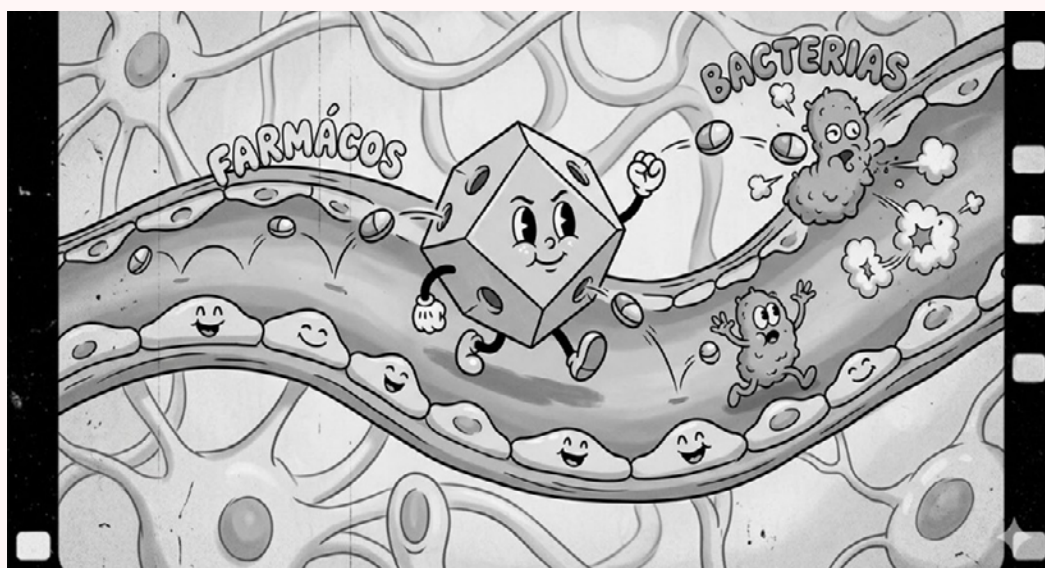


Figura 4. Ejemplo de la interacción y liberación de fármacos transportados por una MOF para eliminar bacterias. Elaboración propia con asistencia de IA Gemini.

Más allá de las MOF: continuidad y expansión

La posibilidad de crear materiales que interactúen de forma controlada con escenarios complejos, como los seres vivos, abren la puerta a terapias más precisas, liberación dirigida de fármacos y nuevas estrategias para cuidar nuestra salud.

Recientemente, la investigación se ha extendido a otros campos como la suplementación nutricional veterinaria y en cultivos vegetales. Al principio puede parecer algo diferente, pero en realidad es la misma idea: se diseñan "cajitas" especiales que contienen los elementos químicos que cada animal o planta necesitan, y los liberan de forma que les ayuden a mantenerse sanos.

Y aunque las MOF han sido el eje central, el trabajo no se ha limitado a éstas, teniendo en cuenta otro tipo de sistemas, como las hidrotalcitas, óxidos metálicos o nanopartículas de oro, como transportadores de fármacos. Por

lo que continúa la exploración de los nanomateriales bajo el mismo principio: combinar componentes para generar propiedades terapéuticas que resuelvan algunos de los problemas de salud presentes en nuestro país.



Figura 5. Alumnos de la UAM sintetizando MOF como transportadores de suplementos nutricionales veterinarios y vegetales. Elaboración propia con asistencia de IA Gemini.

NANOMATERIALES ADSORBENTES, PEQUEÑOS ALIADOS CONTRA LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

FRANCISCO J. CANO,
JAVIER AGUILA-ROSAS Y
ENRIQUE LIMA¹

Agua, el motor silencioso de tu salud

El agua es la base de la civilización y el componente esencial de la vida. Sin embargo, actualmente, este recurso vital se ha convertido en uno de los principales vehículos de enfermedades a nivel mundial. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), *el consumo de agua contaminada y el saneamiento deficiente están vinculados a la transmisión de enfermedades como el cólera, la disentería, la hepatitis A y la fiebre tifoidea* (ONU, 2021). Pero más allá de las bacterias, existe una amenaza invisible y silenciosa, los contaminantes químicos.



A medida que las zonas urbanas, como la Ciudad de México, se expanden y las actividades industriales y agrícolas se intensifican, nuestros ríos, lagos y mares reciben una carga creciente de sustancias tóxicas. Metales pesados como el arsénico y el plomo, junto con contaminantes emergentes, como los residuos de fármacos y microplásticos (partículas de plástico menores a 5 milímetros, derivadas de la degradación de envases, bolsas o tubos), se filtran en los depósitos de agua. Estos compuestos no sólo degradan los ecosistemas, sino que ingresan en la cadena alimenticia y, eventualmente, en el organismo humano, donde actúan como sustancias que desequilibran hormonalmente o como agentes cancerígenos (Fig. 1).

¹ Laboratorio de Físicoquímica y Reactividad de Superficies (LaFReS), Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México, Francisco J. Cano: francisco.cano@materiales.unam.mx y Enrique Lima: lima@iim.unam.mx.

Ante esta crisis, que afecta de manera desproporcionada a comunidades vulnerables, la ciencia de materiales ha dado un paso al frente mediante el diseño de nanomateriales adsorbentes, una herramienta más eficiente para purificar el agua y proteger la salud.

El desafío de lo invisible, contaminantes que persisten

Las plantas de tratamiento de agua convencionales fueron diseñadas principalmente para eliminar materia orgánica y agentes patógenos. No obstante, son ineficaces frente a moléculas de tamaño microscópico que se encuentran en concentraciones de partes por billón. Imaginémonos intentar atrapar granos de arena fina con una red de pesca para tiburones; así de ineficientes son los métodos tradicionales ante los contaminantes modernos.

Entre estos "enemigos invisibles" destacan los metales pesados. El plomo, por ejemplo, funciona como una neurotoxina que afecta el desarrollo en niños, mientras que el arsénico, presente de forma natural en muchos pozos de México, está vinculado a lesiones en la piel y cáncer de vejiga. Por otro lado, la presencia de antimicrobianos en el agua contribuye al crecimiento de bacterias resistentes, un problema de salud pública que se cataloga como una de las mayores amenazas para la humanidad.

El proceso de adsorción, un "imán" químico

Es común confundir absorción con adsorción, pero la diferencia es vital para la ingeniería de materiales. Mientras que en la absorción una sustancia ingresa en el interior de un cuerpo (como el agua en una esponja), en la adsorción el contaminante sólo se pega a la superficie del nanomaterial que lo va a retener (Fig. 2).

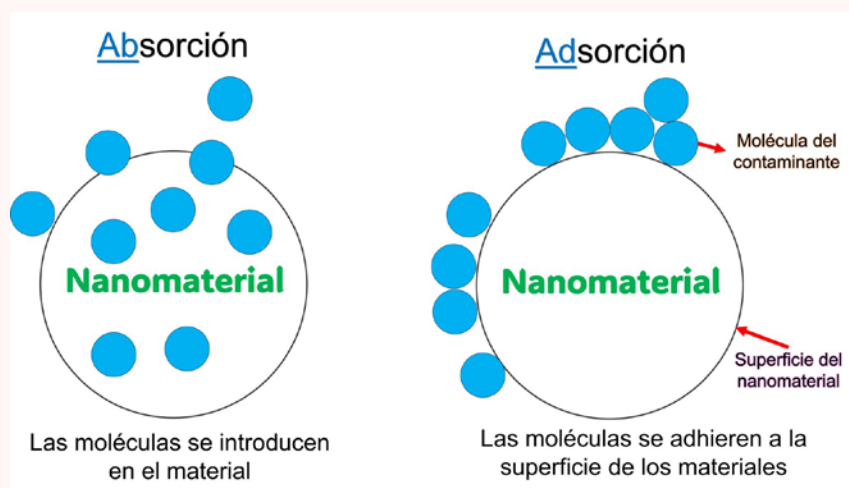


Figura. 2. Esquema didáctico que diferencia la absorción (relleno) de la adsorción (superficie). Elaboración propia.

