

Artículo



Revista

Ciencia

y Naturaleza

# Curcumina, de su mesa al combate contra el cáncer

Perla Angélica Izaguirre Camargo  
Ingrid Guadalupe Meza Pardo  
Daniela E. Salado Leza

1084



Artículo



# Curcumina, de su mesa al combate contra el cáncer



**Cómo citar este artículo:** Izaguirre-Camargo PA, Meza-Pardo IG, Salado-Leza D. 2024. Curcumina, de su mesa al combate contra el cáncer. Revista Ciencia y Naturaleza (1084).





La cúrcuma es una especia de origen asiático compuesta de pigmentos con propiedades excepcionalmente benéficas para la salud. Existe evidencia científica del efecto antiinflamatorio, antioxidante, antiviral, antimicrobiano, y el de nuestro mayor interés, antitumoral de la curcumina. En este artículo daremos a conocer los usos de esta maravillosa molécula de origen natural, haciendo especial énfasis en su estado actual como auxiliar en la lucha contra el cáncer.



Es así como, exponemos desde el origen, uso culinario y composición química de la cúrcuma, hasta el mecanismo antitumoral de la curcumina, su presencia en ensayos clínicos a nivel mundial, y las alternativas nanotecnológicas más prometedoras para mejorar sus propiedades y acelerar su aplicación clínica.



## ¿Qué es la curcumina?

Apostaría a que la palabra curcumina le suena familiar. Seguramente está pensando en la cúrcuma, un polvo amarillento utilizado para condimentar alimentos o preparar bebidas en tendencia como la denominada leche dorada que contiene, además de cúrcuma; canela, clavo, cardamomo, jengibre, pimienta y miel, mezcla a la que se le atribuye un gran poder **antioxidante** y **antiinflamatorio**.



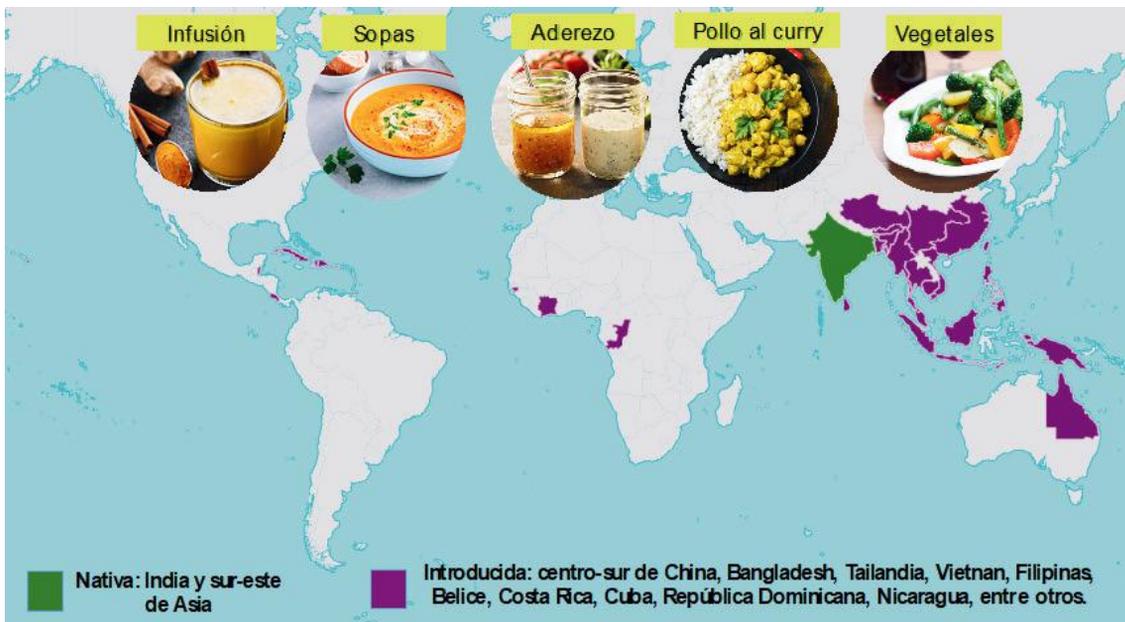
La curcumina es el componente clave de la cúrcuma, lo que en farmacia se conoce como **ingrediente activo**. Ahora se ha de estar preguntando ¿cómo algo que encuentro en el supermercado o en mi alacena, que da color y sabor a mis alimentos, podría ayudar a tratar una enfermedad tan letal como el cáncer? Descubrámoslo a través de esta lectura.

## La cúrcuma, una grandiosa especia de la India

Iniciemos con el deleite. Así como cada región de nuestro país cuenta con exquisitos platillos a base de variedad de chiles (*Capsicum annuum*), el resto del mundo tiene infinidad de tradiciones culinarias basadas en la abundancia de nuestra madre tierra. Por ejemplo, en Asia existe una lista extensa de platillos que contienen cúrcuma. La podemos encontrar en aderezos como la mostaza que utilizamos en occidente y en el curry.



Ahora, nos ha de resultar impresionante como algo que incluimos en nuestra alimentación, probablemente de manera inconsciente o con la finalidad de descubrir nuevos sabores provenientes de países lejanos, pueda traer consigo grandes beneficios a nuestra salud. Pasemos entonces a conocer más sobre su origen, composición química y propiedades.



**Figura 1.** Origen e introducción global del cultivo de la planta cúrcuma (*Curcuma longa* L.) y ejemplo de platillos que la contienen.

