

Hot Science



Nanotecnología en alimentos: el caso de la curcumina como modelo de biodisponibilidad, seguridad y evidencia clínica

Food nanotechnology: Curcumin as a model for bioavailability, safety, and human evidence

Resumen

Con la curcumina como ejemplo, este artículo muestra cómo la nanotecnología alimentaria actúa como un sistema nanotransportador que protege y entrega moléculas frágiles. Resume sus acciones antiinflamatorias y antibacterianas, y explica por qué micelas, nanoemulsiones o liposomas mejoran la absorción y la biodisponibilidad. También fija límites: no toda “nano” es la misma; los excipientes importan y la evidencia en humanos es decisiva. Se ofrecen pautas para leer las etiquetas y elegir con criterio. No es magia; es ciencia aplicada a comer mejor, con evidencia, seguridad y acceso.

Palabras clave: Nanotecnología alimentaria, curcumina, nanoemulsiones, biodisponibilidad.

Summary

Using curcumin as an example, this article shows how food nanotechnology acts as a nanocarrier system that protects and delivers fragile molecules. It summarizes its anti-inflammatory and antibacterial actions and explains why micelles, nanoemulsions, or liposomes enhance absorption and bioavailability. It also sets boundaries: not all “nano” is the same, excipients matter, and human evidence is decisive. We provide label-reading guidelines to help you make informed choices. It's not magic; it's science applied to better eating, grounded in evidence, safety, and access.

Keywords: Food nanotechnology, curcumin, nanoemulsions, bioavailability.

Esperanza Peralta-Cuevas¹
Nahomi Y. Degollado-Hernández^{1,2}
Iliana Chantal Martínez-Ortiz¹
Francisca Villanueva-Flores¹

¹Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Instituto Politécnico Nacional, Boulevard de la Tecnología, 1036 Z-1, P 2/2, 62790 Atlacholoaya, Morelos, México.

²Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos, Av. Universidad Tecnológica 1, Palo Escrito, 62765, Emiliano Zapata, Morelos, México.

Autor para la correspondencia:
fvillanuevaf@ipn.mx

Introducción

Si abres la alacena de cualquier casa en la India o el Sudeste Asiático, lo más probable es que encuentres un frasco de polvo amarillo brillante: la cúrcuma. Para millones de personas, no es solo una especia; es parte de su historia, su medicina y hasta de sus rituales.

La cúrcuma (*Curcuma longa*) se ha cultivado desde hace más de 4000 años en el sur de Asia. Al principio se usaba como tinte natural para telas y pieles, gracias a ese amarillo intenso que aún hoy pinta curris y arroces. Los antiguos la consideraban como “oro en polvo” no solo por su color, sino porque parecía curar de todo: heridas, problemas digestivos,

resfriados o inflamaciones. Desde hace siglos, en India y China la cúrcuma se usa como “básico de botiquín”: se le atribuye ayudar a bajar la inflamación y a recuperarse más rápidamente [1] (Figura 1).

¿Cómo modula la curcumina la inflamación?

La curcumina actúa como un regulador que disminuye las señales de alarma cuando la respuesta inflamatoria se desborda. En términos sencillos, reduce la producción de sustancias que causan dolor e hinchazón, refuerza las defensas antioxidantes y favorece que la inflamación se resuelva antes y mejor. En lo biológico, atenúa NF-κB (un “interruptor” que encien-

de genes proinflamatorios), disminuye COX-2 y 5-LOX (enzimas que generan prostaglandinas y leucotrienos, responsables del dolor y la hinchazón) y activa Nrf2 (un programa celular que potencia las defensas antioxidantes). Resultado: menor enrojecimiento, menor hinchazón y menor dolor, con una recuperación más ordenada (Figura 2).