Los nanomateriales adsorbentes funcionan mediante distintas interacciones. Podemos imaginar la superficie de una nanopartícula como si estuviera cubierta de velcro. Los científicos podemos diseñar estos materiales para que sean selectivos; es decir, podemos añadir moléculas específicas que actúen como llaves que sólo encajan con ciertos contaminantes. De este modo, el nanomaterial puede ignorar minerales no tóxicos como el calcio, y "cazar" selectivamente iones de mercurio, moléculas de paracetamol, o cualquier otro contaminante.

Tipos de nanomateriales: nuestra caja de herramientas

En la Ciudad de México, diversos laboratorios trabajan diariamente diseñando soluciones a escala nanométrica para problemas de salud global. Uno de ellos, es el Laboratorio de Fisicoquímica y Reactividad de Superficies (LaFReS), que combina la química, la física y la ingeniería para "cocinar" nuevos materiales que funcionan como verdaderas esponjas inteligentes.

Para enfrentar la contaminación del agua, hemos desarrollado una "caja de herramientas nanotecnológicas" que se divide principalmente en tres familias de materiales, cada una con un "superpoder" diferente (Fig. 3).



Figura 3. Caja de herramientas nanotecnológicas desarrollada en el LaFReS-IIM para purificar el agua. Diferentes familias de nanomateriales capturan diversos tipos de contaminantes presentes en el agua. Elaboración propia con asistencia de IA Gemini para el diseño inicial, posteriormente editado.

Imanes microscópicos, nanopartículas y óxidos metálicos

¿Se imaginan poder atraer la contaminación como si usáramos un imán de cocina? Eso es precisamente lo que logramos con los óxidos metálicos, como la magnetita. Estos materiales son tan pequeños que no se ven a simple vista, pero tienen una afinidad asombrosa por metales tóxicos como el arsénico y el plomo.

Lo más fascinante es su capacidad de respuesta, una vez que estas partículas han "atrapado" al contaminante en el agua, simplemente acercamos un imán potente al contenedor. De forma casi mágica todas las partículas viajan hacia el imán, arrastrando consigo la toxicidad y dejando el agua limpia. Esto no sólo purifica el líquido, sino que nos permite recuperar el material para usarlo una y otra vez, evitando generar más basura.

Las redes del futuro, materiales basados en carbono

El carbono es el mismo elemento que forma la punta de un lápiz o un diamante, pero a nanoescala se transforma en estructuras asombrosas como los nanotubos o el grafeno. Nosotros aprovechamos que estos materiales son extremadamente ligeros y porosos.

Si pudiéramos "estirar" una pequeña pizca de estos polvos de materiales de carbono, cubriríamos áreas equivalentes a varios campos de fútbol. Esta inmensa superficie está llena de huecos donde quedan atrapadas moléculas complejas, como los pesticidas o los colorantes que la industria textil desecha. Son, en esencia, las redes de pesca más finas y resistentes que la ciencia puede fabricar.

La combinación de dos mundos, nanocompuestos híbridos

A veces, un solo material no es suficiente. Por ello, diseñamos materiales híbridos o inteligentes. Imaginemos que tomamos una estructura natural y amigable con el ambiente y le insertamos las nanopartículas magnéticas o los tubos de carbono que mencionamos antes.

El resultado es un material de vanguardia, más estable, fácil de manejar en filtros caseros y totalmente biodegradable. Estos híbridos representan la cúspide de nuestra investigación, ya que permiten capturar múltiples tipos de contaminantes al mismo tiempo, protegiendo la salud de quienes beben agua en zonas donde no hay grandes plantas de tratamiento.

Impacto en la salud, de la teoría a la prevención

La implementación de estos materiales tiene un impacto directo en la salud pública. Al eliminar metales pesados en la fuente de suministro, se reduce la incidencia de enfermedades crónicas renales y hepáticas. En el caso de los contaminantes emergentes, la eliminación de hormonas residuales en el agua previene alteraciones en el sistema reproductivo y endocrino (hormonal).

Un aspecto crítico en nuestra investigación es la nanotoxicología. No tendría sentido limpiar el agua con materiales que resulten tóxicos para el ser humano. Por ello, apostamos por la "síntesis verde", utilizando procesos de bajo impacto ambiental para fabricar nanomateriales seguros por su diseño. Esto garantiza que su uso no comprometa la salud de los consumidores ni de los ecosistemas.

Hacia un futuro sostenible

Aun con los avances, el camino del laboratorio a la implementación masiva enfrenta retos. La producción de estos materiales debe ser económicamente competitiva y su integración en las plantas de tratamiento existentes requiere voluntad política y una colaboración integral; sin embargo, la promesa es clara: la nanotecnología nos permite repensar nuestra relación con el agua.

Ya no se trata sólo de filtrar partículas visibles, sino de intervenir a nivel molecular para deshacer el daño ambiental. En un mundo donde el agua limpia es cada vez más escasa, los nanomateriales no son sólo un objeto de estudio académico, son pequeños aliados que protegen nuestra salud y aseguran el bienestar de las próximas generaciones.

Agradecimientos

Estancia posdoctoral realizada gracias al Programa de Becas Posdoctorales (Posdoc), de la Universidad Nacional Autónoma de México. Este trabajo fue apoyado por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (Secihti), México (CBF2023-2024-227).



FORTALECER VINCULAR APOYAR



SUPLEMENTO

COORDINACIÓN DE VINCULACIÓN Y
FORTALECIMIENTO ACADÉMICO

12. SECFE 2025: UNA SEMANA PARA PENSAR LAS FINANZAS, IMAGINAR PROYECTOS Y EMPRENDER DESDE LA UNIVERSIDAD EMILIO HUERTA HERREMAN	61
13. NODOX: VINCULACIÓN QUE TRANSFORMA TRAYECTORIAS JESSICA VANESSA ÁLVAREZ LÓPEZ	67
14. LAS IDEAS TAMBIÉN SE PROTEGEN: UN RECORRIDO POR LA PROPIEDAD INDUSTRIAL Y EL DERECHO DE AUTOR MTRA. VERÓNICA CASTRO BLANCO	70
15. INVESTIGADORAS E INVESTIGADORES POR MÉXICO: COLABORACIÓN CON IMPACTO SOCIAL NOEMÍ ULLOA LONA	76
16. EL MENSAJE DEL MUNICIPIO DE SANTA MARÍA TLAHUITOLTEPEC A UNA UNIVERSIDAD QUE ESCUCHA. UNA ENTREVISTA CON EL MAESTRO ALBERTO ADHEMAR CARVAJAL GUTIÉRREZ JESSICA ÁLVAREZ LÓPEZ	81

INTRODUCCIÓN

FRANCISCO HÉCTOR CHAMORRO
RAMÍREZ¹

Estimada comunidad universitaria:

Bienvenidos a esta nueva entrega del suplemento *Fortalecer, Vincular, Apoyar*, de la Coordinación de Vinculación y Fortalecimiento Académico (cvFA), de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. En las páginas de la revista *Enlaces Xochimilco*, este espacio se ha consolidado como una vía de comunicación entre los integrantes de nuestra Unidad y sirve como un testimonio de la capacidad para construir redes colaborativas entre nuestra comunidad.