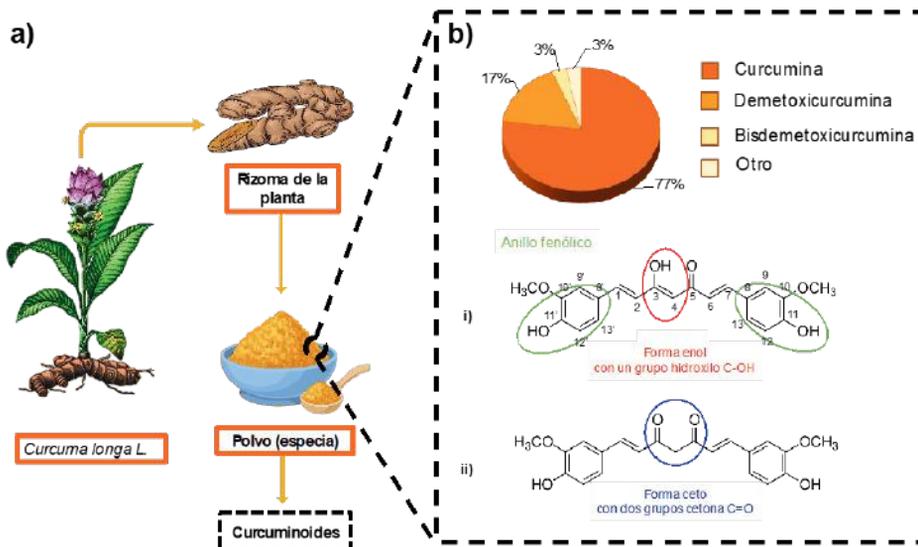
La cúrcuma (*Curcuma longa* Linnaeus) es una planta de origen asiático (Fig. 1). Registros en la literatura mencionan que ha sido cosechada por más de 2,500 años en países como India y China. Su uso medicinal se inició con el **ayurveda**, extendiéndose al mundo entero a través de esta práctica. La cúrcuma se extrae del rizoma de la planta (Fig. 2a). Además de ser utilizada para preparar alimentos, tiene aplicaciones en la industria cosmética y farmacéutica. En **cosmética**, la cúrcuma se utiliza para crear productos como cremas o mascarillas.



Éstas son utilizadas para tratar algunas afecciones en la piel, por ejemplo el acné, o desórdenes de crecimiento de cabello debido a que posee propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antimicrobianas (ataca bacterias y hongos). En farmacia, este extracto destaca principalmente como protector del sistema digestivo debido a que tiene una alta absorción gastrointestinal, comercializándose principalmente en países europeos en forma de comprimidos.



Su característico color entre amarillo y naranja se debe a que contiene pigmentos conocidos como **curcuminoides**; siendo la curcumina el más abundante (77%), seguido de la demetoxicurcumina (17%) y bisdemetoxicurcumina (3%) (Fig. 2b). De ahora en adelante, centraremos nuestra atención en la curcumina, siendo éste el principal curcuminoides bioactivo del extracto.



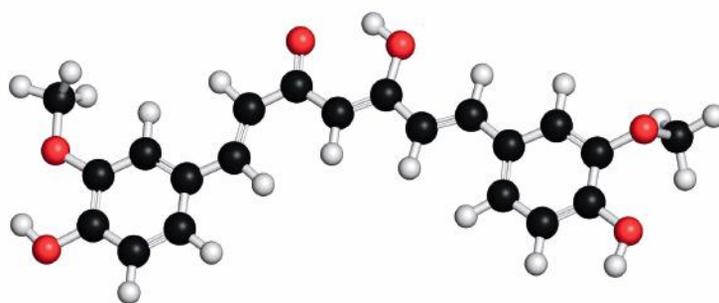
**Figura 2.** Esquematzación del aspecto físico de la planta *Curcuma longa L.*, su rizoma y especia compuesta de pigmentos conocidos como curcuminoides (a). Representación de la proporción de los curcuminoides presentes en la especia cúrcuma, e ilustración molecular de la curcumina en su forma ceto y enol, enfatizando en los anillos fenólicos, grupos cetona y grupos hidroxilo (b).



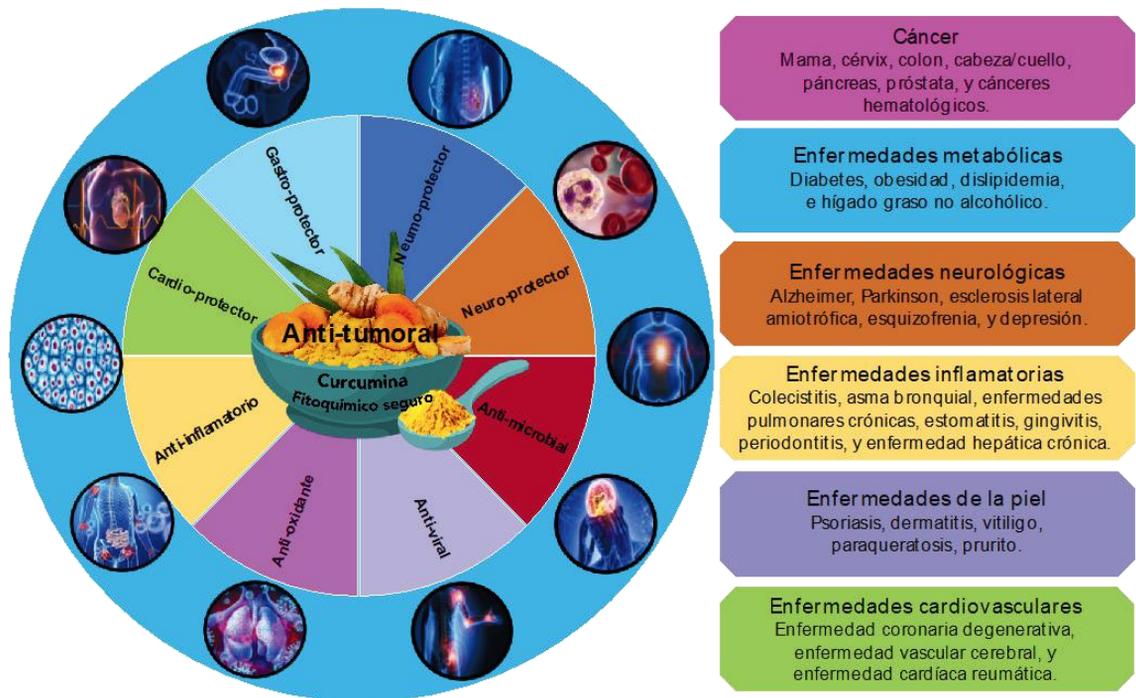
## *La curcumina, una molécula con grandes beneficios*

La curcumina se aisló por primera vez en 1815, y fue purificada hasta obtener su forma cristalina en 1870, lo que dio inicio a su extensa documentación. Según dicta la IUPAC, la curcumina es el compuesto químico llamado 1,7-bis(4-hidroxi-3-metoxifenil)-1,6-heptadieno-3,5-diona-(1E,6E). En breve, la IUPAC nombra al compuesto a partir de su fórmula ( $C_{21}H_{20}O_6$ ) y estructura química (Fig. 2b), es decir, a partir de sus elementos (carbono, hidrógeno y oxígeno), el lugar donde se encuentran, y las uniones que existen entre ellos, lo que da lugar a la formación de lo que en **química orgánica** se conoce como grupos funcionales.