Además de su efecto antiinflamatorio, la curcumina también puede actuar frente a ciertas bacterias. En términos sencillos, desactiva funciones vitales: debilita su barrera externa, dificulta su multiplicación y reduce su capacidad de coordinarse y formar capas protectoras, lo que facilita la acción de otros antibió-



Figura 1. Cúrcuma en raíz y en polvo, junto a utensilios de cocina (recipiente para especias, mortero e infusión). El escudo simboliza su posible acción antiinflamatoria: modula la “alarma” inflamatoria, reduce mediadores del dolor y actúa como antioxidante. Ilustración creada con ChatGPT-4.

ticos. En usos locales, puede complementar terapias que emplean luz para aumentar el daño bacteriano. No sustituye a los antibióticos cuando están indicados, pero ayuda a explicar por qué, en estudios de laboratorio y en aplicaciones puntuales (por ejemplo, dentales), muestra efecto antibacteriano o potencia otros tratamientos.

Del plato al laboratorio

Lo que empezó como intuición cultural (“esto hace bien”) hoy tiene respaldo: la cúrcuma contiene curcumina, una molécula con efectos antiinflamatorios y antioxidantes. El problema práctico es claro: la curcumina se disuelve mal en agua, se absorbe poco en el intestino y el hígado la elimina rápido, por lo que llega poca cantidad activa a la sangre. Este patrón también se observa en otros compuestos bioactivos [2].

Para superar ese cuello de botella, hoy se “encapsula” la curcumina en nanopartículas, es decir, *cápsulas diminutas comestibles*. Estas formulaciones la protegen durante el tránsito digestivo, mejoran su dispersión en medios acuosos y favorecen su paso a través de la pared intestinal, lo que aumenta su biodisponibilidad. No es un adorno retórico: es una estrategia tecnológica evaluable.

En curcumina se han utilizado principalmente nanoemulsiones (gotas de aceite de tamaño nanométrico estabilizadas para uso alimentario), liposomas (vesículas de fosfolípidos semejantes a membranas) y micelas (estructuras formadas por proteínas o polisacáridos comestibles, como caseína, suero, pectinas o quitosano), todas ellas capaces de transportar la molécula. La naturaleza ofrece un antecedente: las micelas lácteas funcionan como sistemas de transporte en el propio alimento.

Cuando se compara la curcumina “normal” con versiones nano, se observan aumentos medibles en la exposición sistémica según el diseño de la formulación. Principios metodológicos similares han sido descritos en revisiones sobre sistemas nano. No todas las

