

Compuestos bioactivos: evidencia científica sobre su impacto en la prevención y tratamiento del cáncer

Bioactive compounds: scientific evidence on their impact in cancer's prevention and treatment

Ana Elizabeth Chávez Hernández *,  Eugenia Morales-Rivera**

Artículo recibido: 09-03-26
Artículo aprobado: 16-04-26

Palabras clave:

compuestos bioactivos, cáncer, prevención, tratamiento, mecanismos de acción.

Keywords:

bioactive compounds, cancer, prevention, treatment, mechanisms of action.

Cómo citar este artículo

Chávez Hernández, A. E., & Morales Rivera, E. Compuestos bioactivos: evidencia científica sobre su impacto en la prevención y tratamiento del cáncer. *Entretextos*, 18(42), 1-21. <https://doi.org/10.59057/iberoleon.20075316.202642800>.

Resumen

En este artículo de revisión científica se examina el papel de los compuestos bioactivos de origen alimentario como herramientas potenciales, tanto para la prevención como el tratamiento complementario del cáncer, el cual es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad a nivel mundial. Se analizan los principales grupos de compuestos bioactivos, así como sus fuentes dietéticas más relevantes. Éstos han mostrado efectos biológicos significativos mediante diversos mecanismos de acción, entre los que destacan la actividad antioxidante, antiinflamatoria, antiproliferativa, proapoptótica y moduladora de la expresión génica, los cuales contribuyen a inhibir el desarrollo y la progresión tumoral. Asimismo, se describen los tipos de cáncer en los que existe mayor evidencia científica, incluyendo el de mama, de colon, de próstata y de pulmón a partir de estudios *in vitro*, en modelos animales y en ensayos clínicos preliminares. A pesar de los resultados prometedores, la evidencia clínica aún es limitada y heterogénea, lo que dificulta establecer recomendaciones terapéuticas. Por esta razón, se enfatiza la necesidad de realizar estudios clínicos que permitan definir dosis seguras y efectivas, además de estrategias para mejorar la biodisponibilidad de dichos compuestos, con el fin de optimizar su aplicación dentro de la práctica clínica y la nutrición oncológica.

* Licenciatura en Nutrición y Ciencias de los Alimentos de la Universidad Iberoamericana León. Correo electrónico: chavezbeth24@gmail.com.

** Doctorado en Ciencias Médicas por la Universidad de Guanajuato. Directora del Departamento de Ciencias de la Salud de la Universidad Iberoamericana León. Correo electrónico: eugenia.morales@iberoleon.edu.mx.

Abstract

This scientific review article examines the role of bioactive compounds from food sources as potential tools for both the prevention and complementary treatment of cancer, which is one of the leading causes of morbidity and mortality worldwide. The main groups of bioactive compounds are analyzed, as well as their most relevant dietary sources. These compounds have shown significant biological effects through various mechanisms of action, including antioxidant, anti-inflammatory, antiproliferative, proapoptotic, and gene expression modulating activities, which contribute to inhibiting tumor development and progression. Likewise, the types of cancer for which there is greater scientific evidence are described, including breast, colon, prostate, and lung cancer, based on *in vitro* studies, animal models, and preliminary clinical trials. Despite promising results, clinical evidence is still limited and heterogeneous, making it difficult to establish therapeutic recommendations. For this reason, the need for clinical studies to define safe and effective doses, as well as strategies to improve the bioavailability of these compounds, is emphasized in order to optimize their application in clinical practice and oncological nutrition.

Introducción

El cáncer es el conjunto de enfermedades que se originan en casi cualquier órgano o tejido del cuerpo, cuando células anormales crecen de forma descontrolada, sobrepasan sus límites habituales e invaden partes adyacentes del cuerpo u otros órganos (World Health Organization [WHO], 2026).

A nivel nacional, en 2023 hubo 91 562 muertes por cáncer; aproximadamente un tercio de éstas se deben al consumo de tabaco, un elevado índice de masa corporal, consumo de alcohol, baja ingesta de frutas y verduras, así como falta de actividad física (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2025; WHO, 2026). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022), los tipos de cáncer con mayor incidencia fueron el de mama, pulmón, colorrectal, próstata, piel y gástrico (WHO, 2026).

El desarrollo del cáncer está estrechamente relacionado con alteraciones en el ciclo celular, proceso mediante el cual las células crecen y se dividen de manera controlada. Este ciclo se compone de diferentes fases (G1, S, G2 y M), reguladas por proteínas como las ciclinas y las quinasas dependientes de ciclinas, que aseguran la correcta replicación del ADN y la división celular. Cuando estos mecanismos fallan, las células pueden proliferar de manera descontrolada (Escalona, 2019).

En este contexto, es importante diferenciar entre tumor y neoplasia. El primero hace referencia a cualquier aumento de volumen en un tejido, mientras que la neoplasia es

una proliferación celular anormal, autónoma y progresiva. Éstas pueden ser benignas o malignas, las cuales se caracterizan por su capacidad de invasión y metástasis, lo que define al cáncer (Instituto Nacional del Cáncer [NIH], 2021a).

A continuación, se presentan los rasgos del cáncer (Talib *et al.*, 2024a):

- **Señalización proliferativa constante.** Hay cambios significativos en las vías de crecimiento y señalización de las células cancerosas.
- **Evasión de los supresores del crecimiento.** Las células cancerosas son insensibles a componentes que verifican el estado de la célula antes de que crezca y se divida.
- **Resistencia a la muerte celular.** Existen mecanismos que permiten la supervivencia y progresión de células cancerosas.
- **Inmortalidad replicativa.** La longitud de los telómeros se reduce durante cada ciclo de división celular, envejeciendo, las células cancerosas tienen longitudes de telómeros largas para evitarlo.
- **Acceso a la vasculatura.** Los tumores necesitan oxígeno para sobrevivir y crecer, depende de la formación de vasos sanguíneos. En el cáncer, este proceso se mantiene activado.
- **Metástasis.** Las células cancerosas pueden invadir tejidos cercanos y entrar en los vasos sanguíneos o linfáticos, viajando a otras partes del cuerpo.
- **Reprogramación del metabolismo celular.** Las células cancerosas tienen un metabolismo acelerado y consumen grandes cantidades de glucosa, favoreciendo la glucólisis aeróbica; utilizan glutamina y lactato para generar energía.
- **Evasión del sistema inmune.** Los tumores desarrollan estrategias para evadir el sistema inmunológico, evitando su eliminación.
- **Plasticidad fenotípica y diferenciación alterada.** La plasticidad celular ocurre de varias formas: algunas células cancerosas retroceden a un estado inmaduro; otras, evitan completar su diferenciación y algunas cambian de identidad mediante la transdiferenciación, creciendo sin control.

El cáncer es una enfermedad compleja. Su desarrollo puede verse influenciado por factores de riesgo, aunque no todas las personas expuestas a carcinógenos o con predisposición genética lo desarrollan (Gale, 2024). Tales factores pueden clasificarse en dos categorías: modificables y no modificables (Weeden *et al.*, 2023).