La curcumina contiene dos fenoles, y puede adoptar dos formas: i) la enol, caracterizada por contener grupos hidroxilo uniendo carbono, oxígeno e hidrógeno (C-OH), y ii) la ceto, con grupos cetona que unen a través de un doble enlace un carbono y un oxígeno (C=O). A la forma enol se le atribuyen las propiedades antioxidantes de la curcumina, y la forma ceto es responsable de su actividad biológica. Las propiedades que más destacan en la curcumina, y que han llevado a la comunidad científica a centrar su atención en este polifenol, son su efecto antiinflamatorio, antioxidante, antiviral, antimicrobiano, y la de nuestro mayor interés, antitumoral (Fig. 3).



Ahora que conoces su origen, usos y potencial, veamos cómo sus propiedades podrían ayudar en la prevención y tratamiento de cáncer.



**Figura 3.** Principales atribuciones terapéuticas, y ejes de investigación clínica de la curcumina.

## ¿Qué es el cáncer?

El cáncer representa a un conjunto de enfermedades que se caracterizan por llevar un ritmo descontrolado de crecimiento de células anormales. Éstas pierden su capacidad de morir, lo que en ocasiones conduce a la formación de masas denominadas “tumores”, las cuales pueden expandirse hacia otros órganos o tejidos (**metástasis**). El desarrollo del cáncer varía según ciertos factores físicos, químicos o biológicos, a los cuales llamamos agentes cancerígenos.

Según datos del Observatorio Global del Cáncer (GLOBOCAN) de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el cáncer es la tercera causa de muerte en México.

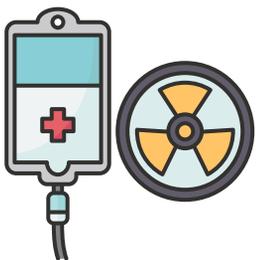


En el año 2021, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) registró un total de más de un millón de muertes, de las cuales cerca del 8.1% fueron atribuidas a cáncer, es decir, 90 123 personas murieron a causa de esta enfermedad en el 2021. De éstas, el 51% fueron mujeres, quienes en edad adulta principalmente desarrollaron cáncer de mama, y el 49% restante fueron varones, quienes desarrollaron mayoritariamente cáncer colorrectal y de próstata.

Uno de los grandes retos, y lo que limita en gran medida el tratamiento efectivo del cáncer, es que cada uno de sus tipos tiene alteraciones moleculares y celulares muy específicas. Los cánceres se agrupan según el tejido que les da origen, nombrándose por ejemplo de la siguiente forma; cáncer de mama, cuando las células que forman los lobulillos, los conductos o el tejido conectivo de la mama se multiplican sin control.



En la actualidad podemos combatir el cáncer a través de diferentes estrategias clínicas, las cuales tienen como objetivo eliminar las células cancerosas evitando que las sanas sufran algún daño. Modalidades como la cirugía, radioterapia y quimioterapia, pueden usarse en combinación para controlar el crecimiento de un tumor y evitar que éste se propague. Particularmente, la quimioterapia, la cual emplea medicamentos para destruir las células cancerosas impidiendo que se dividan, es aplicada de forma sistémica, es decir, se introduce en el torrente sanguíneo para llegar a la parte del cuerpo que lo requiere.



Bajo este esquema, el medicamento también daña células sanas, causando efectos secundarios a los pacientes, por lo que desarrollar mecanismos para dirigir y acumular el medicamento o **fármaco** en el sitio específico de acción sigue siendo uno de los grandes retos de la medicina moderna.

## Aliados naturales en la lucha contra el cáncer

¿Sabías que... más del 60% de los fármacos que se utilizan para combatir el cáncer tienen un origen natural? El uso de derivados naturales se ha estudiado ampliamente en modelos de cáncer; tanto *in silico*, es decir en computadora, *in vitro*, usando células y ambientes **biomiméticos**, e *in vivo*, apoyando la investigación con animales de características muy similares a las del humano. A pesar de mostrar una alta especificidad en su forma pura, un gran número de estos compuestos de origen natural son rechazados en estudios preclínicos por presentar toxicidad e ineficiencia.

Con el paso del tiempo, se ha demostrado que los extractos naturales y sus componentes adaptativos son excelentes fuentes para la generación de moléculas terapéuticas. Así como lo dicta la **xenohormesis**, aquello que daña o estresa a una planta, es capaz de producir compuestos que benefician la salud de otras especies como la humana. En la Figura 4 presentamos algunas plantas que bajo la influencia de algún agente de estrés, producen moléculas bioactivas que benefician el tratamiento del cáncer. Entre éstas no puede faltar la curcumina, la cual se obtiene con mayor rendimiento ante un exceso de calor, y privando la *Curcuma longa* L de nutrientes.



**Figura 4.** Plantas que bajo la influencia de agentes de estrés (en rojo) producen moléculas bioactivas (en azul) con propiedades antitumorales.



Diversos estudios científicos consideran a la curcumina tanto como agente bloqueante, es decir, como una molécula que evita la iniciación del cáncer, que como agente supresor, esto último debido a que detiene el crecimiento de células malignas haciendo que mueran por **apoptosis**. Esta doble función, de prevención y tratamiento, ha sido demostrada *in vivo*, administrando curcumina junto a la dieta habitual de ratones, e *in vitro*, utilizando células aisladas de tejido humano afectado por cáncer.

Más específicamente, existen estudios *in vitro* que muestran como la curcumina recluta a las denominadas células asesinas, las cuales forman parte de nuestro sistema inmunitario innato y se encargan de defendernos ante cualquier amenaza. Estas células asesinas son capaces de reconocer a las células tumorales, dañar su membrana y destruirlas.



Asimismo, la curcumina evita la proliferación de células enfermas inhibiendo la actividad de algunas proteínas y enzimas involucradas en procesos de inflamación, **angiogénesis**, y metástasis. Para que una célula cancerosa muera por apoptosis, la curcumina causa un desequilibrio en su interior y bloquea la actividad de proteínas antiapoptóticas. Recientemente, se ha reportado que la curcumina también disminuye la captación de glucosa y la producción de lactato en células cancerosas, lo que las debilita y lleva a la muerte.

## Curcumina, ¿suplemento o fármaco?

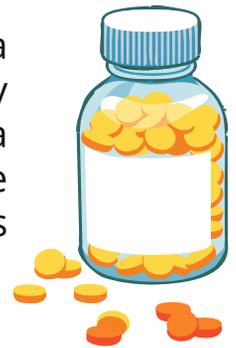
¿Ha notado que cuando va a la farmacia encuentra una sección tras mostrador donde sólo personal capacitado puede entregarle medicamentos, y otra donde usted libremente puede tomar y comprar suplementos nutricionales? En el caso de la curcumina ¿en qué sección podríamos encontrarla?





