

De plantas medicinales a nanotecnología: viaje del pasado al futuro

**Pablo Villegas Moreno,
Candelaria Galván Colorado y
Rosa Virginia García Rodríguez**

Mucho antes de que la ciencia aprendiera a medir y estudiar las cosas pequeñitas, y existieran los laboratorios y microscopios, las plantas ya murmuraban conocimientos, interrogantes y respuestas. En hojas, tallos y raíces ya se guardaba una sabiduría construida por el tiempo, la experiencia y la relación íntima con la naturaleza, que además, era transmitida de manos curanderas a generaciones completas.

La etnomedicina nació mediante la observación paciente de nuestros ancestros por la naturaleza y en la confianza de que la tierra sabía sanar.

Hoy, siglos después, ese conocimiento ancestral no se queda en el pasado, sino que viaja, se transforma y se vuelve diminuto para trasladarse a una escala impensable: la nanoescala. Así, los compuestos bioactivos de las plantas medicinales encuentran nuevas formas de actuar, ofreciendo soluciones innovadoras a viejos y nuevos problemas de salud.

Una nanopartícula es una estructura extremadamente pequeña, invisible al ojo humano, cuyas propiedades pueden cambiar en comparación con el mismo material en mayor tamaño. Esta característica permite que interactúe de manera distinta con el organismo, facilitando su acceso a diferentes tejidos y mejorando su potencial terapéutico.

A partir de estos avances en el mundo nano, el ser humano ha logrado implementarlo en diversas áreas de experimentación como en el área médica; desarrollando prototipos de medicamentos más eficientes, los cuales se pretende sean más seguros y con menores efectos adversos.

La medicina tradicional en un contexto global

Para hablar de medicina tradicional es necesario hacer referencia a sus orígenes. Es bien sabido que la enfermedad existe antes de la presencia de los humanos en la tierra. Diversos estudios antropológicos respaldan esta idea. Entre las evidencias se encuentran los rastros de cáncer óseo en fósiles animales, el hallazgo de microorganismos milenarios preservados en densas capas de piedra o hielo, y los restos homínidos con evidencia de enfermedades como osteoporosis o artritis (Figura 1).



Figura 1: Osteosarcoma en fémur de dinosaurio, imagen de Royal Ontario Museum/McMaster University obtenida de la página Gizmodo.

De alguna manera, la naturaleza ha acompañado de forma constante la existencia humana, exponiéndonos una extensa variedad de enfermedades que pueden hacernos padecer y convalecer. A lo largo de millones de años de evolución, los seres humanos —una especie relativamente joven— han coexistido con miles de especies vegetales que se desarrollaron lenta y silenciosamente en la Tierra. Estas plantas representaron una de las primeras alternativas accesibles para aliviar síntomas, mucho antes de que existiera el conocimiento y la tecnología necesarios para identificar y atacar de forma específica a los agentes causales de las enfermedades.

La preservación de la salud ha sido, por tanto, un proceso paralelo a la evolución humana.

Desde tiempos prehistóricos, el ser humano ya empleaba conocimientos empíricos sobre el uso de productos naturales tales como plantas silvestres y productos de origen animal con fines terapéuticos. Con el surgimiento del sedentarismo y la organización en sociedades más complejas, estos conocimientos adquirieron mayor importancia y se desarrollaron con mayor rapidez.

En Mesopotamia hace aproximadamente 6 mil años, ya se identificaban enfermedades físicas como la tos y se elaboraban remedios a base de plantas, miel y alcohol. En el antiguo Egipto, el famoso papiro de Ebers documenta una amplia variedad de insumos y prácticas médicas relacionadas con el uso de la medicina herbolaria.

Siglos después, y a miles de kilómetros de distancia, en Mesoamérica, los pueblos indígenas desarrollaron un vasto conocimiento sobre las plantas. Con la llegada de los españoles, estos se sorprendieron por la diversidad de especies con usos ornamentales, aromáticos y alimentarios, y también por aquellas empleadas con fines medicinales, rituales y espirituales. Destaca el jardín botánico de Moctezuma, así como la elaboración del *Libellus de medicinalibus indorum herbis* (Códice de la Cruz-Badiano), resultado del trabajo del médico indígena Martín de la Cruz y su traducción al latín por Juan Badiano (Figura 2). Asimismo, el Códice Florentino, coordinado por fray Bernardino de Sahagún, reúne valiosa información sobre las prácticas médicas y el conocimiento herbolario de los pueblos nahuas.