Entre los factores **no modificables** se encuentra la edad, ya que el riesgo aumenta con la misma, debido a una mayor exposición a carcinógenos y un sistema inmunológico debilitado, lo que favorece la supervivencia de células anormales. Más del 60 % de los casos de cáncer se diagnostican en personas mayores de 60 años (NIH, 2021a). Por otro lado, tipos de cáncer como el tumor de Wilms y el retinoblastoma afectan más a los niños, debido a que existen anomalías cromosómicas y mutaciones en genes reguladores del crecimiento celular que pueden resultar en cáncer (Gale, 2024).

La inflamación crónica (respuesta inmunitaria anormal) puede causar daño al ADN, aumentando el riesgo de cáncer por la constante producción de citocinas proinflamatorias, especies reactivas de oxígeno y nitrógeno, promoviendo la proliferación celular. Se estima que entre el 15 y el 20 % de los diagnósticos de cáncer a nivel mundial están asociados con procesos inflamatorios crónicos (WHO, 2026). Ejemplos de ello incluyen enfermedades como obesidad, colitis ulcerosa y enfermedad de Crohn (NIH, 2021a).

También se consideran la respuesta inmunitaria, el estrés oxidativo, la microbiota, el metabolismo, la regulación endocrina, la respuesta al daño en el ADN, propias de cada individuo (Weeden *et al.*, 2023).

En los factores **modificables** destacan el tabaquismo y el consumo de alcohol, asociados con un mayor riesgo de cáncer en diversos órganos. El consumo de tabaco se relaciona con aproximadamente el 22 % de las muertes por cáncer a nivel mundial debido al estrés oxidativo que causa; por otro lado, el alcohol incrementa el riesgo de cáncer mediante la producción del acetaldehído, el cual puede dañar el ADN (WHO, 2026).

Otros factores, como la contaminación ambiental y la radiación ionizante pueden contribuir con el daño celular. La incidencia del cáncer se relaciona por factores geográficos, como la alta prevalencia de cáncer gástrico en Japón, por una combinación de genética y estilo de vida (Gale, 2024).

El consumo elevado de grasas saturadas, embutidos, alimentos carbonizados, así como la obesidad, han sido vinculados con un mayor riesgo, al igual que el uso prolongado de fármacos hormonales (anticonceptivos orales y la terapia de reemplazo hormonal en el de cáncer de mama) (Gale, 2024).

Algunas infecciones pueden desempeñar un papel en la aparición de cáncer: virus del papiloma humano (VPH), hepatitis B y C, así como la bacteria *Helicobacter pylori*. Alrededor del 13 % de los casos en el mundo se relacionan con agentes infecciosos (Gale, 2024; NIH, 2021a; WHO, 2026).

Existen factores **protectores**, como la alimentación y la actividad física, que pueden ser modificados para reducir el riesgo de diversas enfermedades. Estudios epidemiológicos

han demostrado una relación significativa entre el consumo de vegetales y una menor incidencia de cáncer, enfermedades cardiovasculares y otros padecimientos crónicos. Este efecto beneficioso se atribuye a la presencia de compuestos bioactivos en estos alimentos (Gámez, 2020).

Por lo mencionado anteriormente, el objetivo de este artículo es analizar, mediante una revisión de la literatura de evidencia científica, los mecanismos y el impacto de los principales compuestos bioactivos en la prevención y tratamiento de diferentes tipos de cáncer, para lo cual se realizó una búsqueda en las bases de datos EBSCO, PubMed, Google Académico, Scielo y Redalyc, abarcando estudios en inglés y español, publicados entre 2020 y 2025.

Compuestos bioactivos

Los compuestos bioactivos son sustancias químicas no esenciales que se presentan en pequeñas cantidades en plantas y alimentos, como frutas, verduras, nueces, aceites y granos integrales (NIH, 2021b).

No son esenciales para la supervivencia, pero pueden ejercer efectos biológicos en el organismo debido a su estructura química y su papel en las actividades celulares y fisiológicas, como la modulación de vías de señalización, actividad antioxidante y regulación del ciclo celular, por lo que han ganado interés en la prevención del cáncer, ante lo cual es necesario identificar sus mecanismos de acción para comprender su efecto en la carcinogénesis (Choudhury, 2020).

El Laboratorio de Antioxidantes (LAOX) los clasifica en: polifenoles (quercetina, resveratrol); carotenoides (licopeno, luteína); glucosinolatos (sinigrina); compuestos organoazufrados (alicina); fitoestrógenos (genisteína); esteroides y estanoles (estigmasterol); terpenos (limoneno) y fructooligosacáridos (kestosa, nistosa) (Fuentes *et al.*, 2019).

Mecanismos de acción de los compuestos bioactivos

Los compuestos bioactivos han mostrado potencial para ejercer efectos antitumorales por medio de múltiples mecanismos que podrían influir en procesos del desarrollo y progresión del cáncer:

Modulación de la inflamación: se ha sugerido que los compuestos bioactivos pueden contribuir a la reducción de mediadores proinflamatorios, como la interleucina proinflamatoria, el factor de necrosis tumoral alfa y la ciclooxigenasa II (Amintas *et al.*, 2022).

Inducción de apoptosis: los compuestos bioactivos podrían favorecer la apoptosis, un proceso de muerte celular programada que elimina células dañadas o anormales y previene la proliferación descontrolada (National Human Genome Research Institute, 2025).

Diversos compuestos bioactivos podrían contribuir a la *estabilidad genética* por estabilización de las histonas y disminución en las roturas en el ADN (Amintas *et al.*, 2022).

La *actividad antioxidante* de los compuestos puede favorecer la eliminación de radicales libres, lo que se asocia con la posible inhibición del desarrollo y el progreso del cáncer (NHI, 2021b; Yuan *et al.*, 2022).

Las terapias de sustitución hormonal se han asociado con un mayor riesgo de cáncer de mama por los niveles elevados de estrógeno. En este contexto, los fitoestrógenos podrían ejercer *efectos antiestrogénicos*, uniéndose a receptores de estrógeno por su estructura similar (Greger, 2019).

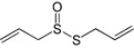
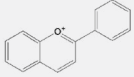
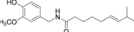
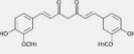
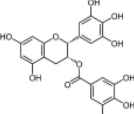
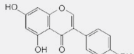
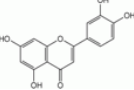
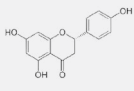
Inhibición del ciclo celular: algunos compuestos bioactivos podrían intervenir en este proceso mediante la activación de la proteína p53 y el bloqueo en diferentes fases, favoreciendo la reparación o eliminación celular (Amintas *et al.*, 2022).

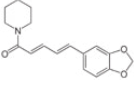
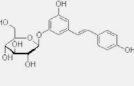
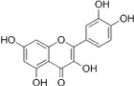
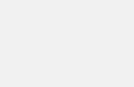
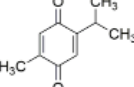
La angiogénesis es la formación de nuevos vasos sanguíneos a partir de los ya existentes, lo que permite el crecimiento del cáncer, ya que el tumor necesita un suministro de sangre para crecer. Algunos compuestos bioactivos han mostrado potencial en la inhibición de la angiogénesis, impidiendo el desarrollo de la red vascular que alimenta al tumor (NIH, 2021b).