En la actualidad, la curcumina se comercializa mayormente como suplemento dietario y en su presentación herbolaria, es decir, como cúrcuma. Su consumo, como la leyenda de este tipo de productos lo señala, es responsabilidad de quien lo recomienda y de quien lo usa. En México, este tipo de productos no requieren de un registro sanitario, sólo deben cumplir con ciertas características, por ejemplo en su etiquetado, para darlo de alta ante la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) a través de un Aviso de Funcionamiento.

Sin embargo, para que las agencias reguladoras como la COFEPRIS, FDA (Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos) o EMA (Agencia Europea de Medicamentos) aprueben la comercialización de un medicamento, éste debe pasar por rigurosas pruebas para determinar su eficacia y seguridad.



El proceso, ilustrado en la Figura 5a, comienza con la investigación básica, la cual sirve para determinar cómo un potencial nuevo fármaco interactúa con ciertas biomoléculas, esto permite comprender mejor su especificidad. Enseguida sigue una etapa denominada pre-clínica, aquí se utilizan diversas herramientas y modelos para evaluar la toxicidad y describir los mecanismos biológicos.



Se realizan pruebas en células, tejidos, órganos y animales no humanos (pequeños y **traslacionales**), bajo principios bioéticos bien definidos. Esta etapa sirve para determinar el comportamiento de los modelos una vez expuestos al potencial fármaco, establecer las dosis de tolerancia y efecto, refinar la metodología, predecir resultados y abrir paso a la primera fase de un estudio clínico.

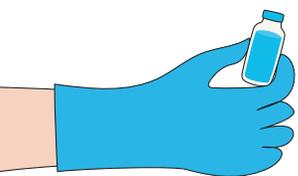


Los estudios clínicos se dividen en dos, los observacionales y los ensayos clínicos. Los **observacionales** sirven para monitorear poblaciones humanas en un periodo de tiempo definido e identificar nuevos tratamientos o estrategias de prevención. En los ensayos **clínicos** se pone a prueba la instrumentación médica en personas, por ejemplo, fármacos o procedimientos quirúrgicos. Con estos ensayos se puede concluir si el nuevo fármaco o procedimiento es más efectivo o menos dañino que otros ya existentes.

Brevemente, en la primera fase de un ensayo clínico (Fase I) se recluta a un grupo pequeño de personas para probar la seguridad y cantidad del fármaco (dosis). Si los resultados son favorables se avanza a la Fase II, en la cual se aumenta el número de individuos para determinar la eficacia del fármaco. En esta fase se inicia la recolección de datos, llevando un control de la progresión de la enfermedad, y refinando el estudio revisando los efectos tóxicos a corto plazo.



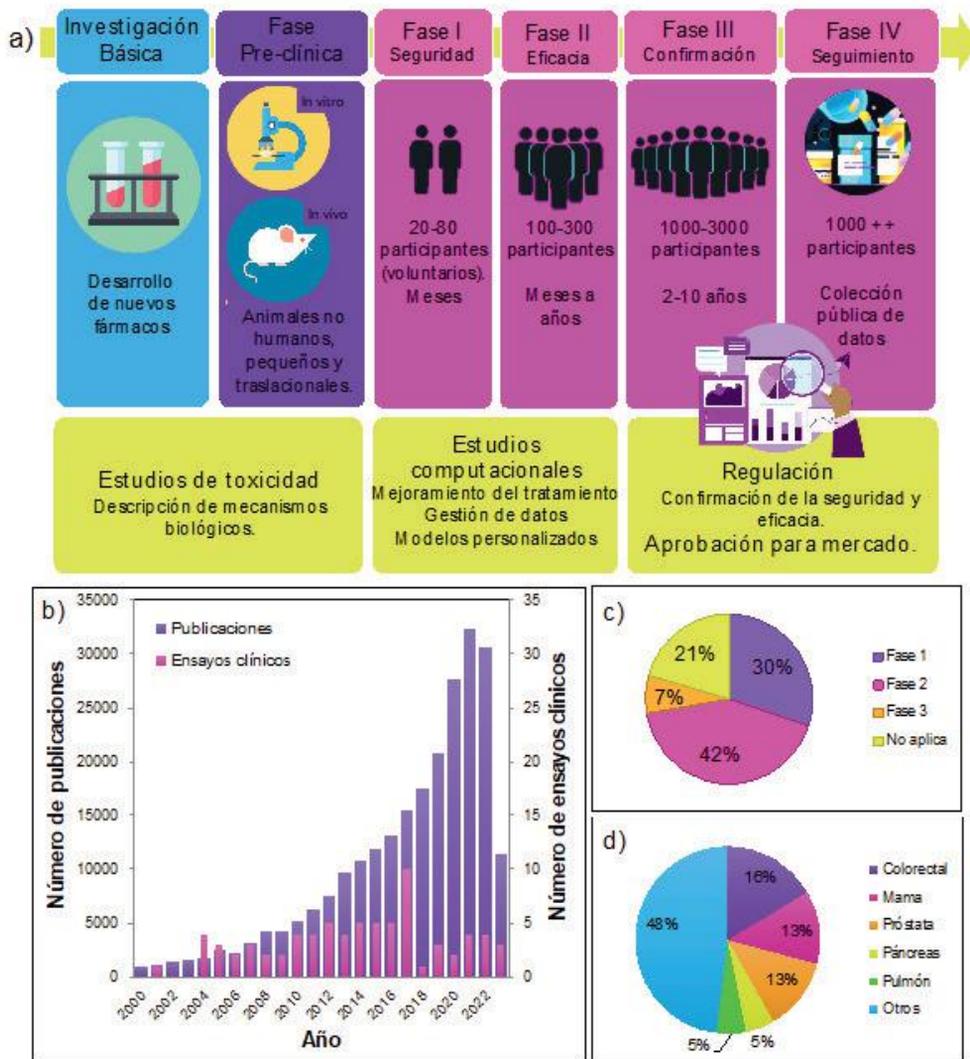
En Fase III participan miles de pacientes con la intención de confirmar la seguridad y eficacia del medicamento en una diversidad de poblaciones y dosis. Es igualmente una fase comparativa donde otros fármacos o tratamientos son puestos a prueba, llegando al punto decisivo y a la aprobación por parte de las agencias reguladoras. En la última fase, se alcanza la aprobación sanitaria para la comercialización del fármaco, y éste sigue siendo monitoreado entre la población para generar información de seguridad en periodos prolongados de tiempo.