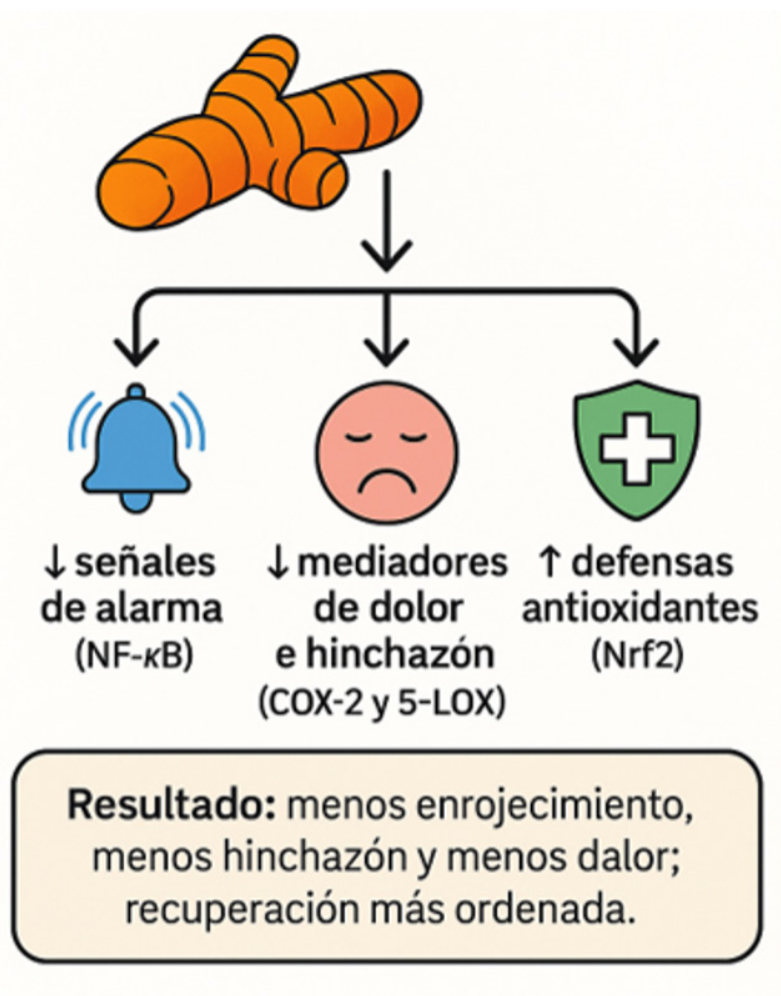


Figura 2. Cómo funciona la curcumina. La curcumina disminuye las señales de alarma de la inflamación, frena las sustancias que provocan dolor e hinchazón y activa las defensas antioxidantes. Resultado: menos enrojecimiento, menos hinchazón y menos dolor, con una recuperación más ordenada. Ilustración creada con ChatGPT-4.

nanoformulaciones son equivalentes ni todo el mérito es del tamaño. En algunas fórmulas, los “excipientes” (ingredientes acompañantes, p. ej., TPGS [derivado de vitamina E] o tensioactivos) también mejoran la absorción; por tanto, parte del incremento puede deberse a la composición total y no solo a la escala nanométrica. Asimismo, importa el “portador” (p. ej., liposoma, nanoemulsión o micela), la ruta de consumo (bebida, lácteo, cápsula) y el “tejido diana” (lugar del cuerpo al que se busca llegar), además de la variabilidad entre personas [3].

¿Y qué significa esto en la mesa de todos los días? La nanoformulación puede ayudar, pero no convierte por sí sola un producto en solución garantizada. Que un envase diga “nano” o “biodisponible” no asegura mejor efecto: verifica cuánta curcumina aporta (no

solo “cúrcuma”), en qué forma viene (nanoe-mulsión, micelas, liposomas) y frente a qué se comparan los “x veces más”. Si no aclara dosis equivalentes, la matriz (yogur, bebida, cápsula) ni cita estudios en personas, conviene dudar. Además, a veces el salto de absorción se debe a los ingredientes acompañantes y no tanto al tamaño [4].

En la práctica, empieza por lo básico: comer de forma variada y real. Si luego eliges un producto “mejorado”, busca transparencia (fabricante, lote, sellos de calidad), dosis razonables y advertencias de seguridad. Mas no siempre es mejor; las megadosis pueden causar molestias o interactuar con fármacos (por ejemplo, anticoagulantes). Si estás en tratamiento, embarazada o con problemas de vesícula, consulta antes de usar concentrados. En síntesis: la formulación adecuada puede aumentar la absorción de curcumina, pero el efecto final también depende de tu organismo, tus hábitos y tu constancia.

¿Qué sabemos y qué falta para su aplicación en humanos?

Lo importante al pasar del laboratorio a las personas no es solo subir la concentración en sangre, sino mejorar la vida del paciente: menos dolor, menos hinchazón, mayor movilidad y sin efectos molestos. Los estudios clínicos de calidad evalúan de forma integrada: síntomas

reportados por el paciente, biomarcadores en sangre que confirmen el cambio, seguridad a corto y mediano plazo y, sobre todo, el impacto en la calidad de vida. Además, cuidan el diseño del ensayo: se compara con placebo (sustancia sin efecto) o con un tratamiento estándar, tiene una duración suficiente y se realiza enmascarado (doble ciego: ni quien toma el producto ni quien lo administra conoce la asignación) para reducir sesgos.