En esta ocasión, presentamos con agrado el trabajo de los cuatro espacios de la cvFA: la Oficina de Desarrollo Académico; la Oficina de Personas Egresadas, Bolsa de Trabajo y Movilidad; la Oficina de Gestión de Recursos y Emprendimiento, y la Oficina de Vinculación con los Sectores Público, Privado y Social.

El artículo "Investigadoras e investigadores por México", presentado por la licenciada Noemí Ulloa Lona, es un acercamiento al programa de la Secretaría de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación, que tiene el objetivo de fomentar la investigación y la innovación para atender problemáticas de prioridad nacional. Para comprender el impacto de esta iniciativa, conversaron con una investigadora por México en la UAM Xochimilco, quien lidera un proyecto enfocado en la búsqueda de estrategias para desarrollar aditivos naturales para rumiantes, que permitan mejorar la productividad y la conservación del ambiente. En este artículo encontrarás por qué esta actividad tiene alcances científicos y sociales, ya que promueve una ganadería responsable y es una estrategia de primer mundo. Además, la investigadora por México nos comparte su experiencia dentro de la UAM Xochimilco y el gran potencial de desarrollo que ha alcanzado durante este periodo de trabajo.

Compartimos, además, que la transición de la vida universitaria a la profesional es un momento decisivo en la construcción de proyectos de vida. En el artículo "NODOX: vinculación que transforma trayectorias", presentado por la maestra Jessica Álvarez López, te contamos cómo la

¹ Coordinador de Vinculación y Fortalecimiento Académico

UAM Xochimilco acompaña a su comunidad estudiantil en este proceso. Mediante el impulso de NODOX: Feria de Empleo, Práctica Profesional y Servicio Social, se articulan la formación integral con la realidad social y las demandas del mercado laboral, que benefician a los estudiantes y egresados asistentes, así como a las empresas que se dan cita para ofrecer orientación y oportunidades de empleabilidad. En este artículo se profundiza en cómo NODOX se ha convertido en una plataforma esencial de convergencia entre el compromiso institucional y las expectativas vocacionales.

No dejamos de lado que pocas cosas son tan valiosas como las ideas que cambian el mundo, desde una innovación tecnológica hasta una obra de arte; la creatividad humana es el motor que transforma nuestra vida diaria. En el artículo "Las ideas también se protegen: un recorrido por la propiedad industrial y el derecho de autor", la maestra Verónica Castro Blanco nos guía a través de los procesos de protección del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) y el Instituto Nacional del Derecho de Autor (Indautor), con la finalidad de comprender cómo proteger "todo lo que hacemos". Este recorrido, además de mostrar la importancia de proteger las invenciones y la creatividad, es un incentivo para continuar desarrollando ideas que transformen nuestro mundo.

El maestro Emilio Huerta Herreman nos comenta cómo la adquisición de competencias en educación financiera y emprendimiento se vuelve crucial para las nuevas generaciones. Su artículo, "SECFE 2025: una semana para pensar las finanzas, imaginar proyectos y emprender desde la universidad", es un recuento de la exitosa jornada llevada a cabo en la Unidad Xochimilco, de la Universidad Autónoma Metropolitana. El texto detalla la consolidación de la Semana de la Cultura, Educación Financiera y Emprendimiento (SECFE) como un espacio de encuentro y reflexión para la comunidad universitaria. Aspectos como el manejo responsable del dinero, comprensión básica de las finanzas y el espíritu emprendedor, entendido como un impulsor de ideas, fueron aspectos clave en el desarrollo de este evento. Seguramente, al leer este artículo identificarás el papel de la universidad en la promoción de la autonomía económica y la capacidad de transformar ideas en proyectos reales con impacto social y económico.

En este suplemento, igualmente encontrarás un relato fascinante sobre el profundo encuentro entre un grupo universitario y una comunidad del estado de Oaxaca, en el artículo "El mensaje del municipio de Santa María Tlahuitoltepec a una Universidad que escucha", desarrollado por la maestra Jessica Álvarez López, quien conversó con el maestro Alberto Adhemar Carvajal Gutiérrez, profesor de la Unidad Xochimilco. Es una experiencia que invita a la transformación mutua, donde el equipo académico decidió acercarse, sin más expectativas que escuchar y colaborar. Aunque este enfoque buscó la des-

concentración, llevó a un convenio formal de colaboración. Es una experiencia humilde que invita a despojarse del saber autoritario y a asumir el reto de la crianza mutua, reconociendo que educar es abrir los ojos y empezar a hilar.

Finalmente, estoy seguro de que encontrarás interesantes, las experiencias de quienes llegan a nuestra Unidad, de quienes conviven dentro de ella y de quienes salen en búsqueda de vinculación con la finalidad de crecer, de mejorar, de aportar y de construir. Nuestra tarea en la cvFA es brindar el acompañamiento y el apoyo que contribuyan al fortalecimiento de nuestra comunidad universitaria durante el desarrollo de sus actividades sustantivas. Los invitamos a leer esta colaboración para comprender la trascendencia de estos trabajos.

Francisco Héctor Chamorro Ramírez
Coordinador

SECFE 2025: UNA SEMANA PARA PENSAR LAS FINANZAS, IMAGINAR PROYECTOS Y EMPRENDER DESDE LA UNIVERSIDAD

EMILIO HUERTA HERREMAN¹

En un contexto marcado por la incertidumbre económica, los cambios en el mercado laboral y la creciente necesidad de desarrollar habilidades más allá del aula, la educación financiera y el emprendimiento se han convertido en herramientas cada vez más relevantes para la formación de las nuevas generaciones. Con esta perspectiva, la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco (UAM-X), a través de la Coordinación de Vinculación y Fortalecimiento Académico (CVFA) y la Coordinación de Educación Continua (CEC), celebró, del 13 al 17 de octubre de 2025, la Semana de la Cultura, Educación Financiera y Emprendimiento (SECFE), un espacio de encuentro, reflexión y aprendizaje dirigido a la comunidad universitaria.



¹ Oficina de Gestión de Recursos y Emprendimiento.

Durante cinco días el estudiantado, personas egresadas, personal docente y público en general participaron en conferencias, talleres, concursos y actividades de vinculación que abordaron temas clave para comprender y gestionar mejor los temas económicos de la vida cotidiana. Más allá de las cifras o los conceptos técnicos, la SECFE se consolidó como un espacio para reflexionar sobre la relación entre el conocimiento universitario, la autonomía económica y la capacidad de generar proyectos propios.

Finanzas para la vida cotidiana

Las actividades académicas de la semana giraron en torno a un tema central, la importancia de desarrollar una cultura financiera desde la etapa universitaria. A través de distintas conferencias y talleres, tanto especialistas como ponentes abordaron temas como el manejo responsable del dinero, el ahorro, la elaboración de presupuestos personales y la comprensión básica de las finanzas, así como también temas importantes para los emprendimientos en cualquier etapa, ofreciendo herramientas prácticas para enfrentar los desafíos económicos de la vida adulta.

Uno de los aspectos más relevantes de estas sesiones fue su enfoque accesible, ya que las finanzas con frecuencia se perciben como un campo complejo o reservado para especialistas; sin embargo, ahora fueron presentadas como un conjunto de conocimientos indispensables para cualquier persona, independientemente de su disciplina o profesión. En este sentido, la educación financiera se planteó como una habilidad transversal que contribuye al bienestar individual, a la toma de decisiones informadas y a una mejor planeación para el futuro.



La participación de la comunidad universitaria reflejó el interés que despiertan estos temas. A lo largo de las sesiones se registró la asistencia de 337 participantes, quienes encontraron en estas actividades un espacio para dialogar sobre las realidades económicas que enfrenta el alumnado y en general todas las personas profesionistas en la actualidad.