Algunas estimaciones indican que en oncología, se tiene una probabilidad de éxito de tan sólo el 3.4%, esto quiere decir que de 100 ensayos clínicos probando fármacos o



dispositivos contra el cáncer, menos de 5 de ellos alcanzan su aprobación y comercialización. Comparado con las vacunas, éstas tienen una probabilidad de éxito del 33.4% global, cifra que podría ilustrar lo que ocurrió durante la gestión de la pandemia por la COVID-19.



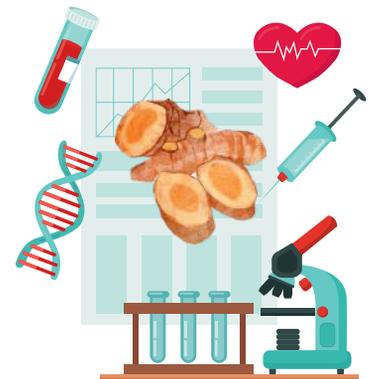
**Figura 5.** Esquemización del proceso de aprobación de nuevos fármacos a través de ensayos clínicos (a), evolución del número de publicaciones y ensayos clínicos enfocados en curcumina y cáncer (b), y distribución de los ensayos clínicos por etapa (c) y tipo de cáncer (d).



## *Estado actual de la curcumina como potencial fármaco antitumoral*

Ahora, echemos un vistazo más de cerca a la curcumina como potencial fármaco antitumoral. Si introducimos en el buscador libre de Google Académico las palabras clave en inglés, “curcumin” y “cancer treatment”, y aplicamos algunos filtros a nuestra búsqueda como el intervalo de tiempo y tipo de búsqueda (publicación o ensayo clínico), obtendremos un gráfico similar al de la Figura 5b. Si vemos detenidamente esta representación de datos, desde el año 2000 hasta 2023, el número de publicaciones centradas en curcumina para tratamiento de cáncer, incluyendo patentes, va en aumento, alcanzando un máximo de aproximadamente 32000 en el 2021.

Esta tendencia difiere en términos de los ensayos clínicos reportados en ClinicalTrials.gov, una base de datos en línea que ofrece información sobre los resultados de los estudios desarrollados por más de 200 países, de donde podríamos rápidamente comentar que existe un factor mayor de 103 de diferencia entre la investigación y la **traslación clínica**.



Del año 2000 a la fecha existen 79 ensayos clínicos registrados alrededor del mundo, sólo el 7% ha logrado llegar a Fase III (Fig. 5c) y estos están enfocados principalmente en el tratamiento de cáncer colorrectal (16%), de mama (13%) y de próstata (13%), padecimientos ubicados en el top 10 de recurrencia mundial (Fig. 5d).

Para ilustrar mejor el estado actual de la curcumina en ensayos clínicos, hemos agrupado en la Tabla 1 algunos estudios activos.



**Tabla 1.** Breve descripción de ensayos clínicos activos (2017 a 2023) de curcumina como terapia contra el cáncer

Título corto	ID	Condición	Intervención	Fase	País	Última actualización
“Ensayo de ventana” sobre la curcumina para tumores primarios de cáncer de mama invasivo	NCT03980509	Cáncer de mama	Fármaco: curcumina (500 mg, antes de cirugía).	I	EUA	07/2023
Curcumina en combinación con 5FU para cáncer de colon	NCT02724202	Cáncer de colon metastásico	Fármaco: curcumina (cápsula, 500 mg 95% curcumina y 5% demetoxicurcumina). Fármaco: fluororacilo	I	EUA	01/2020
Nanocurcumina para pacientes con cáncer de próstata sometidos a radioterapia	NCT02724618	Cáncer de próstata	Fármaco: curcumina (120 mg/d, 3 cápsulas de SinaCurcumin®40). Radiación: Radioterapia (RT) externa de intensidad modulada. Fármaco: placebo	II	Irán	10/2017
“Curcumina” en combinación con quimioterapia en cáncer de mama avanzado	NCT03072992	Cáncer de mama metastásico	Fármaco: curcumina (CUC-01, 300 mg intravenosa (i.v.)) Fármaco: paclitaxel (80 mg/m <sup>2</sup> BS, i.v.) Fármaco: placebo (solución i.v.)	II	Armenia	11/2019
Estudio de curcumina liposomal en combinación con RT y TMZ en pacientes con gliomas de alto grado recién diagnosticados	NCT05768919	Glioblastoma	Fármaco: curcumina (Lipocurc, pre y post-RT). Fármaco: temozolomida (pre y post-RT). Radiación: Radioterapia externa, 2 Gy	I y II	EUA	03/2023
Ensayo de curcumina para prevenir la progresión del cáncer de próstata de bajo riesgo bajo vigilancia activa	NCT03769766	Cáncer de próstata	Fármaco: curcumina (500 mg, Biocurcumax BCM-95). Fármaco: placebo (azúcar).	III	EUA	12/2022

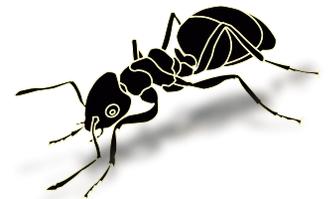


Con estos datos podemos concluir que los esfuerzos van dirigidos principalmente a usar la curcumina como fármaco adyuvante, es decir, para auxiliar otras terapias primarias como la cirugía, quimio- y radioterapia. En breve, el 55% de los estudios han sido diseñados como tratamiento, 25% como estrategia de prevención, 10% como cuidado paliativo y el resto, como estudios observacionales.

## *Nanotecnología: el empujón que hace falta*

**¿Ha escuchado hablar sobre la Nanociencia y sus aplicaciones?** De manera simple, la nanociencia diseña, crea y estudia materiales diminutos cuyas propiedades y beneficios van más allá de lo convencional. Para ponerle en contexto de las dimensiones de estos materiales pensemos en una hormiga, ésta mide alrededor de un centímetro ( $1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$ ), si disminuimos su tamaño diez millones de veces, no lograríamos identificarla a simple vista y nos encontraríamos en la escala nanométrica ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ). A la aplicación de la nanociencia se le conoce como Nanotecnología, y para llegar a esto interviene en cada diseño y fabricación, diversas áreas científicas.