Actualmente existen diversos libros y publicaciones que recopilan y describen las especies de plantas medicinales utilizadas en México, como el herbario medicinal del Instituto Mexicano del Seguro Social que incluye aproximadamente, 3352 especies. En Veracruz de Ignacio de la Llave, destaca el libro *Flora medicinal de Veracruz, inventario etnobotánico* escrito por Leticia M. Cano, que incluye una descripción de cada especie, las localidades donde son utilizadas, formas de aplicación, así como referencias bibliográficas y herbarios donde puede consultarse.

Cosmovisión del padecimiento y sus manifestaciones en la medicina tradicional

Durante el desarrollo de diversos asentamientos humanos, cada cultura adoptó una cosmovisión particular relacionada a sus dioses, demonios, rituales y percepción de la vida. Lo interesante es que, a pesar de las grandes distancias geográficas y temporales, muchas de estas culturas compartían formas similares de interpretar la enfermedad.

Con frecuencia, los padecimientos eran atribuidos a la acción de fuerzas malignas que habitaban el cuerpo



Figura 2. Fragmento del Códice de la Cruz Badiano.

o a castigos impuestos por entidades superiores, las cuales provocaban la aparición de diversos síntomas. Asimismo, dentro de estas cosmovisiones existían figuras con poderes benévolos, encargadas de restablecer la salud mediante diversas prácticas que incluían desde oración, hasta ritos complejos con plantas, cantos, danzas, entre otros, y que solo lo podían realizar estos personajes emblemáticos de la medicina ancestral: los chamanes.

El grupo de personas dedicadas a la sanación era diverso dependiendo de la cultura y la localidad.

Entre ellos se encontraban los chamanes, a quienes se les atribuían capacidades espirituales especiales, como lo es una conexión con lo místico (ya fueran deidades espíritus o la propia naturaleza). También estaban los curanderos, quienes, mediante oraciones, el uso de sus manos y remedios tradicionales, buscaban mantener la salud. Por su parte, los boticarios se encargaban de preparar mezclas de plantas con fines terapéuticos. Un papel fundamental fue el de las parteras, quienes acompañaban el embarazo, asistían durante el parto y brindaban atención en el periodo posparto. Además, ofrecían orientación a las madres en el cuidado del recién nacido y en la recuperación de la producción de leche materna.

Plantas más populares en la medicina herbolaria mundial

Alrededor del mundo, diversas plantas han sido usadas por siglos e incluso milenios debido a sus propiedades curativas. Muchas de ellas se originaron en regiones específicas y, gracias al intercambio cultural, fueron llevadas a distintos lugares donde adquirieron nuevos usos y significados. Un ejemplo de esto es la hierbabuena, que además de su apreciable olor y sabor se ha utilizado para tratar malestares digestivos, comúnmente preparada en forma de té o infusión.

En México, mucho antes de la llegada de los españoles, los pueblos mesoamericanos ya conocían las propiedades de la vainilla o "flor negra" (*Vanilla planifolia*). Los totonacos la utilizaban para tratar heridas y dolores de cabeza, además de emplearla como saborizante en bebidas. Con el tiempo, su característico aroma la convirtió en un producto emblemático que trascendió fronteras, siendo ampliamente utilizado en la industria alimentaria y cosmética a nivel mundial. De manera similar, en Asia se descubrió el *Ginkgo biloba*, una planta que en la actualidad ha cobrado popularidad debido a los compuestos bioactivos que contiene, los cuales han sido estudiados por su posible efecto en la circulación y la función cognitiva.

A nivel global, existe evidencia que comprueba la eficacia de tratamientos basados en plantas, así como su uso como coadyuvantes en tratamiento de enfermedades más complejas. Un ejemplo es el uso de cannabis en pacientes con cáncer que reciben quimioterapia o radioterapia, donde se ha empleado para aliviar síntomas asociados al tratamiento. La Organización Mundial de la Salud, a través de la Declaración de Astaná (2018), reconoce la necesidad e importancia de incluir los conocimientos y tecnologías de medicina tradicional para tratar a pacientes en el primer nivel de atención. Esta postura responde a necesidades sociales y políticas, particularmente en comunidades donde el acceso a los sistemas de salud es limitado y la medicina tradicional representa una alternativa accesible y culturalmente aceptada.