Inhibición de invasión y metástasis: ciertos compuestos podrían contribuir limitando la propagación de células cancerosas al interferir con procesos clave que favorecen la metástasis, iniciando con la *invasión local*, donde las células tumorales adquieren movilidad y pueden acceder a vasos sanguíneos o linfáticos por degradar la matriz extracelular. Seguido, ocurre la *intravasación*, donde las células ingresan a la circulación y se convierten en tumorales; cuando alcanzan un órgano distante, ocurre la *extravasación*, donde las células atraviesan la pared vascular para infiltrarse en el tejido, terminando con la colonización, donde éstas se adaptan a su nuevo ambiente y proliferan (Amintas *et al.*, 2022; Guerra *et al.*, 2020).

A continuación, se presenta un resumen de dichos compuestos:

Tabla 1. Compuestos bioactivos más importantes relacionados con la prevención de cáncer.

Nombre del compuesto bioactivo	Fuentes alimentarias	Estructura química	Mecanismos de acción	Modelo/ estudio	Tipo de cáncer donde actúa	Dosis terapéutica	Referencia
Alicina	Ajo		Antioxidante, apoptosis, inhibición de invasión, metástasis y angiogénesis	<i>In vivo</i>	Leucemia, tiroides, conductos biliares, pulmón, colon	5 mg/kg	Talib <i>et al.</i> , 2024a, 2024b
Antocianinas	Arándanos, moras, frambuesas, zarzamoras, cereza, granada, berenjena, col morada, jamaica		Apoptosis, antiproliferación, inhibición de metástasis	<i>In vivo</i>	Pulmón, mama, colorrectal, hígado	6.25-100 µg/mL	Bars-Cortina <i>et al.</i> , 2021; Talib <i>et al.</i> , 2024a
Capsaicina	Chiles y pimientos picantes		Estabilidad genética, detención del ciclo celular e inhibidor de angiogénesis y metástasis	<i>In vivo</i> <i>In vitro</i>	Mama, colon, pulmón, próstata, pancreático, vejiga, hígado y tiroides	1-10 mg/kg; 10 a 100 µM	Choudhury <i>et al.</i> , 2020; Radhakrishna <i>et al.</i> , 2024
Curcumina	Cúrcuma, curry en polvo		Inhibición de angiogénesis y metástasis, apoptosis, detención del ciclo celular, daño al ADN	<i>In vitro</i>	Pulmón, tumor de Wilms, mama, digestivo	0.25-0.5 µM	Smaguraskaite <i>et al.</i> , 2020; Talib <i>et al.</i> , 2024a
Galato de epigallocatequina (EGCG)	Té verde, té negro		Apoptosis, detención del ciclo celular, inhibición de angiogénesis	<i>In vitro</i>	Colon, mama, nasofaríngeo, pulmón, cabeza y cuello	5-40 µg/mL	Talib <i>et al.</i> , 2024a
Genisteína	Soya y sus derivados; brócoli, coliflor, semillas de girasol		Antiinflamación, inhibición de angiogénesis y metástasis, apoptosis, efecto antiestrogénico	<i>In vitro</i>	Próstata, mama, colon, hígado	5-20 µM	Bhat <i>et al.</i> , 2021; Talib <i>et al.</i> , 2024a
Luteolina	Apio, perejil, pimiento verde y amarillo, brócoli, zanahoria, cítricos (parte blanca), cáscara de manzana		Apoptosis, antioxidante, detención del ciclo celular, antiinflamación, inhibición de metástasis	<i>In vitro</i>	Colon, mama	40 µM/l	Talib <i>et al.</i> , 2024a
Naringenina	Toronja, naranja, mandarina, limón		Inhibición de la captación de glucosa, anti-proliferación, apoptosis	<i>In vivo</i>	Mama, melanoma, hígado	25 mg/kg	Choudhury <i>et al.</i> , 2020

Piperina	Pimienta negra		Antioxidante, detención del ciclo celular, apoptosis, inhibición de metástasis	<i>In vitro</i>	Colon, ovario, mama, cervical, pulmón	75-100 µM	Talib <i>et al.</i> , 2024a
Polidatina	Uvas moradas, vino tinto, frutos rojos		Antioxidante, apoptosis, inhibición de metástasis, antiproliferación	<i>In vitro</i>	Hígado, nasofaríngeo, epidérmico	No reportado	Choudhury <i>et al.</i> , 2020
Quercetina	Cebolla, brócoli, col rizada, espárragos, uvas, cítricos, frutos rojos		Apoptosis, inhibición de invasión y metástasis, detención del ciclo celular	<i>In vitro</i>	Mama, leucemia, nasofaríngeo	14.8-52 µM	Talib <i>et al.</i> , 2024a
Resveratrol	Uva morada, vino tinto, cacahuates, té, moras, cacao		Apoptosis, antiproliferación, estabilidad genética, antiinflamación, detención del ciclo celular, inhibición de invasión y metástasis	Humano (ensayos clínicos fase I)	Cervical, hepático, prostático, cerebral, tiroideo, ovárico, esofágico, gástrico, bronquial, pulmonar, cutáneo, cabeza y cuello	2 a 5 g/día	Choudhury <i>et al.</i> , 2020; Talib <i>et al.</i> , 2024a
Timoquinona	Comino negro		Apoptosis, detención del ciclo celular	<i>In vivo</i>	Mama, próstata, gástrico, esófago y vejiga	20 mg/kg	Talib <i>et al.</i> , 2024a

Fuente: Elaboración propia con base en Bars-Cortina *et al.* (2021); Choudhury *et al.* (2020); Bhat *et al.* (2021) y Talib *et al.* (2024a, 2024b).

Evidencia científica sobre la eficacia de los compuestos bioactivos en la prevención del cáncer

Si bien, los compuestos bioactivos presentan múltiples mecanismos de acción que sugieren un papel protector frente al desarrollo del cáncer, es necesario respaldar estas propiedades con estudios científicos. Investigaciones *in vitro*, en modelos animales y ensayos clínicos han evaluado su efectividad, aportando resultados que permiten comprender mejor su potencial terapéutico y sus limitaciones. A continuación, se presenta un análisis de la evidencia disponible.

Alicina

La alicina es un compuesto organosulfurado derivado del ajo, que se forma cuando éste se corta o se tritura. En ese momento, la aliína entra en contacto con la enzima aliinasa,

dando lugar a la alicina. Este compuesto es químicamente inestable, por lo que se transforma con rapidez en otros compuestos azufrados. Aun así, se estima que representa entre el 60 y el 80 % de los compuestos presentes en el ajo y es el principal responsable de su olor característico (Arellano *et al.*, 2022).

Debido a su inestabilidad, la alicina tiene una vida media menor a un minuto, lo cual favorece su rápida difusión en las células y su pronta transformación dentro del organismo (Talib *et al.*, 2024b).

En términos biológicos, diversos estudios han mostrado que la alicina puede ejercer efectos anticancerígenos. Entre sus principales mecanismos se encuentra la inducción de apoptosis, mediante la liberación de citocromo c desde la mitocondria y la activación de caspasas, puede detener el ciclo celular en la fase S, limitando la proliferación celular. En conjunto, estos efectos contribuyen a inhibir el crecimiento de células tumorales (Wang *et al.*, 2022).