Las matemáticas describen los fenómenos que ocurren a esta escala, la física proporciona información relevante sobre sus propiedades natas y adquiridas, la química rige su naturaleza y comportamiento, y en casos muy particulares, la biología y las ciencias de la salud, confirman los beneficios de un diseño seguro desarrollado para coadyuvar en el área médica.



Existen diversas maneras de clasificar a los nanomateriales, podemos hacerlo a partir de i) sus dimensiones, como las nanopartículas que son consideradas de dimensión cero (OD) o los nanotubos que entran en la clasificación 1D, ii) por su composición química encontramos nanomateriales orgánicos, inorgánicos, de carbono o híbridos, iii) por su



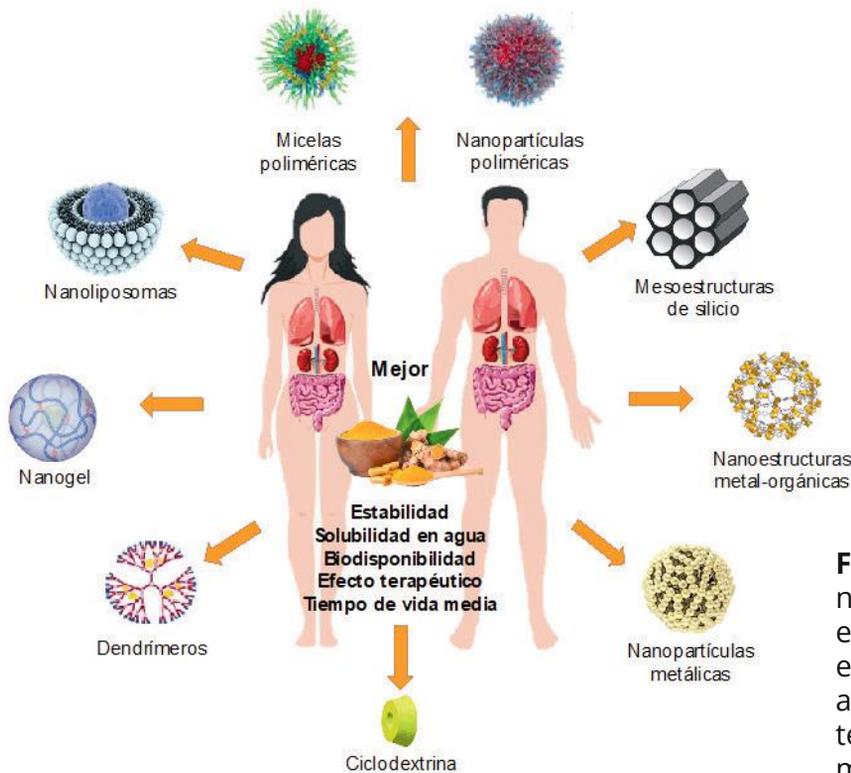
textura podemos decir que existen nanomateriales sólidos o porosos, iv) por su origen pueden ser naturales o sintéticos, y v) por sus propiedades tenemos nanomateriales magnéticos, conductores, entre otros.

Pero, **¿entonces qué beneficio podríamos obtener de combinar la nanotecnología con la curcumina?** Primeramente, re-enfaticemos lo que ha limitado en gran medida su traslación clínica contra el cáncer, situación que ya hemos revisado. Es decir, a pesar de sus conocidas bondades y mecanismos antitumorales, los cuales claramente han permitido llegar a ensayos clínicos fase I y II, la curcumina es pobremente soluble y estable en soluciones acuosas, es decir, en los fluidos que componen aproximadamente el 70% de nuestro cuerpo, estos factores resultan en una baja biodisponibilidad y aceptación celular, disminuyendo enormemente su acción terapéutica.

Para superar estos inconvenientes, las y los científicos trabajamos en alternativas e innovaciones para mejorar las propiedades de la curcumina haciéndola más efectiva contra el cáncer. Algunas opciones involucran el uso de derivados de curcumina, los cuales conservan su bioactividad característica; o la modificación química de ésta para proporcionarle selectividad e inducir toxicidad específicamente en las células cancerosas.



Bajo este segundo esquema, la comunidad científica explora el uso de nanomateriales como acarreadores de fármacos, en otras palabras, como vehículos de escala nanométrica para dirigir y entregar los principios activos en el sitio donde el organismo los requiera, y así aumentar su eficiencia (Fig. 6).



**Figura 6.** Ilustración de los nanomateriales más estudiados para mejorar la estabilidad, solubilidad en agua, biodisponibilidad, efecto terapéutico y tiempo de vida media de la curcumina.

Entre los nano-acarreadores que más han sido evaluados con curcumina, encontramos una amplia variedad de nanomateriales orgánicos, por mencionar algunos tenemos a las nanopartículas y micelas poliméricas, los dendrímeros, nanogeles, y ciclodextrinas. De manera sobresaliente podemos complementar este primer grupo con las estructuras conocidas como nanoliposomas. Éstas son pequeñas burbujas llamadas vesículas que están generalmente compuestas, de manera similar a la membrana de una célula, de moléculas que por una parte son afines al agua (hidrofilicidad), y por otra no (hidrofobicidad). Esto les confiere la capacidad de atrapar principios activos tanto hidrofílicos como hidrofóbicos, aumentar su permeabilidad celular, biodisponibilidad, y tiempo de **vida media**, para mejorar el efecto terapéutico de la molécula bioactiva.



Actualmente, la compañía norteamericana SignPath Pharma ha completado la Fase I de un ensayo clínico que utiliza el **formulado** LipoCurc™ basado en tecnología nanoliposomal para administrar curcumina vía intravenosa como tratamiento adyuvante después de la quimioterapia. Este nanoliposoma permite una dosificación sostenida de curcumina y ha mostrado un efecto cardioprotector que le confiere una ventaja a la administración del compuesto. La Fase II está en proceso, por lo que el Hospital de la Universidad Johns Hopkins está reclutando pacientes con tumores cerebrales (Tabla 1) para su evaluación incluyendo radioterapia. Un segundo grupo de nanomateriales que está siendo explorado incluye compuestos inorgánicos para atrapar la curcumina y mejorar su estabilidad. A continuación presentamos algunos ejemplos, los cuales estudiamos en nuestro grupo de trabajo.