Ahora bien, una mayor biodisponibilidad no garantiza una mayor eficacia clínica. Mice-las, nanoemulsiones y liposomas son sistemas distintos y no se pueden comparar “a ojo”; además, los excipientes (ingredientes acompañantes de la formulación) pueden contribuir al efecto, no solo el tamaño de partícula. Por eso, cifras como “10 veces más” solo tienen sentido si se especifican claramente el comparador, la dosis y el tiempo de evaluación [5].

La mayoría de las personas tolera bien estas estrategias, pero “natural” no equivale a “inocuo”: deben vigilarse posibles interacciones (por ejemplo, con anticoagulantes) y extremar precauciones en el embarazo, ante problemas de vesículas o hígado y en edades extremas.

Criterios para valorar una nanoformulación (Figura 3): (1) diseño de la formulación → (2) aumento de la biodisponibilidad → (3) cam-

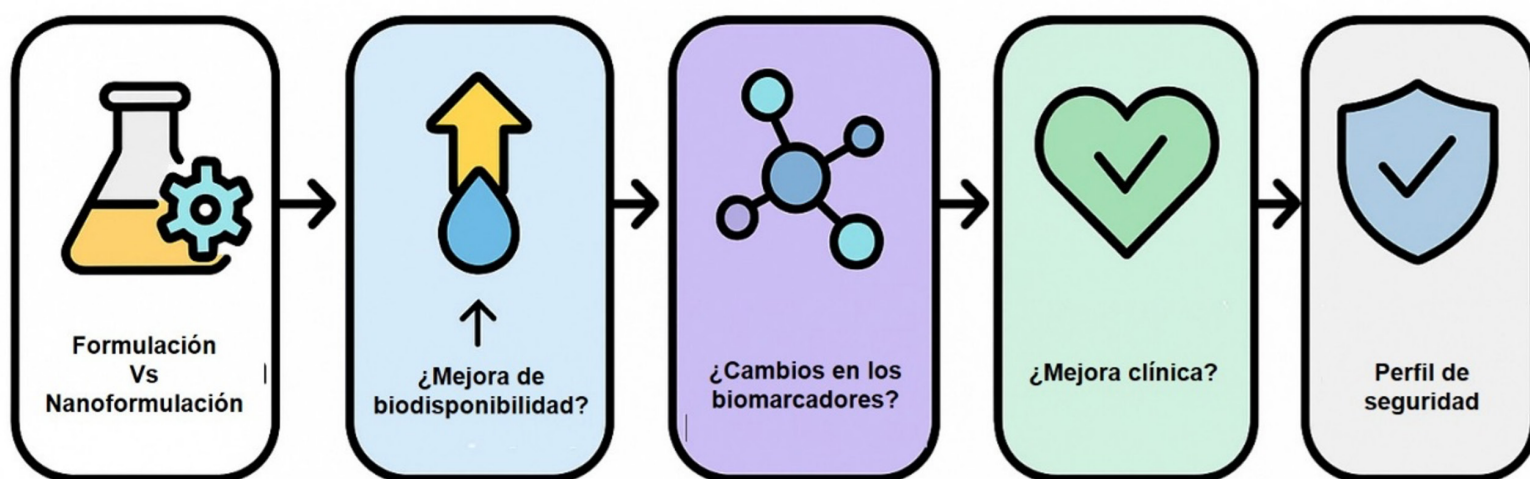


Figura 3. Cómo funciona la curcumina. La curcumina disminuye las señales de alarma de la inflamación, frena las sustancias que provocan dolor e hinchazón y activa las defensas antioxidantes. Resultado: menos enrojecimiento, menos hinchazón y menos dolor, con una recuperación más ordenada. Ilustración creada con ChatGPT-4.

bios en los biomarcadores → (4) mejoras clínicas, con seguridad evaluada en paralelo. Las nanoformulaciones son útiles cuando cumplen con esta secuencia, con información transparente sobre dosis, comparadores y seguridad, lo que permite pasar de la hipótesis al beneficio comprobable en la práctica clínica.