Desafíos de la medicina tradicional

La historia de la medicina tradicional, junto con el desarrollo de la medicina moderna, permite entender cómo surgió el uso de las plantas, cómo se identificaron sus compuestos activos e incluso cómo algunos de estos pudieron ser aislados. Un ejemplo es la *salicina* (precursor del ácido salicílico) un derivado de la corteza del sauce blanco que modificado mediante acetilación derivó en *ácido acetilsalicílico*, un fármaco ampliamente utilizado por sus efectos analgésicos, antiinflamatorios, antipiréticos y anticoagulantes. Este tipo de compuestos ha sido evaluado mediante rigurosos estudios preclínicos y clínicos, permitiendo conocer a detalle su mecanismo de acción, eficacia y efectos adversos.

A pesar de ello, la medicina herbolaria continúa siendo ampliamente aceptada por diversas poblaciones, en parte debido a la percepción de que lo "natural" es sinónimo de inocuidad.

Sin embargo, numerosos estudios han demostrado que las plantas también presentan efectos secundarios y una baja biodisponibilidad, lo que implica la necesidad de dosis más altas para alcanzar los efectos terapéuticos en comparación con ciertos

fármacos sintéticos. Asimismo, se ha demostrado que existen interacciones farmacológicas entre plantas y medicamentos, así como entre diferentes especies vegetales.

Estas interacciones no siempre suelen ser perjudiciales; en algunos casos pueden potenciar efectos terapéuticos o reducir efectos adversos, lo cual se relaciona con la gran diversidad de compuestos químicos presentes en las plantas. A diferencia de los medicamentos modernos, los remedios herbolarios enfrentan dificultades para ser evaluados mediante todos los ensayos preclínicos y clínicos requeridos en la medicina alópata, lo que representa uno de los principales retos para ser validados científicamente.

¿A qué se le atribuyen los efectos medicinales de las plantas?

Los compuestos encontrados en la mayoría de las plantas medicinales y a los que se les atribuye los efectos biológicos de las mismas, son los llamados *metabolitos secundarios*. Estos compuestos son producidos durante su metabolismo y cumplen con funciones clave en su adaptación al entorno, defensa ante depredadores, interacción con polinizadores o respuesta a cambios ambientales.

Entre los metabolitos secundarios más estudiados se encuentran los alcaloides, los terpenos y compuestos fenólicos. En el caso de los *alcaloides*, son compuestos nitrogenados que interactúan con distintos receptores en el organismo. Sustancias como la morfina, la cafeína, la codeína y la quinina pertenecen a este grupo y se han utilizado para tratar dolor, fiebre y algunas enfermedades infecciosas.

Por su parte, los *terpenos* son responsables de las características aromáticas en muchas hierbas, especias y árboles. Algunos ejemplos como el limoneno, el mentol y el carvacrol han sido estudiados por sus posibles efectos antiinflamatorios, antibióticos, antioxidantes y anticancerígenas, además de su uso en la industria farmacéutica y cosmética. Los *fenoles* comprenden una gran variedad de compuestos bioactivos que se caracterizan por la presencia de un grupo hidroxilo (-OH) unido a un anillo aromático o benceno. Algunos ejemplos son la curcumina, el resveratrol y el ácido elágico, y han demostrado ser útiles en el tratamiento contra el cáncer y enfermedades crónicas, neurodegenerativas y cardiovasculares.

En la medicina tradicional, el uso de las plantas no solo depende de la especie, sino también de la parte utilizada y del método de preparación. Estos procesos buscan modificar sus propiedades mediante técnicas físicas y, en algunos casos, mediante la adición de sustancias como agua, aceite, sal o alcohol. Aunque la medicina tradicional no emplea conceptos como *biodisponibilidad* o dosis terapéutica en términos científicos, su conocimiento empírico responde a preguntas fundamentales: qué parte de la planta utilizar, cómo prepararla, en qué cantidad administrarla y cuándo repetir o suspender el tratamiento. Entre los métodos de preparación más utilizados destacan:

Infusión: es uno de los métodos más utilizados y consiste en añadir la planta (fresca o seca) a agua caliente, siendo común para hojas y flores.

Decocción: Sirve para extraer los componentes de plantas más duras, como raíces o cortezas, consiste en mantener el punto de ebullición del agua y añadir la planta dejando hervir por unos minutos.

Maceración: consiste en sumergir las plantas en un líquido, como alcohol, agua o aceite durante un periodo prolongado con el fin de extraer sus compuestos activos.

En tintura: se prepara utilizando una base alcohólica (generalmente alcohol al 96°), en la que se coloca la planta triturada. Posteriormente, se filtra y se deja reposar en un frasco o gotero de vidrio por una o varias semanas en condiciones de oscuridad. Este tipo de preparación permite su administración en pequeñas cantidades.