Un metaanálisis con estudios de casos y controles, cohorte y ensayos aleatorizados, realizados en los últimos 30 años en población asiática (Wang *et al.*, 2022), evaluó la relación entre la ingesta de ajo y el riesgo de cáncer gástrico y colorrectal. Se observó una reducción significativa del riesgo de cáncer gástrico en un 35 %, y un 25 % en cáncer colorrectal en personas con mayor consumo de ajo. Esta ingesta fue heterogénea en los estudios, basada en frecuencia o rangos anuales, limitando la determinación de una dosis efectiva.

En un ensayo clínico aleatorizado que incluyó a 20 pacientes con cáncer, a quienes se les administraron 4.4 mg de alicina durante 21 a 61 días, se observó que ésta hizo que mejorara significativamente el estado antioxidante en quienes habían sido sometidos a quimioterapia al disminuir los niveles de especies reactivas de oxígeno y minimizando los efectos adversos (Talib *et al.*, 2024b).

Antocianinas

Las antocianinas son compuestos fenólicos que pertenecen al grupo de los flavonoides, presentes en frutas y vegetales de color rojo, morado y azul. Se encuentran en forma de glucósidos y su estabilidad depende del pH y condiciones del medio (De la Rosa *et al.*, 2022).

Su biodisponibilidad es relativamente baja, debido a su degradación en el tracto gastrointestinal y metabolismo hepático; sin embargo, sus metabolitos conservan actividad biológica relevante (De la Rosa *et al.*, 2022).

Las antocianinas ejercen efectos anticancerígenos mediante la inhibición de la proliferación celular y la inducción de apoptosis, lo que ocurre mediante la modulación de vías

como PI3K/Akt y la inhibición de NF- κ B, lo cual reduce la supervivencia celular y la inflamación; además, presentan actividad antioxidante al disminuir el daño oxidativo en el ADN debido a su capacidad para donar electrones (Salehi *et al.*, 2020).

Una revisión sistemática y metaanálisis (Rabelo *et al.*, 2023) evaluó el efecto de antocianinas en células de cáncer de mama triple negativo (CMTN), cultivadas *in vitro* en concentraciones de 100–500 μ g/mL. El tratamiento redujo significativamente la invasión, la migración celular e inducción de la apoptosis general ($p < 0.00001$). La interpretación de resultados es limitada por el bajo número de estudios y la heterogeneidad de los datos.

Un estudio de cohorte en población americana entre 40 a 75 años no encontró una asociación significativa entre la ingesta de antocianinas y el riesgo de cáncer colorrectal (OR = 1.00); sin embargo, en el análisis por subgrupos se identificó una ligera reducción del riesgo en hombres (OR = 0.88), mientras que en mujeres no se observaron asociaciones significativas (Wang *et al.*, 2018).

Curcumina

La curcumina es un polifenol derivado de la *curcuma longa* (cúrcuma), perteneciente al grupo de los curcuminoides. Presenta baja biodisponibilidad debido a su escasa absorción, rápido metabolismo y eliminación sistémica; sin embargo, la incorporación de nanopartículas o combinaciones con piperina ha demostrado mejorar su disponibilidad (Camacho y Guerra, 2020).

En cuanto a sus mecanismos de acción, modula múltiples vías implicadas en la carcinogénesis; por ejemplo, inhibe la activación de NF- κ B, reduciendo la inflamación y la proliferación celular; regula la vía PI3K/Akt, disminuyendo la supervivencia de células tumorales; asimismo, induce apoptosis mediante la activación de p53 y la regulación de proteínas proapoptóticas; interviene en la detención del ciclo celular en fase G2/M (Camacho y Guerra, 2020; Esmaeli y Dehghanpour, 2025).

Una revisión sistemática sobre el uso de la curcumina como tratamiento complementario en la terapia oncológica incluyó 34 ensayos clínicos aleatorizados con 2 580 pacientes adultos que padecían distintos tipos de cáncer (principalmente cabeza y cuello, mama, próstata y colorrectal), en un rango de edad de 25 a 63 años, sin detallar características étnicas. Los resultados fueron heterogéneos. Algunos mostraron beneficios significativos, como la reducción de mucositis oral ($p < 0.05$), mientras que no hubo efectos consistentes en progresión o supervivencia. La evidencia está limitada por la variabilidad metodológica, riesgo de sesgo, falta de caracterización poblacional, lo que restringe la generalización de los hallazgos (Gutsche *et al.*, 2024).

Una revisión sistemática incluyó 22 estudios preclínicos (principalmente *in vitro* y algunos *in vivo*) en modelos de cáncer de próstata. La curcumina fue evaluada principalmente como compuesto único, aunque algunos estudios analizaron su uso en combinación con otros agentes terapéuticos, con concentraciones variables y sin una dosis estandarizada. Se encontró que moduló múltiples vías de señalización, como PI3K/Akt/mTOR y NF- κ B, induciendo apoptosis (reportada en 18 de los 22 estudios) y detención del ciclo celular.

A pesar de su potencial efecto anticancerígeno, la evidencia presenta alta variabilidad metodológica, por lo que se requieren ensayos clínicos para confirmar su eficacia (Esmaeli y Dehghanpour, 2025).

Una revisión sistemática incluyó estudios preclínicos y clínicos en cáncer colorrectal, con población adulta en los ensayos humanos. La curcumina se evaluó principalmente como compuesto único y, en algunos casos, en combinación con quimioterapia con dosis variables (1-4 g/día), mostrando efectos antiproliferativos y antiinflamatorios mediante la modulación de NF- κ B, COX-2 y p53 con resultados significativos ($p < 0.05$); sin embargo, la evidencia es heterogénea y limitada por la baja biodisponibilidad y la falta de estandarización (Gamboa *et al.*, 2025).

Resveratrol

El resveratrol es un polifenol que pertenece al grupo de los estilbenos, presente en alimentos como uvas, vino tinto, frutos rojos y cacahuates. Es reconocido por sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y cardioprotectoras (Ren *et al.*, 2021).

Su biodisponibilidad es limitada debido a su rápido metabolismo y eliminación, reduciendo su concentración sistémica activa; sin embargo, sus metabolitos pueden contribuir a sus efectos en el organismo (Ren *et al.*, 2021).

El resveratrol modula vías de señalización como PI3K/Akt, inhibiendo la proliferación celular y promoviendo apoptosis. Asimismo, regula el estrés oxidativo y puede interferir con procesos de angiogénesis y metástasis; el resveratrol afecta la vía de señalización del factor nuclear κ B (NF- κ B), que regula la inflamación, la respuesta inmunitaria a la infección y la respuesta celular a los estímulos; activa p53, por lo que puede influir en el desarrollo celular (Hedayati *et al.*, 2025).

Un metaanálisis (Alam *et al.*, 2024) sugirió que el resveratrol puede tener un efecto protector contra el desarrollo de lesiones cancerosas en la cavidad oral al reducir el crecimiento de células anormales. El estudio mostró que el riesgo de presentar estos cambios fue aproximadamente 24 % menor en presencia de resveratrol, siendo un enfoque prometedor como terapia complementaria para la prevención y el tratamiento de estas afecciones.

Se han realizado estudios a corto plazo en humanos que utilizaron dosis de hasta 2 g/día; sin embargo, no revelaron efectos secundarios significativos, pero se ha demostrado su seguridad y tolerancia favorable, sin informes notables de toxicidad, incluso en dosis de 5 g/día (Talib *et al.*, 2024a).