Emprender desde la universidad

Otro de los ejes centrales de la semana fue el impulso al emprendimiento como una vía para transformar ideas en proyectos con impacto social y económico. En este marco se presentó la convocatoria "UAM-X Emprende: Impulsa tu idea", una iniciativa que buscó reconocer y apoyar las diversas propuestas innovadoras surgidas dentro de la comunidad universitaria.

La convocatoria tuvo una respuesta significativa, ya que cerca de 50 proyectos fueron registrados, provenientes de distintas áreas del conocimiento y con enfoques diversos, desde propuestas tecnológicas hasta iniciativas orientadas al desarrollo social y cultural. Este amplio registro evidenció el potencial creativo del estudiantado y de las personas egresadas, así como el interés creciente por explorar el emprendimiento como una alternativa para el desarrollo profesional.

Tras el proceso de evaluación, los proyectos Xocoqui, Mihub y Voo Calzado fueron reconocidos con los primeros lugares. La premiación de estos proyectos no sólo representó el reconocimiento al esfuerzo y la creatividad de sus participantes, sino también un mensaje claro sobre la importancia de impulsar la innovación y la iniciativa dentro del ámbito universitario.



Un espacio de encuentro con el ecosistema emprendedor

El cierre de la SECFE estuvo marcado por la Feria de Emprendimiento y Servicios Financieros, un espacio donde la comunidad universitaria tuvo la oportunidad de interactuar directamente con emprendedores, instituciones financieras y organizaciones dedicadas al desarrollo económico.

Durante la feria participaron veinte emprendimientos, de distintos giros, y ocho instituciones financieras, entre ellas organismos públicos, aseguradoras y entidades dedicadas al ahorro y la inversión. Esta diversidad permitió mostrar a los estudiantes distintas rutas posibles para el desarrollo de proyectos productivos y para el acceso a herramientas financieras.

La feria también incluyó actividades paralelas que dieron un gran dinamismo al evento, tales fueron los concursos de matemáticas y ajedrez, así como espacios de *networking*, donde los participantes pudieron intercambiar ideas, compartir experiencias y generar posibles colaboraciones. Estos momentos de interacción resultaron particularmente valiosos, ya que permitieron construir puentes entre la comunidad universitaria y actores del entorno económico y social.



Aprender, vincular y construir un futuro

Más allá de cada actividad en particular, la SECFE 2025 evidenció la importancia de generar espacios dentro de la Universidad donde se aborden temas que, siendo fundamentales para la vida cotidiana, muchas veces no forman parte de los programas académicos tradicionales.

La educación financiera y el emprendimiento no sólo aportan herramientas prácticas, sino que también fortalecen la autonomía de las personas, fomentan la creatividad y abren nuevas posibilidades para el desarrollo profesional. En un momento histórico en el que las trayectorias laborales son cada vez más diversas y cambiantes, contar con estas competencias resulta especialmente relevante.

Al mismo tiempo, iniciativas como la SECFE juegan un papel importante, ya que sitúan a la Universidad como un eje que promueve la vinculación entre la comunidad, instituciones externas y la sociedad, donde se promueve la vinculación, se fomenta la innovación y se crean espacios donde las ideas puedan transformarse en proyectos reales.



Una invitación a participar

La experiencia de la SECFE 2025 dejó ver el entusiasmo y la participación activa de la comunidad universitaria, así como el potencial que existe dentro de la UAM-X para desarrollar iniciativas que integren conocimiento, creatividad e impacto social.

De cara al futuro, esta experiencia abre la puerta a nuevas oportunidades para fortalecer la cultura financiera y el espíritu emprendedor dentro de la comunidad universitaria. Por ello, se extiende una invitación al estudiantado, personas egresadas, al personal docente y a toda la comunidad de la UAM-X a participar en la emisión 2026 de la Semana de la Cultura, Educación Financiera y Emprendimiento, un espacio que continuará promoviendo el aprendizaje, el intercambio de ideas y la construcción de proyectos con impacto social.

La SECFE busca consolidarse como un punto de encuentro donde las ideas universitarias puedan transformarse en iniciativas reales, demostrando que la educación financiera y el emprendimiento no sólo forman parte del mundo económico, sino también del compromiso universitario con la innovación, el desarrollo y el bienestar colectivo, porque las universidades no sólo son lugares donde se transmite conocimiento, sino también son espacios donde surgen ideas, se construyen proyectos y se imaginan futuros posibles.

NODOX: VINCULACIÓN QUE TRANSFORMA TRAYECTORIAS

JESSICA VANESSA ÁLVAREZ LÓPEZ¹

La transición entre la vida universitaria y el mundo profesional no es únicamente un trámite administrativo, ni un requisito curricular: es un momento decisivo en la construcción de proyectos de vida. Con esa visión, la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, impulsa NODOX: Feria de Empleo, Práctica Profesional y Servicio Social, un espacio que consolida la vinculación efectiva entre la comunidad universitaria y los diversos sectores sociales y productivos.

En su edición más reciente, NODOX 2025, el Centro Cultural UAM Xochimilco se transformó en un nodo de encuentro dinámico, donde más de sesenta empresas, organizaciones e instituciones instalaron módulos informativos para dialogar directamente con estudiantes y personas egresadas interesadas en oportunidades laborales, prácticas profesionales y programas de servicio social. A lo largo de la jornada, los asistentes recorrieron los pasillos, compartieron currículos, formularon preguntas y, sobre todo, ampliaron su horizonte de posibilidades.

Un puente entre formación académica y realidad profesional

NODOX no es solamente una feria de reclutamiento. Es un dispositivo estratégico de articulación que materializa uno de los principios fundamentales del modelo educativo de la UAM Xochimilco: la formación integral vinculada con la realidad social. En este sentido, la feria funciona como un puente tangible entre los saberes construidos en las aulas y los escenarios donde esos conocimientos se aplican, se ponen a prueba y generan impacto.

La diversidad de perfiles profesionales presentes en la feria refleja la amplitud de campos que abarca la Unidad Xochimilco. Desde organizaciones del sector salud y proyectos comunitarios, hasta empresas del ámbito tecnológico, industrial, cultural y de servicios; la oferta permitió que estudiantes de distintas divisiones académicas encontraran opciones acordes con sus intereses y trayectorias.

¹ Oficina de Personas Egresadas, Bolsa de Trabajo y Movilidad.

Este cruce entre oferta y talento no sólo favorece la empleabilidad inmediata, sino que también fortalece la construcción de redes profesionales tempranas. El intercambio directo con reclutadores y representantes institucionales brindó información clave sobre competencias demandadas, tendencias del mercado laboral y oportunidades emergentes, elementos que enriquecen la toma de decisiones académicas y profesionales.

Experiencia formativa más allá del aula

Uno de los rasgos distintivos de NODOX es su carácter integral. Además de los módulos de vinculación, la programación incluye conferencias, charlas y espacios de orientación profesional enfocados en el desarrollo de habilidades transversales, como elaboración estratégica de currículos, preparación para entrevistas, fortalecimiento de la marca personal y análisis del entorno laboral contemporáneo.

Estas actividades complementarias permiten que la Feria no se limite al acto de “entregar un CV”, sino que se convierta en una experiencia formativa en sí misma. Para muchos estudiantes, el primer acercamiento con un entorno de reclutamiento puede resultar desafiante; NODOX ofrece un espacio seguro y universitario donde ensayar ese proceso, recibir retroalimentación y ganar confianza.

Vinculación con sentido social

En consonancia con el compromiso histórico de la UAM Xochimilco con la transformación social, NODOX promueve la participación de organizaciones del sector público y de la sociedad civil, así como proyectos con impacto comunitario. Esta pluralidad de actores permite que el estudiantado identifique espacios donde su formación pueda incidir directamente en la mejora de condiciones sociales, ambientales y culturales.