La nanotecnología, una ciencia joven

Hace siglos, distintas culturas utilizaban pigmentos y extractos naturales desconociendo que muchas de sus propiedades se deben a estructuras microscópicas. Con el avance de la ciencia, fue posible no solo observar, sino también manipular la materia a escalas cada vez más pequeñas, incluyendo la escala nanométrica.

El estudio de las nanopartículas surgió al descubrir que, al reducir un material a dimensiones extremadamente pequeñas, sus propiedades pueden cambiar significativamente.

Este fenómeno ha despertado gran interés en el área médica, ya que permite un mayor control en la interacción de los compuestos con el organismo. En la actualidad, diversos compuestos de origen natural han sido incorporados al campo de la nanotecnología.

Uno de los enfoques más relevantes es la llamada *síntesis verde*, en la cual se emplean extractos de plantas para la obtención de nanopartículas, evitando el uso de sustancias químicas contaminantes y haciendo el proceso más amigable con el medio ambiente. Ejemplo de ello es la chaya (*Cnidoscolus chayamansa*), una planta ampliamente utilizada en la cultura maya, cuyos extractos han sido empleados en la síntesis de nanopartículas que, en combinación con otros compuestos, han mostrado un incremento en su actividad bactericida.

Por otro lado, existen métodos físicos como la molienda de alta energía, cuyo objetivo es reducir materiales sólidos hasta obtener partículas en escala nanométrica. Este enfoque permite trabajar con compuestos sólidos que ya poseen propiedades medicinales, buscando potenciar su efecto mediante la reducción de tamaño (Figura 3).

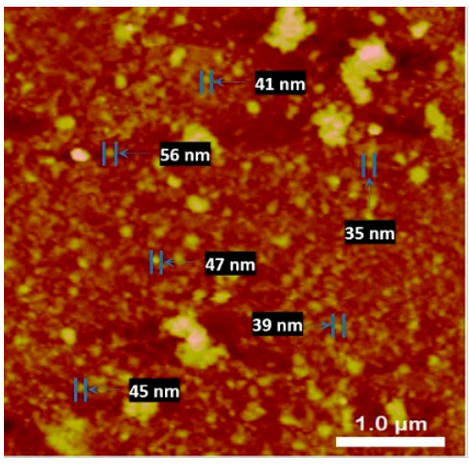


Figura 3. Micrografía de nanopartículas de ficobiliproteínas, obtenida por microscopía de fuerza atómica AFM (Galván Colorado *et al.*, 2024).

Con la finalidad de mejorar su eficiencia, diversos compuestos de origen natural han sido transformados en partículas de menor tamaño, lo que puede potenciar sus efectos biológicos. Un ejemplo es el extracto de las ficobiliproteínas extraídas de la espirulina (*Arthrospira maxima*) la cual ha sido empleada en la elaboración de nanopartículas con efectos antiinflamatorios comparables con fármacos como indometacina, e incluso superiores a los de sus compuestos en forma original.

Nanotransportadores: una solución a las limitaciones de los compuestos naturales

Una de las principales problemáticas en la administración de compuestos derivados de plantas es su baja biodisponibilidad, solubilidad y permeabilidad.

En este contexto, los *nanotransportadores* representan una alternativa prometedora, que consisten en estructuras entre 1 y 100 nm que recubren compuestos y modifican sus propiedades fisicoquímicas, para mejorar su transporte en el organismo.

Su funcionamiento se basa en principios similares a los de las micelas, agregados lipídicos con una región hidrofóbica interna y una superficie hidrofílica, que permiten la absorción de lípidos en el sistema digestivo. De manera análoga, los nanotransportadores vehiculizan compuestos bioactivos, favoreciendo su absorción, distribución y efecto terapéutico. Diversos estudios han demostrado la capacidad de estas estructuras para transportar selectivamente compuestos en su interior. Entre los sistemas más estudiados se encuentran los liposomas, las nanoesferas, nanocápsulas poliméricas, nanopartículas lipídicas sólidas y las nanoemulsiones.

Los liposomas, por ejemplo, son estructuras formadas por bicapas de fosfolípidos que se autoensamblan en medios acuosos. Aunque presentan limitaciones asociadas a procesos digestivos como la acción de lipasas, sales biliares y pH gástrico, han sido utilizados con éxito para encapsular compuestos de origen vegetal. Un caso relevante es la curcumina (*Curcuma longa*), cuya nanoencapsulación ha mostrado efectos como la disminución del estrés oxidativo y actividad hipoglucemiante en modelos experimentales. Igualmente, estudios comparativos han demostrado que flavonoides y compuestos fenólicos derivados de *Curcuma longa* al ser incorporados en sistemas nanoestructurados, presentan efectos antibacterianos, antifúngicos y cicatrizantes mejorados al ser comparados contra curcumina.