Timoquinona

La timoquinona es el principal compuesto bioactivo de *nigella sativa* (comino negro), con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y anticancerígenas. En cuanto a biodisponibilidad, presenta limitaciones relacionadas con su solubilidad y estabilidad, aunque el uso de sistemas de liberación como nanopartículas ha probado mejorar su eficacia (Al-Damook *et al.*, 2025).

Entre sus principales mecanismos se encuentra la inducción de apoptosis, mediante la activación de caspasas y la regulación de proteínas proapoptóticas. Puede inhibir la proliferación celular al modular vías de señalización como NF- κ B y PI3K/Akt; favorece procesos de autofagia y presenta efectos antioxidantes al reducir el estrés oxidativo (Al-Damook *et al.*, 2025).

Una revisión sistemática centrada en estudios experimentales evaluó la combinación de timoquinona (TQ) con quimioterapia (Qadir *et al.*, 2025), y reveló que la TQ potencia la eficacia de los agentes quimioterapéuticos al inducir apoptosis, mejorar la autofagia, inhibir el crecimiento tumoral y regular las vías de señalización celular. La TQ disminuyó la toxicidad asociada con la quimioterapia, mejorando la tolerancia de los pacientes, la administración basada en nanopartículas potenció estos efectos. Se requieren ensayos clínicos para confirmar su seguridad y aplicabilidad en humanos.

Una revisión sistemática analizó estudios preclínicos (*in vitro* e *in vivo*) sobre la timoquinona en distintos tipos de cáncer. Los resultados muestran efectos anticancerígenos consistentes, como la inhibición de la proliferación celular, la reducción de la migración e invasión tumoral y la inducción de apoptosis. Estos efectos se asocian con la modulación de múltiples vías de señalización como NF- κ B, PI3K/Akt y p53, así como la regulación del estrés oxidativo y la activación de caspasas. Además, se ha observado un posible efecto sinérgico con agentes quimioterapéuticos; no obstante, la evidencia se limita a modelos experimentales y presenta variabilidad metodológica, por lo que se requieren ensayos clínicos en humanos para confirmar su eficacia (Almajali *et al.*, 2021).

Quercetina

La quercetina es un flavonoide presente en alimentos como cebolla, manzana, té y vino tinto. Es reconocido por sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. Presenta

una absorción variable influenciada por su forma química, lo que puede limitar su concentración plasmática activa (Aghababaei & Hadidi, 2023).

Entre sus principales mecanismos anticancerígenos se encuentra la inducción de apoptosis, principalmente a través de la activación de caspasas. Puede detener el ciclo celular en las fases G1/S y G2/M al regular ciclinas, quinasas dependientes de ciclinas e inhibidores como p21 y p27, limitando la proliferación celular. A nivel molecular, modula vías de señalización como PI3K/Akt/mTOR, MAPK y NF- κ B, implicadas en la supervivencia, inflamación y crecimiento tumoral; presenta efectos antioxidantes y antiinflamatorios, al reducir especies reactivas de oxígeno y mediadores como TNF- α e IL-6 (Aghababaei & Hadidi, 2023; Rajesh & Sangeetha, 2024).

Un metaanálisis (Duan *et al.*, 2025) incluyó 17 estudios que utilizaron roedores, buscando la eficacia terapéutica de la quercetina en el cáncer colorrectal (CCR). Las dosis empleadas varían entre 10 mg/kg a 50 mg/kg. Los resultados mostraron que el tratamiento con quercetina redujo significativamente la incidencia de CCR ($p = 0.004$), así como la inflamación y el estrés oxidativo, en comparación con el grupo control. La quercetina tuvo un efecto inhibitorio significativo sobre la proliferación celular durante el tratamiento ($p < 0.00001$).

Una revisión sistemática reciente de evidencia preclínica (Saadh *et al.*, 2025) evaluó los efectos de la quercetina en cáncer oral a partir de estudios *in vitro* y modelos animales, donde se emplearon concentraciones *in vitro* generalmente en rangos de 10–100 μ M y dosis *in vivo* ajustadas por peso corporal. Los resultados mostraron que la quercetina induce apoptosis mediante la activación de caspasas, inhibe la proliferación, migración e invasión tumoral, y reduce el estrés oxidativo.

En la mayoría de los estudios, estos efectos fueron estadísticamente significativos ($p < 0.05$); sin embargo, no se realizó un metaanálisis cuantitativo ni se reportaron estimadores globales. A pesar de estos hallazgos, la evidencia se limita a modelos preclínicos, resaltando la necesidad de ensayos clínicos en humanos.

Galato de epigallocatequina (EGCG)

El EGCG es un polifenol predominante en el té verde. Destaca por sus propiedades antioxidantes. Presenta una biodisponibilidad limitada, atribuida a su baja estabilidad, metabolismo hepático de primer paso y rápida conjugación (metilación, glucuronidación y sulfatación), reduciendo su concentración sistémica tras la absorción intestinal (García *et al.*, 2022).

En cuanto a sus mecanismos de acción, se encuentran la inducción de apoptosis e inhibición de la proliferación celular; modula vías como PI3K/Akt y NF- κ B; presenta efectos

antioxidantes y antiinflamatorios, y puede potenciar el efecto de otros compuestos como la curcumina (García *et al.*, 2022).

Se han publicado hallazgos de mecanismos de acción en estudios *in vitro* en diversos modelos celulares de cáncer de próstata (Kumar *et al.*, 2024); con una dosis de 1.5–7.5 μM aumentó la apoptosis inducida por radiación ($p < 0.001$). Con 5–10 μM de curcumina y 40 μM de EGCG, mejoró significativamente la actividad antiproliferativa en 40 %; con dosis de 40 $\mu\text{g/ml}$ de EGCG, se redujo el número de células cancerígenas en un 20 %.

En ensayos clínicos se estudió la biodisponibilidad: las cápsulas de extracto de té verde con 600 mg de EGCG resultaron en un nivel sérico de 10.7 nmol/L, mientras que la ingesta de 3 tazas de té verde resultó en 20.0 nmol/L, siendo este último el más viable (Kumar *et al.*, 2024).

Una revisión de ensayos clínicos (Noman *et al.*, 2025) entre fases I y II, realizados en poblaciones adultas, predominantemente asiáticas y occidentales, con tamaños de muestra pequeños, utilizaron dosis entre 200 y 1200 mg/día de EGCG, mostrando adecuada tolerancia y acumulación plasmática dependiente de la dosis. Los resultados indican efectos positivos en biomarcadores relacionados con estrés oxidativo, inflamación y proliferación celular; sin embargo, no se ha demostrado de manera consistente una reducción significativa del tumor y los beneficios observados se limitan en muchos casos a efectos coadyuvantes (como la disminución de síntomas asociados al tratamiento).

Aunque algunos hallazgos reportan resultados estadísticamente significativos en biomarcadores ($p < 0.05$), la evidencia sigue siendo heterogénea y limitada, siendo necesarios ensayos clínicos más robustos para confirmar su eficacia en humanos.

Isoflavonas

Las isoflavonas son fitoestrógenos presentes principalmente en la soja y sus derivados, con actividad biológica relacionada con la modulación hormonal y propiedades antioxidantes. Su biodisponibilidad depende de la microbiota intestinal, ya que convierte estos compuestos en metabolitos activos, influyendo en su efecto biológico (Knupp *et al.*, 2025).