Conclusiones

La nanotecnología aplicada a alimentos no es un atajo universal, es ingeniería para quitar cuellos de botella cuando una molécula se degrada, se disuelve mal o no alcanza su diana. Puede aportar beneficios concretos —por ejemplo, que más curcumina llegue al organismo y se mantenga estable— allí donde existe un problema técnico claro y la mejora se demuestra en personas; fuera de ese marco añade de complejidad sin retorno.

Para decidir con rigor, el listón debe estar alto: comparaciones directas entre formulaciones bajo el mismo protocolo (“A vs. B” con las mismas dosis y tiempos), desenlaces que importen a las personas (síntomas, función, calidad de vida) y un perfil de seguridad bien descrito. Las etiquetas deben indicar cuánto aporta la molécula, qué tipo de sistema de entrega se utiliza (p. ej., nanoemulsión, liposoma o micela) y frente a qué se comparan los “x veces más”; sin ese contexto, la cifra no es interpretable.

El enfoque correcto es integrar la innovación donde suma y retirarla donde no cambia el resultado. Prioridad: formatos y sistemas de entrega que mejoren la estabilidad y la llegada, sin afectar el sabor, la textura ni el costo, y que convivan con hábitos saludables de base.

A corto plazo, se necesitan ensayos independientes y transparentes que confirmen el beneficio y la seguridad mediante métodos comparables.

En síntesis, menos adjetivos y más datos verificables: cuando la formulación adecuada convierte un mecanismo prometedor en un beneficio medible y seguro, la tecnología deja de ser una promesa y se vuelve salud en el plato. 

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el Instituto Politécnico Nacional mediante los proyectos SIP20242814, SIP20250306, SIP20251096 y SIP20254781. Adicionalmente, se recibió apoyo de la SEICHTI a través del fondo CBF-2025-I-1532 mediante la Convocatoria de Ciencia Básica y de Frontera de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación. ChatGPT-4 se utilizó exclusivamente para la edición del lenguaje, la corrección gramatical y la mejora de la claridad durante la preparación de este manuscrito sin comprometer su originalidad.

Referencias

- [1] Rajanala, S., & Vashi, N. A. (2018). Haldi Ceremony — Historical Use of Turmeric. *JAMA Dermatology*, 154(5), 543. <https://doi.org/10.1001/jamadermatol.2018.0363>
- [2] Hewlings, S., & Kalman, D. (2017). Curcumin: A Review of Its Effects on Human Health. *Foods*, 6(10), 92. <https://doi.org/10.3390/foods6100092>
- [3] Villanueva-Flores, F., Castro-Lugo, A., Ramírez, O. T., & Palomares, L. A. (2020). Understanding cellular interactions with nanomaterials: Towards a rational design of medical nanodevices. *Nanotechnology*, 31(13), 132002. <https://doi.org/10.1088/1361-6528/ab5bc8>
- [4] Grafeneder, J., Derhaschnig, U., Eskandary, F., Buchtele, N., Sus, N., Frank, J., Jilma, B., & Schoergenhofer, C. (2022). Micellar Curcumin: Pharmacokinetics and Effects on Inflammation Markers and PCSK-9 Concentrations in Healthy Subjects in a Double-Blind, Randomized, Active-Controlled, Crossover Trial. *Molecular Nutrition & Food Research*, 66(22), 2200139. <https://doi.org/10.1002/mnfr.202200139>
- [5] Shoba, G., Joy, D., Joseph, T., Majeed, M., Rajendran, R., & Srinivas, P. (1998). Influence of Piperine on the Pharmacokinetics of Curcumin in Animals and Human Volunteers. *Planta Medica*, 64(04), 353–356. <https://doi.org/10.1055/s-2006-957450>