El servicio social, concebido como un componente formativo y de responsabilidad social, encuentra en la Feria un espacio privilegiado de articulación. Los estudiantes pueden conocer de primera mano los objetivos de distintos programas, los perfiles requeridos y las problemáticas que se atienden, fortaleciendo así la dimensión ética y social de su práctica profesional.

Cifras que hablan de una comunidad activa

La alta participación registrada en la edición 2025 confirma la pertinencia y la necesidad de este tipo de iniciativas. La asistencia de miles de estudiantes, egresadas y egresados evidencia un interés sostenido por construir trayectorias laborales sólidas desde etapas tempranas de su formación.

Por su parte, la presencia de más de sesenta empresas, organizaciones e instituciones refleja la confianza que diversos sectores depositan en la calidad académica y el perfil profesional de la comunidad UAM-X. Este reconocimiento externo no sólo valida el trabajo formativo de la Institución, sino que también fortalece su posicionamiento como referente académico comprometido con la realidad social.

NODOX como nodo estratégico institucional

El nombre del evento no es casual. NODOX evoca la idea de conexión, de punto de convergencia donde múltiples líneas se entrecruzan para generar nuevas rutas. En términos institucionales, la Feria representa un nodo estratégico de vinculación que articula docencia, investigación, servicio y proyección social.

En un entorno laboral caracterizado por la constante transformación tecnológica y organizacional, la creación de espacios de diálogo directo entre universidad y empleadores resulta fundamental. NODOX permite actualizar expectativas, identificar áreas de oportunidad y consolidar alianzas que pueden derivar en proyectos colaborativos, convenios y programas de formación dual.

Proyección a futuro

Más allá de su periodicidad anual, NODOX se consolida como una plataforma permanente de encuentro y construcción de oportunidades. Su continuidad y fortalecimiento responden a la necesidad de acompañar a la comunidad universitaria en cada etapa de su trayectoria profesional, desde la exploración inicial hasta la inserción laboral formal.

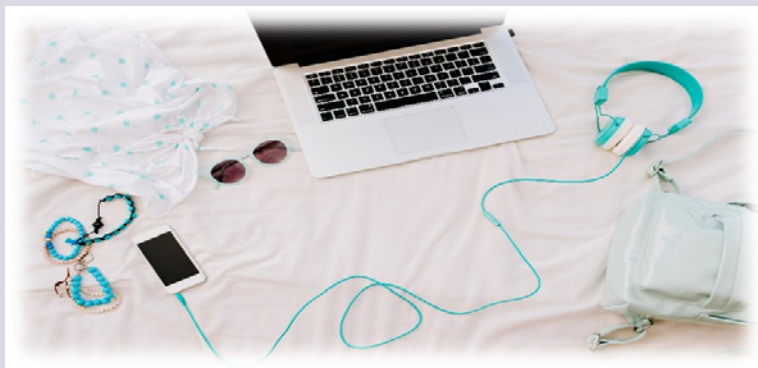
En un contexto donde la incertidumbre puede marcar el ingreso al mercado de trabajo, iniciativas como ésta reafirman el compromiso institucional de la UAM Xochimilco con el desarrollo integral de su estudiantado. La formación académica adquiere así una dimensión práctica y estratégica, en la que el conocimiento dialoga con la experiencia y se proyecta hacia escenarios concretos de acción.

NODOX no es únicamente una fecha en el calendario universitario, es un espacio donde convergen expectativas, vocaciones y proyectos de vida. En cada conversación sostenida, en cada currículo entregado y en cada vínculo establecido, se dibuja la posibilidad de un futuro profesional que nace en el campus y se expande hacia múltiples territorios.

LAS IDEAS TAMBIÉN SE PROTEGEN: UN RECORRIDO POR LA PROPIEDAD INDUSTRIAL Y EL DERECHO DE AUTOR

VERÓNICA CASTRO BLANCO¹

¿Alguna vez te has preguntado qué tienen en común una vacuna, el guion de tu película favorita y el celular que tienes en la mano? A simple vista, nada. Pero si analizamos con detenimiento, todos comparten algo fundamental: son resultado de la creatividad humana, ideas que alguien imaginó, desarrolló y convirtió en algo que hoy forma parte de nuestra vida cotidiana.



Las ideas deben ser protegidas y para esto existe lo que universalmente conocemos como propiedad intelectual, un conjunto de herramientas legales que buscan reconocer y resguardar el trabajo creativo y tecnológico de las personas. En México, esta protección se gestiona principalmente a través del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) y el Instituto Nacional del Derecho de Autor (Indautor). Aunque a veces se confunden, cada uno protege tipos distintos de creaciones.

Pero antes de entrar en detalles, vale la pena hacer un pequeño viaje por la historia.

De recetas antiguas a la OMPI

La idea de proteger las creaciones no es nueva. De hecho, se remonta a más de dos mil años. En el año 500 a. C., en la ciudad griega de Síbaris, si un cocinero inventaba una receta particularmente exitosa, se le otorgaba un año de exclusividad para explotarla. Interesante ¿no?

La protección formal llegó siglos después. En 1474, la República de Venecia promulgó lo que se considera la primera ley de patentes del mundo. Más adelante, en 1710,

¹ Oficina de Gestión de Recursos y Emprendimiento.

el Estatuto de la Reina Ana, en Inglaterra, estableció el primer marco legal para proteger los derechos de autor.

Con el tiempo todos estos inventos comenzaron a cruzar fronteras y surgió la necesidad de protegerlos también a nivel internacional. Así nacieron acuerdos como el Convenio de París (1883), que permitió extender la protección de los inventos más allá del país donde se crearon, y el Convenio de Berna (1886), que sentó las bases modernas del derecho de autor.

Hoy, gran parte de esta coordinación internacional se realiza a través de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), con sede en Ginebra. Su labor garantiza que los principios establecidos a finales del siglo XIX sigan orientando la protección de las ideas en distintos países.

En el contexto de esta evolución global, la historia de la protección en México también tiene raíces profundas. Desde el Reglamento sobre la Libertad de Imprenta y Propiedad Literaria, de 1846, hasta la Constitución de 1917, cuyo artículo 28 reconoce los derechos de autores e inventores. Posteriormente, en la década de 1990, surgieron las dos instituciones que actualmente gestionan esta protección, el IMPI y el Indautor.

El papel del IMPI: proteger la innovación

El Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial es el organismo encargado de administrar el sistema de propiedad industrial en México, protege las figuras relacionadas con la innovación tecnológica y la identidad comercial, como son las patentes, los modelos de utilidad, los diseños industriales y las marcas.

Patentes



Las patentes son, quizás, la figura más conocida. Protegen invenciones completamente nuevas y otorgan a su creador el derecho exclusivo de explotación

durante un tiempo determinado. Para que una invención pueda patentarse debe cumplir tres condiciones fundamentales.

- Novedad: que no exista previamente en ningún lugar del mundo.
- Actividad inventiva: que no resulte obvia para un experto en la materia.
- Aplicación industrial: que pueda producirse o utilizarse en alguna actividad económica.

La protección de una patente dura 20 años y no puede renovarse.

Modelos de utilidad

Los modelos de utilidad protegen mejoras funcionales realizadas a objetos que ya existen. No se trata necesariamente de inventar algo completamente nuevo, sino de introducir una modificación que mejore su funcionamiento. Un ejemplo sencillo sería un clip con recubrimiento plástico que evita manchar los documentos o dañar el papel, aquí la innovación está en la mejora. Su vigencia es de 15 años sin posibilidad de prórroga.

Diseños industriales

En este caso lo que se protege es la apariencia estética de un objeto, no su funcionamiento técnico. Existen dos categorías.