Entre sus principales mecanismos se encuentra la modulación de receptores de estrógeno, lo que es relevante en cáncer dependiente de hormonas; pueden inducir apoptosis y detener el ciclo celular en fase G1; modulan vías como PI3K/Akt y MAPK (Knupp *et al.*, 2025).

En un metaanálisis (Boutas *et al.*, 2022) se incluyeron ocho estudios prospectivos que compararon el consumo de isoflavonas de soja y la ocurrencia de cáncer de mama. Se observó que el número de mujeres diagnosticadas en el grupo que consume de 0 a 15 mg/día

fue significativamente mayor ($p < 0.000001$), en comparación con el grupo que consume más de 15 mg/día de isoflavonas de soya, observando menos mujeres con cáncer de mama en el grupo con mayor consumo.

Una revisión sistemática y metaanálisis (Yang *et al.*, 2023) evaluó la relación entre el consumo de isoflavonas y el riesgo de cáncer de mama a partir de 24 estudios observacionales, incluyendo más de 900 000 mujeres de Asia, América y Europa. Los resultados mostraron que una mayor ingesta de isoflavonas se asocia con una reducción significativa del riesgo (OR = 0.71), aunque con variabilidad según la población y el nivel de consumo, siendo más evidente en poblaciones asiáticas.

Naringenina

La naringenina es un flavonoide presente en frutas cítricas como la naranja y la toronja, con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. Presenta una absorción moderada, influenciada por su metabolismo hepático e interacción con la microbiota intestinal.

Entre sus principales mecanismos se encuentra la inhibición de la proliferación celular; puede detener el ciclo celular en fases G1 y G2/M; presenta efectos antioxidantes y antiinflamatorios. También reduce mediadores inflamatorios (IL-6, TNF- α , IL-1 β) y factores de crecimiento (EGF, IGF, FGF), contribuyendo a disminuir la inflamación y la progresión tumoral.

Un estudio *in vivo* (Lin *et al.*, 2022) evaluó los efectos inhibidores de la naringenina en el cáncer de ovario; con una administración de 200 mg/kg, se observó que el tratamiento con este compuesto por vía oral disminuyó el volumen del tumor con una significancia de $p < 0.001$ en comparación con el grupo no tratado. Se concluye que la naringenina tiene un potencial efecto en la prevención y el tratamiento del cáncer de ovario.

Se realizó un estudio preclínico para estudiar el mecanismo de la naringenina en el cáncer cervical (Zhou *et al.*, 2024), mostrando que ésta, en concentraciones de 100–200 μ M, reduce significativamente la viabilidad celular, migración e invasión tumoral, con efectos estadísticamente significativos ($p < 0.05$). También inhibe la expresión de proteínas clave como EGFR, PI3K, AKT y mTOR, mientras aumenta la actividad de caspasa 3, induciendo la apoptosis.

Discusión

El cáncer es una de las principales causas de muerte en el mundo. Para su abordaje existen la radioterapia, cirugía, quimioterapia, terapias dirigidas y, recientemente, el tratamiento coadyuvante con compuestos bioactivos por su potencial efecto terapéutico y preventivo (Kaur *et al.*, 2023).

De acuerdo con lo que menciona Gale (2024), un factor de riesgo modificable para el desarrollo de cáncer es la alimentación. Aquí entran los compuestos bioactivos, de acuerdo con Choudhury et al. (2020), pues debido a su estructura y actividades celulares se reconoce su importancia en la prevención de este padecimiento.

En una investigación de Guzmán *et al.* (2017), destacan que el uso tradicional de plantas sienta las bases para conocer su efecto terapéutico, enfatizando que es necesaria la evaluación científica para determinar su composición química, tipo y cantidad de compuesto bioactivo que presenta, así como el mecanismo de acción y sus efectos.

Según Talib *et al.* (2024a), los compuestos bioactivos ejercen mecanismos antioxidantes, antiproliferativos y proapoptóticos, los cuales actúan sobre procesos clave de la carcinogénesis, centrándose en la reducción del daño oxidativo y el control de la proliferación celular. Esmeeeta *et al.* (2022) señalan que los compuestos bioactivos permiten reducir el daño del ADN mediado por el estrés oxidativo, inducen la detención del ciclo celular y contribuyen a la apoptosis.

Asimismo, Naeem *et al.* (2022) destacan que algunos compuestos poseen capacidad para inhibir la angiogénesis y metástasis, por lo que pueden intervenir en etapas más avanzadas del cáncer. Los estudios revisados se concentran en cáncer de mama, colorrectal, próstata e hígado, los cuales de acuerdo con datos del INEGI (2025) representan las principales causas de mortalidad en México, en adultos y adultos mayores. Atuahene *et al.* (2025) coinciden en que la curcumina, quercetina, resveratrol e isoflavonas destacan por su efecto multifactorial, dado que actúan sobre diferentes vías de la carcinogénesis.

La mayoría de los estudios revisados fueron *in vitro* o *in vivo*. De acuerdo con Fina *et al.* (2013), el primero da a conocer el mecanismo molecular por el cual el compuesto bioactivo ejerce su acción, mientras que el estudio *in vivo* permite determinar si dicho mecanismo se ejerce sobre un sistema vivo, dando la pauta para establecer dosis.

Si bien, los estudios han mostrado resultados prometedores, la evidencia disponible en muchos casos es de certeza moderada o baja, con limitaciones en tamaños de muestra y alto riesgo de sesgo, como señalan Gutsche *et al.* (2024) y Liu *et al.* (2022). Asimismo, Howick *et al.* (2022) reportan que sólo alrededor del 6 % de las intervenciones revisadas por Cochrane cuentan con evidencia de alta calidad; por ello, el empleo de compuestos bioactivos para la prevención o el tratamiento del cáncer debe manejarse como complementario y no como sustituto de tratamientos validados. Además, se requieren estudios para determinar si los compuestos tienen interacción con agentes quimioterapéuticos.

Algunos autores (Wang *et al.*, 2022; Alam *et al.*, 2024; Qodir *et al.*, 2025) mencionan que existen resultados prometedores sobre la eficacia de los compuestos bioactivos en la

prevención y el tratamiento del cáncer, mas la evidencia disponible en humanos es limitada, por lo que se requiere mayor respaldo clínico. Establecer dosis terapéuticas seguras y mejorar la biodisponibilidad son prioridades para futuras investigaciones.

El uso de la nanotecnología, como señalan Jajko *et al.* (2025) y Abdelaziz *et al.* (2019), representa una herramienta para optimizar la estabilidad, absorción y eficacia de los compuestos bioactivos, ya que obtener sus beneficios por medio del consumo de alimentos es limitado, lo cual permite su aplicación más efectiva como coadyuvantes en las terapias oncológicas.

Conclusiones

Los compuestos bioactivos son un agente potencial en la prevención y tratamiento complementario del cáncer, ya que presentan diferentes mecanismos de acción que van desde el antioxidante hasta el antiproliferativo. Aquellos que han mostrado más evidencia son la alicina, el resveratrol, la curcumina, las antocianinas y las isoflavonas.