## *Los esfuerzos de nuestro grupo de trabajo*

Nuestro Laboratorio es un espacio co-dirigido por profesionistas del programa Investigadoras e Investigadores por México del CONAHCyT, anteriormente conocido como Cátedras CONACyT, y fue inaugurado en julio del 2022. En éste desarrollamos nanomateriales siguiendo diseños seguros y rutas de síntesis verde para contribuir con los objetivos globales de sostenibilidad. Estos nanomateriales se elaboran para generar el conocimiento que será aplicado para coadyuvar en mejorar el efecto de las terapias convencionales contra el cáncer.

Usamos extractos naturales durante la síntesis de nuestros materiales sacando ventaja de su actividad biológica, reductora y estabilizadora, caracterizamos sus propiedades de manera sistemática empleando técnicas complementarias, y evaluamos su efecto en cultivos celulares que imitan el escenario de un organismo vivo, así como en plantas para garantizar su seguridad al considerar el ciclo completo del nanomaterial.





De manera particular, en colaboración con investigadoras e investigadores de otras Universidades nacionales, empleamos silicio poroso para atrapar la curcumina en su interior. Brevemente, nuestros resultados muestran que la curcumina se libera de manera sostenida variando la acidez de la solución donde la probamos, la cual simula el ambiente fisiológico de un tejido sano y de uno canceroso. Asimismo, hemos observado que células de cáncer cervicouterino se deforman y mueren cuando se exponen al silicio poroso cargado de curcumina. Estos resultados forman parte de una tesis profesional, y estamos entusiastas en publicar próximamente los hallazgos.

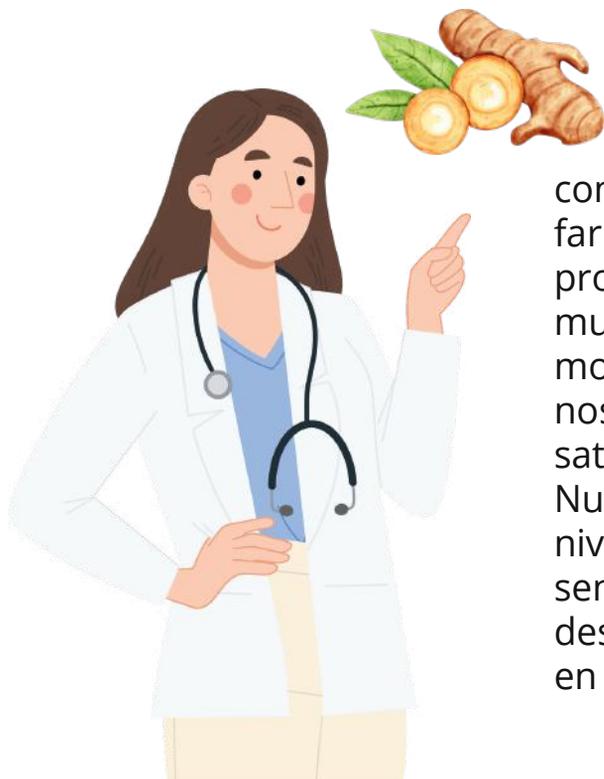
Otra alternativa en la que trabajamos consiste en combinar químicamente la curcumina con metales como el hierro y el bismuto mediante métodos simples que cumplen los principios de la química verde. De esta manera generamos nanoestructuras de forma, tamaño y textura variable, que no solo conservan las propiedades antitumorales de la curcumina, sino también estabilizan y mejoran su solubilidad.



Particularmente, en células que cultivamos para formar monocapas o agregados que imitan la formación de tumores, los compuestos a base de hierro y curcumina muestran selectividad hacia células cancerosas, por lo que se está investigando si son seguras para células de la sangre con la perspectiva de ser administradas in vivo a través de la vena en un



siguiente paso de investigación pre-clínica. Finalmente, no está de más enfatizar que la curcumina sigue siendo objeto de estudio, y que actualmente no existen ensayos clínicos validados para aplicarla en oncología.



Cualquier recomendación para su consumo, en forma herbolaria (cúrcuma) o farmacéutica (curcumina), debe ser dada por profesionistas de la salud. Aún nos queda mucho camino por recorrer, pero nuestra motivación, dedicación y trabajo en equipo nos han llevado a cosechar grandes satisfacciones en esta disciplina científica. Nuestro compromiso es hacer ciencia de alto nivel, y formar talento humano con gran sentido ético para así estrechar la brecha del desarrollo nanotecnológico de nuestro país en áreas de la salud. 🍀

## *Agradecimientos*

Al programa Investigadoras e Investigadores por México del CONAHCyT que a través del proyecto CIR/0014/2022 permite el desarrollo científico y humano del talento nacional. A CONAHCyT por financiar los Proyectos Ciencia de Frontera 102986 y CF-2023-I-1196 que contribuyen en la generación y aplicación del conocimiento, y en fomentar del diseño seguro y sostenible de nanoterapéuticos. A quienes colaboran con el BiNaT.

Crédito de imágenes en orden de aparición: Iulia Cozlenco (Getty Images, GI), Karl Solano (Pexels, P), Nikolay\_Donetsk (GI), caffeesystem (pixabay, pi), OpenClipart-Vectors (pi), Iuliia Rostovtseva, Lamu Project (GI), Milatoo, Science Photo Library, schlosann (GI), tamatus-art, Shooshooshop, Camille Ramos, amethyststudio, Bronzini (P), Chinmayi Shroff (GI), Chelsea Gonzales (Sketchify, S), VS, Clker-Free-Vector-Images (pi), Karolina Grabowska (P), Marx Fidel (S), madeleinsteinbach, ivandesign, OneEhyStudio, mansum008 (GI), ajale (pi), OlivaArt, Indahlestar29, KPS (GI), ollo (Getty Images Signature, GIS), FlatIcons, vectorwin, egal (Getty Images Pro, GIP), Prostock-Studio (GI), ivector, Yuliia Chyzhevskaya, tuchel, Billion Photos, bdsppnimage, Heyauli, ncp18, kwanchaichaiudom (GIP), NirmalSarkar (pi), pavelnaumov, Ivan Negru's Images. Crédito de figuras: Proporcionadas por los autores.

*Diseño de publicación: Yareli Fiburcio*



## Conceptos

**Ayurveda:** busca la buena salud, prevención y tratamiento de enfermedades a través de un estilo de vida saludable y la herbolaria. Es holística, con una visión integral cuerpo-mente.

**IUPAC:** Unión Internacional de Química Pura y Aplicada, organismo que reúne a las sociedades de química de varios países, quienes se encargan de establecer estándares para definir, entre otras cosas, los nombres y símbolos de los compuestos químicos.