- Modelos industriales: formas tridimensionales, como la botella de un perfume.
- Dibujos industriales: diseños bidimensionales, como el estampado de una tela.

La protección inicial es de cinco años, pero puede renovarse por periodos iguales, hasta alcanzar un máximo de 25 años.

Marcas

Las marcas forman parte de los llamados signos distintivos. Son los nombres, logotipos o combinaciones de elementos que permiten distinguir un producto o servicio de otro dentro del mercado.

Su registro tiene una vigencia de 10 años, pero puede renovarse indefinidamente. Sin embargo, al tercer año de haberla registrado se debe presentar una declaración de uso, confirmando que la marca realmente se utiliza.

Es importante recordar un principio clave de la propiedad industrial, el principio de territorialidad. Esto significa que el registro otorgado por el IMPI sólo tiene validez dentro del territorio mexicano. Además de que su vigencia, en caso de que otorguen el registro, comienza a partir del ingreso de la solicitud.



Un ejemplo de innovación mexicana

Uno de los casos más representativos en la historia de la innovación en México, es el del ingeniero mexicano Guillermo González Camarena. En 1940 registró la patente de su Sistema Tricromático Secuencial de Campos, una tecnología que permitió transmitir televisión a color. Su sistema fue tan eficaz que incluso fue utilizado por la NASA en misiones espaciales para transmitir imágenes a color. Su caso demuestra que registrar una invención no es sólo un trámite, sino una forma de reconocer y proyectar el talento creativo.

El otro lado de la creatividad: el derecho de autor

Mientras que el IMPI protege la innovación tecnológica y comercial, el Instituto Nacional del Derecho de Autor se encarga de proteger las obras artísticas y literarias. Aquí entran creaciones como libros, canciones, pinturas, fotografías, guiones cinematográficos y programas de cómputo, por mencionar algunos.

A diferencia de las patentes, en el derecho de autor la protección nace automáticamente desde el momento en que la obra queda plasmada en un soporte material, ya sea papel, lienzo o un archivo digital. El registro ante el Indautor no crea el derecho, pero sí funciona como una protección legal frente a terceros, que deriva en dos tipos de derechos para los autores.

- Derechos morales: reconocen el vínculo permanente entre el autor y su obra, es decir, nadie puede quitarle el crédito de haberla creado.
- Derechos patrimoniales: permiten explotar económicamente la obra, por ejemplo, mediante su venta, reproducción o distribución.

En México, la protección dura toda la vida del autor y 100 años más después de su muerte.

Nuevos retos: la creatividad y la inteligencia artificial

Hoy la tecnología plantea preguntas que hace unas décadas parecían ciencia ficción. Si una obra es creada por un sistema de inteligencia artificial, ¿quién es el autor? La legislación actual establece que sólo las personas físicas pueden ser consideradas autoras o inventoras. Esto significa que, cuando una obra es generada completamente por una máquina, surge un debate legal que todavía está en desarrollo.

Este tipo de preguntas ya se discuten en universidades, centros de investigación y organismos internacionales, que seguramente forman parte de las discusiones internas sobre las posibles transformaciones al sistema de propiedad intelectual.

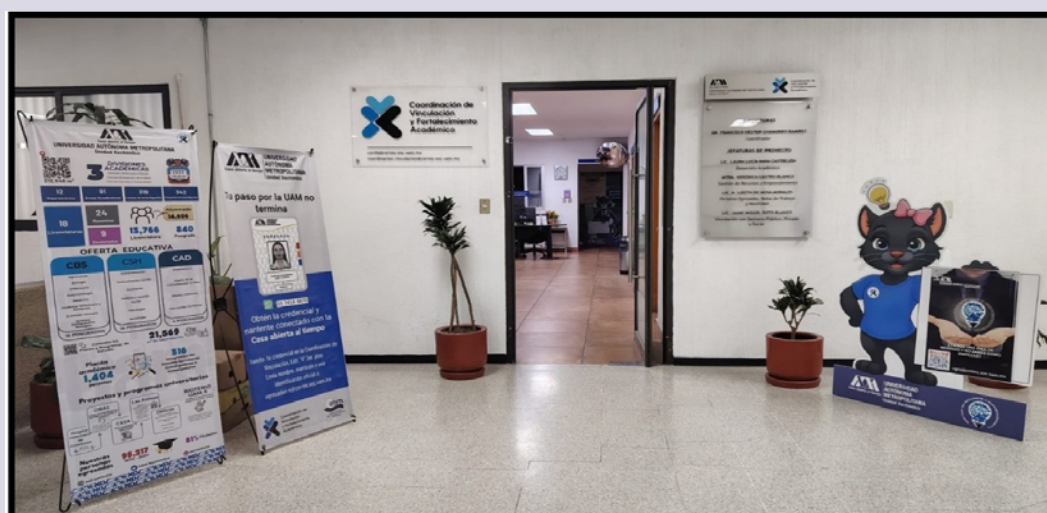
¿Por qué debería importarnos todo esto?

Puede ser que para muchos la Propiedad Intelectual sea un tema lejano o lleno de trámites; sin embargo, está mucho más presente en nuestra vida diaria de lo que imaginamos. Cada vez que usamos un celular, abrimos una aplicación, escuchamos música en línea o consumimos productos, estamos interactuando con ideas que alguna vez fueron creadas por alguien y que, en muchos casos, están protegidas por estas figuras legales. La propiedad intelectual no es sólo un conjunto de documentos, es también una forma de reconocer la creatividad humana y de incentivar que nuevas ideas sigan transformando nuestro mundo.

¿Tienes algo que proteger?

Si después de leer esto te quedaste pensando en una idea, un proyecto o una creación que podría protegerse, no estás solo. En la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, existe acompañamiento para este tipo de procesos.

Puedes acercarte a la Coordinación de Vinculación y Fortalecimiento Académico, específicamente a la Oficina de Gestión de Recursos y Emprendimiento, donde podrás recibir orientación sobre cómo iniciar un trámite de protección. También puedes escribir al correo ogre@correo.xoc.uam.mx para resolver tus dudas y dar el primer paso para proteger tu creatividad.



INVESTIGADORAS E INVESTIGADORES POR MÉXICO: COLABORACIÓN CON IMPACTO SOCIAL

NOEMÍ ULLOA LONA¹

El Programa de Investigadoras e Investigadores por México, antes llamado Programa de Cátedras Conacyt para Investigadores Jóvenes, inició en el año 2014 con el objetivo de fomentar la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación, atendiendo problemáticas de prioridad nacional a través de la contratación de jóvenes investigadores especialistas en distintas áreas del conocimiento, los que serían comisionados a instituciones receptoras en proyectos hasta por diez años. Inicialmente, se estableció la presentación de las instituciones mediante la propuesta de un proyecto de investigación para que, en caso de ser aceptado, se asignara, de una terna conformada por personas registradas en el padrón de jóvenes investigadores (con un límite de edad de 40 años para hombres y de 43 para mujeres), la comisión de una persona para el desarrollo del proyecto. En la actualidad, tanto el registro institucional como el límite de edad fueron eliminados, y la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (Secihti) emite una convocatoria para que las investigadoras e investigadores registren sus proyectos.

Para conocer más a fondo sobre este programa conversamos con la doctora María Eugenia de la Torre, quien nos compartió un poco de su experiencia.

La doctora María Eugenia trabaja con el doctor Germán David Mendoza Martínez, adscrito al Departamento de Producción Agrícola y Animal, en un proyecto conjunto con otras universidades que estudia componentes microbianos que habitan en el rumen, que es el aparato digestivo de animales conocidos como rumiantes (vacas, cabras, ovejas, búfalos, entre otros).