Éstos deben considerarse agentes **coadyuvantes** dentro de un enfoque integral de prevención y tratamiento del cáncer. Para perspectivas futuras falta establecer dosis seguras y eficaces para su aplicación clínica, y se requieren más ensayos clínicos en humanos. La nanotecnología y estrategias de mejora en la biodisponibilidad de los compuestos bioactivos representan áreas de trabajo potenciales para la mejora de su eficacia terapéutica, sin que ello signifique dejar el tratamiento médico.

Nota

Las autoras del artículo declaran que no existe ningún conflicto de intereses financiero, personal, académico, comercial o de cualquier otra índole, relacionados con la publicación de este artículo. Ninguna de las autoras recibió financiamiento de organizaciones o entidades que pudieran haber influido en la redacción, interpretación o conclusiones del presente trabajo, y manifiestan que la elaboración del manuscrito se llevó a cabo de manera independiente y sin influencias externas que pudieran comprometer su objetividad.

Referencias

- Abdelaziz, H.M., Elzoghby, A.O., Helmy, M.W., Samaha, M.W., Fang, J. & Freag, M.S. (2019). Liquid crystalline assembly for potential combinatorial chemo-herbal drug delivery to lung cancer cells. *International Journal of Nanomedicine*, 14, pp. 499-517. <https://doi.org/10.2147/ijn.s188335>.
- Aghababaei, F. & Hadidi, M. (2023). Recent advances in potential health benefits of quercetin. *Pharmaceuticals*, 16(7), 1020. <https://doi.org/10.3390/ph16071020>.

- Alam, M.K., Alqhtani, N.R., Alnufaiy, B., Alqahtani, A.S., Elshahn, N.A., Russo, D., Di Blasio, M., Ciccì, M. & Minervini, G. (2024). A systematic review and meta-analysis of the impact of resveratrol on oral cancer: potential therapeutic implications. *BMC Oral Health*, 24(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-024-04045-8>.
- Al-Damook, N., Sakkal, M., Khair, M., Mousa, W., Khoder, G. & Ghemrawi, R. (2025). Targeting cancer through thymoquinone: from molecular mechanisms to clinical prospects. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(22), 11029. <https://doi.org/10.3390/ijms262211029>.
- Almajali, B., Al-Jamal, H., Taib, W., Ismail, I., Johan, M., Doolaanea, A. & Ibrahim, W. (2021). Timoquinona, como un candidato terapéutico novedoso para los cánceres. *Farmacéutica (Basilea)*, 14(4), 369. [10.3390/ph14040369](https://doi.org/10.3390/ph14040369).
- Amintas, S., Dupin, C., Boutin, J., Beaumont, P., Moreau-Gaudry, F., Bedel, A., Krisa, S., Vendrely, V. & Dabernat, S. (2022). Bioactive food components for colorectal cancer prevention and treatment: A good match. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(23), pp. 6615-6629. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2036095>.
- Arellano, A., Juárez, J., García, F., Sánchez, L. y Osorio, H. (2022). Mecanismos moleculares de los efectos benéficos de la alicina sobre la enfermedad cardiovascular. *Archivos de Cardiología de México*, 92(3), pp. 362-370. <https://doi.org/10.24875/acm.21000196>.
- Atuahene, D., Mahama, K., Sam, B.A., Appiah, D.A., Pandey, V.K., Bela, K., Harsányi, E. & Shaikh, A.M. (2025). Dietary targeting of cancer pathways: Role of bioactive compounds and nutraceuticals. *Food And Humanity*, 5, 100748. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2025.100748>.
- Bars-Cortina, D., Sakhawat, A., Piñol-Felis, C. & Motilva, M. (2021). Chemopreventive effects of anthocyanins on colorectal and breast cancer: A review. *Seminars in Cancer Biology*, 81, pp. 241-258. <https://doi.org/10.1016/j.semcancer.2020.12.013>.
- Bhat, S., Prasad, S., Shivamallu, C., Prasad, K., Syed, A., Reddy, P., Cull, C.A. & Amachawadi, R.G. (2021). Genistein: a potent anti-breast cancer agent. *Current Issues in Molecular Biology*, 43(3), pp. 1502-1517. <https://doi.org/10.3390/cimb43030106>.
- Boutas, I., Kontogeorgi, A., Dimitrakakis, C. & Kalantaridou, S.N. (2022). Soy isoflavones and breast cancer risk: a meta-analysis. *In Vivo*, 36(2), pp. 556-562. <https://doi.org/10.21873/invivo.12737>.
- Camacho, A. y Guerra, A. (2020). Curcumina: propiedades, aplicaciones y estudios recientes con sistemas basados en polidimetilsiloxano. *Naturaleza y Tecnología*. 1_CURCUMINA. PROPIEDADES, APLICACIONES Y ESTUDIOS RECIENTES.pdf
- Choudhury, F.K., Hackman, G.L., Lodi, A. & Tiziani, S. (2020). Stable isotope tracing metabolomics to investigate the metabolic activity of bioactive compounds for cancer prevention and treatment. *Cancers*, 12(8), 2147. <https://doi.org/10.3390/cancers12082147>.
- De la Rosa, X., García, I. y Hernández, J. (2022). Antocianinas, propiedades funcionales y potenciales aplicaciones terapéuticas. *Revista Boliviana de Química*, 39(15), pp. 1-9. Visor Redalyc - ANTOCIANINAS, PROPIEDADES FUNCIONALES Y POTENCIALES APLICACIONES TERAPÉUTICAS.
- Duan, X., Zhang, L. & Liu, F. (2025). The potential value of quercetin for colorectal cancer: a systematic review and a meta-analysis of preclinical studies. *Frontiers in Pharmacology*, 16. <https://doi.org/10.3389/fphar.2025.1642957>.
- Escalona, J. (2019). *Ciclo celular*. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciclo-celular-Rene-Escalona.pdf
- Esmaeli, M. y Dehghanpour M. (2025). Curcumina en el cáncer de próstata: una revisión sistemática de los mecanismos moleculares y las estrategias terapéuticas nanoformuladas. *BMC Cáncer*, 25(1609). <https://doi.org/10.1186/s12885-025-15152-2>.