Por otro lado, las nanoemulsiones son sistemas formados por la dispersión de dos líquidos inmiscibles como agua y aceite, estabilizados por surfactantes, y de acuerdo con varios reportes, han demostrado gran potencial.

Un ejemplo, es la encapsulación del aceite esencial de *Foeniculum vulgare* comúnmente conocida como hinojo, y usada en la medicina tradicional para tratar problemas digestivos. En modelos experimentales su administración tópica mediante nanoemulsiones ha mostrado efectos como la reducción de glucosa plasmática y un elevado potencial antioxidante.

La literatura científica sobre nanoencapsulación es extensa en cuanto a tipos, procesos y aplicaciones. Por ello, este artículo se limita a presentar solo algunos ejemplos representativos, con el objetivo de mantener claridad y despertar el interés del lector en este campo en constante desarrollo.

Aunque la nanotecnología es una ciencia relativamente joven, su aplicación en el estudio de las plantas medicinales representa una oportunidad innovadora

que aún se continúa explorando, especialmente en modelos preclínicos.

Conclusión

La principal fortaleza de la medicina tradicional radica en su conocimiento empírico, desarrollado a lo largo de los siglos mediante la observación y la experiencia. Sin embargo, esta misma característica representa uno de sus mayores desafíos, ya que dificulta la estandarización de procesos, la definición de *dosis* y la predicción de efectos secundarios.

Actualmente, la medicina moderna ha adoptado y adaptado algunos conocimientos de la medicina tradicional, aunque aún existe cierta resistencia hacia el uso de las plantas medicinales como parte integral del tratamiento de las enfermedades. Se han hecho numerosos esfuerzos para desarrollar estudios que comprueben la eficacia del uso de algunas especies mediante desarrollo de fitofármacos; estos lograron demostrar mediante estudios preclínicos y clínicos su eficacia y seguridad.

En este contexto, la nanotecnología emerge como una herramienta clave, capaz de potenciar las propiedades de los compuestos naturales y superar algunas de sus limitaciones. Así, el desarrollo de nanopartículas a partir de plantas medicinales no solo representa una innovación científica, sino también

una forma de transformar el conocimiento ancestral en soluciones terapéuticas orientadas al futuro.



Lecturas recomendadas

Chopra, H., Dey, P. S., Das, D., Bhattacharya, T., Shah, M., Mubin, S., Maishu, S. P., Akter, R., Rah-wman, M. H., Karthika, C., Murad, W., Qusty, N., Qusti, S., Alshammari, E. M., Batiha, G. E., Altalbawy, F. M. A., Albooq, M. I. M. & Alamri, B. M. (2021). Curcumin nanoparticles as promising therapeutic agents for drug targets. *Molecules, 26*(16), 4998. https://doi.org/10.3390/molecules26164998

Dzul Erosa, M. S., Cauich Díaz, M. M., Razo Lazcano, T. A., Ávila Rodríguez, M., Reyes Aguilera, J. A., & González Muñoz, M. P. (2018). Aqueous leaf extracts of *Cnidoscolus chayamansa* (Mayan chaya) cultivated in Yucatán, México. Part II: Uses for the phytomediated synthesis of silver nanoparticles. *Materials Science & Engineering C: Materials for Biological Applications*, *91*, 838-852. https://doi.org/10.1016/j.msec.2018.06.007

Galván Colorado, C., Chamorro Cevallos, G. A., Chanona Pérez, J. J., Zepeda Vallejo, L. G., Arredondo Tamayo, B., González Ussery, S. A., Gallegos Cerda, S. D. & García Rodríguez, R. V. (2024). Phycobiliprotein from *Arthrospira maxima*: Conversion to nanoparticles by high-energy ball milling, structural characterization, and evaluation of their anti-inflammatory effect. *International Journal of Biological Macromolecules, 275*(Part 2), 133679. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.133679

Sanei Dehkordi, A., Abdollahi, A., Safari, M., Karami, F., Ghaznavi, G. & Osanloo, M. (2022). Nanogels containing *Foeniculum vulgare* Mill. and *Mentha piperita* L. essential oils: Mosquito repellent activity and antibacterial effect. *Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases*, 2022, 4510182. https://doi.org/10.1155/2022/4510182