El trabajo se hace con rumiantes domésticos porque tanto la calidad de la carne y la leche, como la emisión de metano están directamente relacionadas con su alimentación y explicó:

¹ Oficina de Desarrollo Académico.

Si comen ciertas cosas, producen más o menos emisiones de metano, y eso está relacionado directamente con las bacterias que viven en su sistema digestivo, que no es como el nuestro, ellos tienen un gran estómago con cuatro cavidades y lo que hacen es masticar, tienen muelas grandes y planas, así que mastican, tragan, llega al rumen lo que tragaron y regresa al hocico; a esta actividad se le llama rumia. Por eso se le llama 'rumiar una idea' que va y viene, va y viene.



Respecto a su trayectoria en la UAM Xochimilco, comentó:

Toda mi formación había sido en la UNAM y necesitaba cambiar de ambiente, tuve la enorme suerte de que pedí el posdoctorado aquí y me lo dieron. Para mí fue un cambio de paradigma en cuanto al trabajo, la investigación, todo. Me sentí sumamente feliz de llegar aquí porque encontré un lugar en donde mi trabajo fue reconocido, respetado y se me dio espacio para desarrollarme. Me sentí súper cómoda dando clases en licenciatura y posgrado, puesto que me gusta mucho el sistema modular, es una forma de aprendizaje muy útil y también la forma en la que yo aprendí; tuve la suerte de irme desempeñando en ambientes académicos que me llevaron a aprender así, aplicando la teoría que uno había aprendido en clase para desarrollar proyectos de investigación, así que cuando llegué aquí me pareció mi sistema natural.

Al terminar su estancia posdoctoral, la doctora María Eugenia se inscribió al Padrón de Jóvenes Investigadores y vio la posibilidad de trabajar en el proyecto del doctor Germán:

La idea que teníamos primero era identificar compuestos que hubiera en mezclas herbales, provenientes originalmente de la India, de las que se sabía que tenían efecto para mejorar el comportamiento productivo, o sea que los animales tuvieran mayor calidad de carne y leche, mayor musculatura, ganaran peso y reducir las emisiones de metano. Cuando entré al proyecto, lo primero que hicimos fue identificar los componentes de esas mezclas herbales y luego probar el efecto que tienen sobre la comunidad de microorganismos del rumen. Ahora nuestro trabajo se ha centrado más en buscar plantas mexicanas, normalmente con potencial medicinal, con la intención de proponer una composición similar a la de esas mezclas y crear un aditivo para el alimento de los animales.



El proyecto tiene alcances e implicaciones importantes, como nos describió la doctora María Eugenia:

Es un proyecto muy bonito, muy útil y que alcanza muchas esferas, no es sólo producir conocimiento por producirlo, no nos quedamos a nivel sólo de ciencia básica, sino que estamos teniendo interacción con productores. Hemos estado buscando la posibilidad de que el uso de estos aditivos pueda servir a los ganaderos para tener incentivos fiscales, esto sería maravilloso porque reduciría los costos, facilitaría la distribución y se mejoraría la producción animal, es decir, tendríamos mejor calidad de carne, de leche y en forma paralela la disminución en emisiones de metano.

Estamos siendo ecológicamente responsables y la idea es permear en las personas que toman decisiones, no sólo a nivel académico, sino de leyes, y ayudar a entender que es un cambio necesario. Hay países en los que ya se hace, por ejemplo Nueva Zelanda, Reino Unido y Australia. Hay una tendencia en el gobierno mexicano a tomar medidas ecológicamente responsables, entonces estamos insistiendo en que esto puede ser un buen camino y es algo necesario porque se aseguran la calidad de la carne, de la leche y no animales engordados de manera artificial o con sobrecarga de hormonas o antibióticos, que es algo que se usaba antes, se le daban antibióticos preventivos, ni siquiera para curar una enfermedad y eso tenía efecto en la comunidad microbiana del rumen. Así, los animales se enfermaban menos, nos transmitían menos enfermedades, pero nos estaban transmitiendo antibióticos.

Respecto a su trabajo en la UAM como Investigadora por México, nos contó:

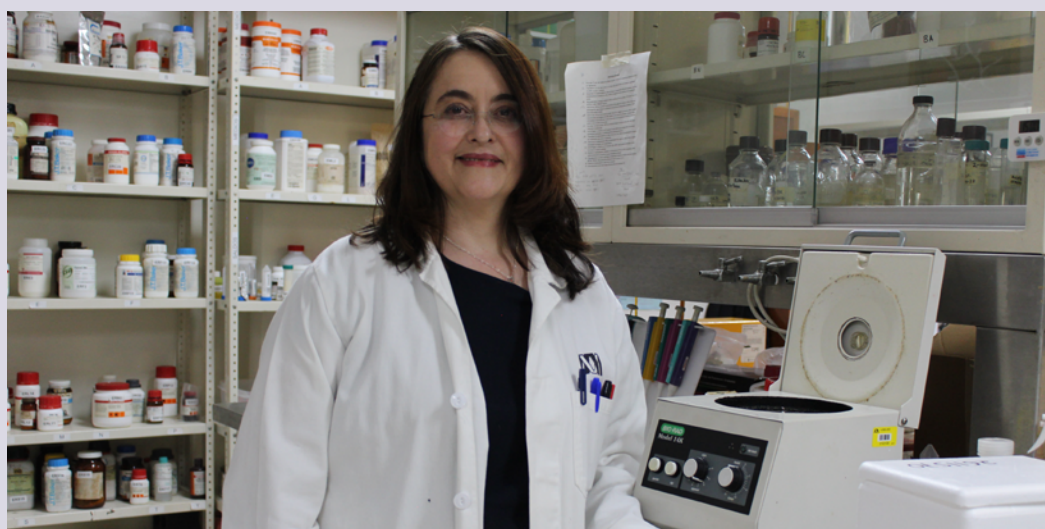
Mi experiencia ha sido realmente maravillosa. De pronto leo o sé de compañeros en otras instituciones del Programa de Jóvenes Investigadores que tienen muchos problemas de reconocimiento, de apoyo o de algo que los limita, pero en mi caso jamás ha sido así, al contrario. He recibido todo el apoyo que he necesitado, se me han asignado alumnos, he tenido posibilidad ya de graduar a varios de doctorado y maestría. Estoy empezando mi noveno año de la cátedra y ha sido súper productivo, hemos publicado más de 20 artículos y los alumnos que han participado también han publicado. Considero que esto es por el apoyo que hemos recibido institucionalmente, no sólo del doctor Germán en persona, sino que a nivel institucional hemos recibido mucho apoyo.

Al preguntar a la doctora María Eugenia qué le recomendaría a quienes desean participar en este programa, nos comentó:

Creo que es muy importante la paciencia, seguir intentando, porque entiendo que no es tan fácil entrar a la primera; escribir de manera muy puntual el interés o la propuesta y haber entrado en contacto antes con los investigadores con los que uno quisiera trabajar, porque eso ayuda a darle más forma al proyecto que uno sube a la plataforma. La especificidad es muy importante porque ayuda a demostrar que sí sabes del tema y que tienes una formación que te respalda, que no sea sólo repetir mecánicamente lo mismo que ya sé hacer, sino que me respalde mi experiencia y abrir una nueva posibilidad de conocimiento, descubrir hacia dónde se quiere ir. Yo puedo dominar 25 técnicas, pero no todas me sirven para lo que quiero hacer o para el proyecto al que me quiero sumar.