**Antioxidante:** se emplea principalmente cuando nos referimos a moléculas de origen natural, como los polifenoles, cuya estructura química contiene anillos aromáticos y grupos hidroxilo (-OH) que pueden ceder átomos de hidrógeno o electrones a un radical libre que contiene oxígeno para neutralizarlo y evitar que cause daño celular.

**Antiinflamatorio:** es una sustancia o medicamento capaz de inhibir el edema (hinchazón), dolor, fiebre, y disfunción que se produce durante un proceso de inflamación y daño tisular.

**Ingrediente o principio activo:** es la parte de un medicamento destinada a causar una acción farmacéutica, inmunológica o metabólica determinada conocida. En otras palabras, es la molécula responsable del efecto deseado.

**Holística:** se define como lo perteneciente al holismo, una corriente que sostiene que los sistemas, por ejemplo el ser humano, debe considerarse como un todo de partes integradas. El estudio de las partes no explican el todo, el todo es más que la suma de las partes.

**Rizoma:** tallo subterráneo horizontal que emite raíces y brotes herbáceos, es también donde algunas plantas almacenan sustancias de reserva.

**Curcuminoides:** pigmentos polifenólicos presentes en los rizomas de la planta *Curcuma Longa*, de la familia del jengibre (*Zingiberaceae*), también conocida como turmérico o haldi, nativa del sur y sudeste tropical de Asia.

**Química orgánica:** especialidad química que estudia sustancias que en su estructura molecular contienen carbono combinado principalmente con hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y azufre. Analiza su estructura, propiedades y aplicaciones.

**Fenoles:** sustancia que se caracterizan por tener al menos un anillo aromático (benceno) unido a un grupo hidroxilo. Estos compuestos son producidos por plantas y poseen, entre otras, propiedades antioxidantes.

**Metástasis:** cuando se propaga o disemina un cáncer desde el lugar donde se originó hasta otra parte del cuerpo se denomina cáncer metastásico, o según algunas clasificaciones, cáncer en estadio IV.

**Fármaco:** Según la OMS, un fármaco se define como toda sustancia que, introducida en el organismo vivo, pueda modificar una o más de las funciones de éste.

**Biomimético:** el Diccionario de la Lengua Española define biomimetismo como la imitación de los diseños y procesos de la naturaleza en la resolución de problemas.



## Conceptos

**Xenohormesis:** proviene del prefijo xeno- que significa extraño, y -hormesis que es la respuesta protectora inducida por un estrés leve.

**Apoptosis:** muerte celular que ocurre a partir de una serie de procesos moleculares y que sirve para deshacerse de células innecesarias o anormales. Se conoce como muerte celular programada, y suele estar bloqueada en células cancerosas.

**Angiogénesis:** formación de nuevos vasos sanguíneos a partir de microvasos preexistentes, contribuye en el crecimiento de tumores.

**Animal traslacional:** animal mamífero con similitudes al humano en aspectos como su farmacodinámica, farmacocinética, fisiología y fisiopatología. Usados en etapas pre-clínicas.

**Traslación clínica:** Proceso en el cual se llevan los avances científicos de laboratorio hacia el paciente.

**Vida media:** lapso en el que la concentración de un fármaco tarda en disminuir a la mitad de su valor inicial.

**Formulado:** para la industria farmacéutica es la forma en que se adaptan los ingredientes activos y excipientes (sustancias inertes para dar consistencia) para obtener un medicamento y permitir su administración al organismo.

## Para Consulta

 Hatcher H, Planalp R, Cho J, *et al.* 2008. Curcumin: from ancient medicine to current clinical trials. Cellular and molecular life sciences: CMLS 65(11): 1631–1652. <https://doi.org/10.1007/s00018-008-7452-4>

 Rattis BAC, Ramos SG, Celes MRN. 2021. Curcumin as a Potential Treatment for COVID-19. Frontiers in Pharmacology 12. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.675287>

 Hooper PL, Tytell M, Vígh L. 2010. Xenohormesis: health benefits from an eon of plant stress response evolution. Cell stress & chaperones 15(6): 761–770. <https://doi.org/10.1007/s12192-010-0206-x>

 Tomeh MA, Roja H, Xiubo Z. 2019. A Review of Curcumin and Its Derivatives as Anticancer Agents. International Journal of Molecular Sciences. 20(5): 1033. <https://doi.org/10.3390/ijms20051033>



-  Fu Y-S, Chen T-H, Weng L, *et al.* 2021. Pharmacological properties and underlying mechanisms of curcumin and prospects in medicinal potential. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 141: 111888. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.111888>.
-  Chen Y, Lu Y, Lee RJ, *et al.* 2020. Nano Encapsulated Curcumin: And Its Potential for Biomedical Applications. *Int J Nanomedicine* 15:3099-3120. <https://doi.org/10.2147/IJN.S210320>
-  Wong KE, Ngai SC, Chan K-G, *et al.* 2019. Curcumin Nanoformulations for Colorectal Cancer: A Review. *Frontiers in Pharmacology* 10:152. <https://doi.org/10.3389/fphar.2019.00152>



### Perla Angélica Izaguirre Camargo

Actualmente estudiante de la maestría en Ciencias Farmacobiológicas de la Facultad de Ciencias Químicas, UASLP. Su campo de interés es la aplicación de síntesis verde para obtener nanopartículas metálicas, y evaluar la biocompatibilidad y bioseguridad de éstas en organismos vivos a través de ensayos *in vitro* y *ex vivo*.

contacto: [perla.izaguirre.camargo@outlook.com](mailto:perla.izaguirre.camargo@outlook.com)



### Ingrid Guadalupe Meza Pardo

Doctora en Ciencias de los Materiales, actualmente en una estancia posdoctoral por México en el Laboratorio de Bionanotecnología (BiNaT) en el Instituto de Física de la UASLP. Sus áreas de interés se enfocan en el desarrollo y aplicación de nanomateriales con efectos terapéuticos intrínsecos, obtenidos a través de síntesis amigables con el medio ambiente. contacto: [ingrid.mezap@gmail.com](mailto:ingrid.mezap@gmail.com)



### Daniela E. Salado Leza

Responsable del Laboratorio de Bionanotecnología del Instituto de Física de la UASLP. En el BiNaT empleamos rutas verdes para desarrollar nanoestructurados con el potencial de auxiliar las terapias convencionales contra el cáncer, y los evaluamos en tejidos animales y vegetales para verificar su seguridad y atributo terapéutico.

contacto: [daniela.salado@conahcyt.mx](mailto:daniela.salado@conahcyt.mx)