La comunicación es muy importante porque nos lleva al conocimiento. Si nos comunicamos y sabemos qué se necesita, qué sé hacer, cómo puedo colaborar, se puede llegar a muy buenas interacciones. Sabemos hacer muchas cosas, si no sirve para este proyecto pues ni modo; un poco ceder también y ver qué puedo aportar y seguramente voy a tener que aprender cosas nuevas y aplicar algo de lo que ya sé, pero es parte de seguir aprendiendo. Si nada más nos quedáramos repitiendo una misma cosa todo el tiempo sería aburridísimo. Eso es lo que hace una universidad, por ejemplo. Si no seguimos aportando, no hay a dónde ir.

Con estas palabras cerró una de nuestras investigadoras más destacadas del Programa, a quien agradecemos su tiempo, amabilidad y aportes a la UAM Xochimilco.



EL MENSAJE DEL MUNICIPIO DE SANTA MARÍA TLAHUITOLTEPEC A UNA UNIVERSIDAD QUE ESCUCHA. UNA ENTREVISTA CON EL MAESTRO ALBERTO ADHEMAR CARVAJAL GUTIÉRREZ

JESSICA ÁLVAREZ LOPÉZ¹

En lo alto de la Sierra Mixe, entre neblina y montañas, el municipio de Santa María Tlahuitoltepec, Oaxaca, se convirtió en el corazón de un encuentro profundo entre mundos distintos, pero complementarios: el de una comunidad con una larga tradición de vida comunal, y el de un grupo universitario en busca de nuevas formas de vinculación social.

El maestro Alberto Carvajal, profesor-investigador adscrito al Departamento de Educación y Comunicación, de la División de Ciencias Sociales y Humanidades, nos comentó que la chispa que encendió este proyecto fue un fragmento de un documental, donde mujeres hablaban con reverencia y naturalidad de la Virgen, de Tonantzin, de los árboles y las nubes, como si todo formara parte de un mismo tejido vivo. Esa visión los llevó a él y a un grupo de estudiantes de Psicología, de la Unidad Xochimilco, a emprender el viaje hacia Tlahuitoltepec, sin expectativas, sin proyectos preconcebidos, sólo con la disposición de escuchar y colaborar. "Nuestro mensaje fue genuino, realmente no llevábamos nada y no teníamos ninguna intención, ni de hacer ningún extractivismo, ni de hacer ninguna evaluación, o llevar la visión occidental; al contrario, más bien desoccidentalizar las herramientas", expresó.

La llegada, sin embargo, no fue sencilla. En medio de la noche, guiados erráticamente por aplicaciones de geolocalización, que terminaron en un basurero antes de encontrar el camino correcto. Más tarde, conocerían al Rey Kondoy, figura mítica y guardián simbólico de la comunidad, a quien atribuyen las pruebas del camino como un filtro espiritual para quienes buscan entrar con respeto a ese territorio. "Tenemos que llegar realmente con mucho respeto a este lugar, porque nos están poniendo pruebas a ver si realmente nos interesa e insistimos en llegar, y bueno, ¡insistimos!", mencionó.

Sin avisos formales ni protocolo, la comunidad recibió a los visitantes. No hubo formularios ni discursos, hubo básquetbol, vóleybol, talleres de arte, yoga y conversaciones con adolescentes que, más que información, buscaban sentido.

¹ Oficina de Personas Egresadas, Bolsa de Trabajo y Movilidad.

"Nos sorprendió mucho cuando quien habló inicialmente del convenio fue la persona con la que hicimos contacto, de la Secretaría de Educación del municipio de Santa María de Tlahuitoltepec. Cuando les propusimos que, de acuerdo a lo que vimos y escuchamos, íbamos a hacer algunas propuestas, algunas actividades, nos dijeron que sería bueno que la propuesta estuviera en el marco de un convenio. Y eso fue excelente". Comentó el entrevistado.

Entre deportes, conversaciones espontáneas y talleres improvisados, se tejió un vínculo genuino con los jóvenes. "No los dejen" fue la frase de despedida de la vicepresidenta municipal, y fue entonces cuando decidieron quedarse, no con presencia permanente, sino con compromiso auténtico. "Realmente la ubicamos muy en nuestros corazones esa frase", señaló.

Respecto a proyectos que podrían considerarse como antecedente, el maestro Carvajal mencionó lo siguiente:

Nuestra experiencia previa fue dentro de una comunidad urbana, concretamente dentro del Hospital Psiquiátrico Dr. Samuel Ramírez Moreno, con usuarios, como le llaman en este espacio a los pacientes, aunque nosotros los llamamos los compas de Samuel, por el nombre del hospital. Lo que hemos visto a lo largo de los años, las cosas que aparecen ahí, que se ven, que se escuchan, que se sienten, minidocumental no están en ningún texto. [...] O sea, lo fuerte de la experiencia educativa no está en las escuelas, sino en las comunidades.

Así, la experiencia previa con una comunidad urbana dentro de un hospital psiquiátrico había demostrado el poder del acompañamiento sin imposición. En Tlahuitoltepec, ese enfoque se potenció al encontrarse con una comunidad donde la educación no se vive como currículo, sino como un modo de estar en el mundo.

Materializando el sueño

Durante su visita, el equipo universitario llevó consigo valiosos recursos audiovisuales, incluyendo cámaras GoPro, que fueron entregadas a estudiantes de escuelas secundarias locales. Esta dotación de herramientas tecnológicas ha abierto nuevos caminos para la expresión creativa y la documentación de sus propias realidades. El maestro Carvajal mencionó:

Capturaron imágenes de los talleres que realizamos e incluso documentaron un taller de senderismo muy especial. Los chicos nos guiaron por los caminos que recorren diariamente para llegar a la escuela, trayectos de hasta dos horas que demuestran su increíble habilidad para moverse en

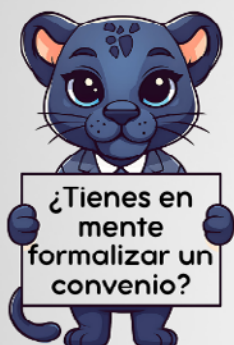
terreno montañoso. Mientras caminaban, compartían historias sobre duendes y otras tradiciones orales, y todo esto quedó registrado gracias a las cámaras GoPro que llevaban en el pecho con arneses. Fue como presenciar la creación espontánea de un minidocumental sobre la vida cotidiana y las experiencias de estos jóvenes en las montañas de Tlahuitoltepec.

El material audiovisual generado por los estudiantes se está convirtiendo en un valioso testimonio de su vida y su cultura. El plan es presentar este minidocumental, en primer lugar a la comunidad de Santa María de Tlahuitoltepec, en un evento que celebre su talento y sus perspectivas únicas. Posteriormente, se contempla la posibilidad de proyectar este material también ante la comunidad universitaria.

La visión hacia el futuro

Lo que hace especial esta historia es que no se trata de un proyecto para cambiar a una comunidad, sino de una invitación a transformarse juntos. A reconocer que la educación ocurre también fuera del aula, en la conversación con la tierra, con la lengua y con la memoria. El maestro Alberto Carvajal lo describe de acuerdo al término en *ayuujk*: *Wejën Kajën*, que significa "educar es abrir los ojos y empezar a hilar".

Tlahuitoltepec no fue sólo un destino, fue un espejo, un desafío, un abrazo. Y este convenio es, quizá, uno de los actos más representativos de la naturaleza del *Documento Xochimilco*, despojarse del saber autoritario para escuchar con humildad y construir desde ahí. "El reto ahora es sostener la crianza mutua, como lo plantea la tejedora Aymara Elvira Espejo: entre hilos, piel, retina y comunidad. Que las yemas de los dedos no sólo guíen el hilo, sino que también sean transformadas por él", reflexionó el entrevistado.



Coordinación de
Vinculación
y Fortalecimiento
Académico



Vinculación con Sectores
Público, Privado y Social

¡Acércate a la Coordinación de Vinculación y Fortalecimiento Académico!