- Esmeeta, A., Adhikary, S., Dharshnaa, V., Swarnamughi, P., Maqsummiya, Z.U., Banerjee, A., Pathak, S. & Duttaroy, A.K. (2022). Plant-derived bioactive compounds in colon cancer treatment: An updated review. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 153, 113384. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113384>.
- Fina, B., Lombarte, M. & Rigalli, A. (2013). Investigación de un fenómeno natural: ¿estudios in vivo, in vitro o in silico? *Controversias*, 9(3), pp. 239-240. Investigación de un fenómeno natural: ¿estudios in vivo, in vitro o in silico?
- Fuentes, J., Arias, M. y Speisky, H. (2019). *Compuestos bioactivos presentes en alimentos y su importancia en salud humana. Parte I*. Portal Antioxidantes. <https://portalantioxidantes.com/compuestos-bioactivos-presentes-en-alimentos-y-su-importancia-en-salud-humana-parte-i/>.
- Gale, R.P. (2024, 10 septiembre). *Factores de riesgo del cáncer*. Manual MSD. Versión para público general. <https://www.msmanuals.com/es/hogar/c%C3%A1ncer/introducci%C3%B3n-al-c%C3%A1ncer/factores-de-riesgo-del-c%C3%A1ncer?ruleredirectid=757>.
- Gamboa, P., Castillo, N., Quiroz, S., Guzmán, C. y Celorio, K. (2025). Potencial terapéutico de la curcumina en el cáncer colorrectal: una revisión sistemática. *Nutrición Hospitalaria*, 42(6), pp. 1308-1314. <http://dx.doi.org/10.20960/nh.05920>.
- Gámez, J. (2020). Avances en la determinación de compuestos bioactivos en alimentos. *Revista Cienc. Tecnol. Agrollanía*, 19, 7-13. https://www.researchgate.net/publication/358738872_AVANCES_EN_LA_DETERMINACION_DE_COMPUESTOS_BIOACTIVOS_EN_ALIMENTOS.
- García M., Hernández, L. y Arenas, F. (2022). Catequinas del té verde: efectos antígenotóxicos y genotóxicos. *Revisión sistemática. Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 72(3), pp. 205-217. <https://doi.org/10.37527/2022.72.3.006>.
- Greger, M. (2019). *Cómo los fitoestrógenos pueden tener efectos antiestrogénicos*. Nutritionfacts.org. <https://nutritionfacts.org/es/blog/como-los-fitoestrogenos-pueden-tener-efectos-antiestrogenicos/>.
- Guerra, A., Silva, E., Montero, S., Rodríguez, D., Mansilla, R. y Nieto, J. (2020). Metástasis: un hito para el conocimiento, un reto para la ciencia. *Revista Cubana de Medicina*, 59(1). <http://ref.scielo.org/tdh6xr>.
- Gutsche, L.C., Dörfler, J. & Hübner, J. (2024). Curcumin as a complementary treatment in oncological therapy: a systematic review. *European Journal of Clinical Pharmacology*, 81(1), pp. 1-33. <https://doi.org/10.1007/s00228-024-03764-9>.
- Guzmán, S., Díaz, R. y González, M. (2017). *Plantas medicinales. La realidad de una tradición ancestral*. SAGARPA. 1044_4729_Plantas_medicinales_la_realidad_de_una_tradición_ancestral.pdf
- Hedayati, N., Safari, M.H., Milasi, Y.E., Kahkesh, S., Farahani, N., Khoshnazar, S.M., Dorostgou, Z., Alaei, E., Alimohammadi, M., Rahimzadeh, P., Taheriazam, A. & Hashemi, M. (2025). Modulation of the PI3K/Akt signaling pathway by resveratrol in cancer: molecular mechanisms and therapeutic opportunity. *Discover Oncology*, 16(1), 669. <https://doi.org/10.1007/s12672-025-02471-w>.
- Howick, J., Koletsi, D., Ioannidis, J.P., Madigan, C., Pandis, N., Loeff, M., Walach, H., Sauer, S., Kleijnen, J., Seehra, J., Johnson, T. & Schmidt, S. (2022). Most healthcare interventions tested in Cochrane Reviews are not effective according to high quality evidence: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Epidemiology*, 148, pp. 160-169. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2022.04.017>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2025, 30 de enero). Estadísticas a propósito del Día Mundial contra el Cáncer. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2025/EAP_DMvsCancer25.pdf.
- Instituto Nacional del Cáncer (NIH). (2021a). *¿Qué es el cáncer?* Cancer.gov. <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/naturaliza/que-es>.

- Instituto Nacional del Cáncer (NIH). (2021b). *Diccionario de cáncer*. Cancer.gov. <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/compuesto-bioactivo>.
- Jajko, G., Anagha, M.G., Chytrosz-Wróbel, P., Kubisiak, P., Kulig, W., Cwiklik, L. & Kotarba, A. (2025). Sonochemical synthesis of nanoparticles from bioactive compounds: advances, challenges, and future perspectives. *Ultrasonics Sonochemistry*, 107559. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2025.107559>.
- Kaur, R., Bhardwaj, A. & Gupta, S. (2023). Cancer treatment therapies: traditional to modern approaches to combat cancers. *Molecular Biology Reports*, 50(11), pp. 9663-9676. <https://doi.org/10.1007/s11033-023-08809-3>.
- Knupp, M., De Queiroz, L., Brito, M., Abreu, L. & Robbs, B. (2025). Anticancer potential of isoflavones: a narrative overview of mechanistic insights and experimental evidence from the past ten years. *Biomedicines*, 13(12), 2990. <https://doi.org/10.3390/biomedicines13122990>.
- Kumar, M., Verman, S., Rawat, S. & Dhatwalia, K. (2024). Exploring integrative approaches: EGCG'S potential in combating prostate cancer. *WCRJ* 2024, 11(27). <https://www.wcrj.net/wp-content/uploads/sites/5/2024/02/e2744.pdf>.
- Lin, C., Zeng, Z., Lin, Y., Wang, P., Cao, D., Xie, K., Luo, Y., Yang, H., Yang, J., Wang, W., Luo, L., Lin, H., Chen, H., Zhao, Y., Shi, Y., Gao, Z., Liu, H. & Liu, S. (2022). Naringenin suppresses epithelial ovarian cancer by inhibiting proliferation and modulating gut microbiota. *Phytomedicine*, 106, 154401. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2022.154401>.
- Liu, F., Peng, Y., Qiao, Y., Huang, Y., Song, F., Zhang, M. & Song, F. (2022). Consumption of flavonoids and risk of hormone-related cancers: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Nutrition Journal*, 21(1), 27. <https://doi.org/10.1186/s12937-022-00778-w>.
- Naeem, A., Hu, P., Yang, M., Zhang, J., Liu, Y., Zhu, W. & Zheng, Q. (2022). Natural products as anticancer agents: current status and future perspectives. *Molecules*, 27(23), 8367. <https://doi.org/10.3390/molecules27238367>.
- National Human Genome Research Institute. (2025). *Apoptosis*. Genoma.gov. <https://www.genome.gov/es/genetics-glossary/Apoptosis>.
- Noman, A., Sultan, M., Mazhar, A., Baig, I., Javaid, J., Hussain, M., Imran, M., Alsagaby, S. A., Abdulmonem, W., Mujtaba, A., Yehuala, T., Ghoneim, M., Mostafa, E. & Abdelgawad, M.A. (2025). Anticancer molecular mechanisms of epigallocatechin gallate: an updated review on clinical trials. *Food Science & Nutrition*, 13(8), e70735. <https://doi.org/10.1002/fsn3.70735>.
- Qodir N., Legiran, N., Hafy, Z., Pramuditho, D., Iman, M.B., Syafira, F., Deanasa, R.S. & Afladhanti, P.M. (2025). Anti-Breast cancer effects of thymoquinone-chemotherapeutic combinations: a systematic review of the latest in vitro and in vivo studies. *Journal of Clinical Medicine Research*, 17(5), pp. 270-284. <https://doi.org/10.14740/jocmr6230>.
- Rabelo, A.C.S., De Aquino Guerreiro, C., Shinzato, V.I., Ong, T.P. & Noratto, G. (2023). Anthocyanins reduce cell invasion and migration through Akt/mTOR downregulation and apoptosis activation in triple-negative breast cancer cells: a systematic review and meta-analysis. *Cancers*, 15(8), 2300. <https://doi.org/10.3390/cancers15082300>.
- Radhakrishna, G.K., Ammunje, D.N., Kunjiappan, S., Ravi, K., Vellingiri, S., Ramesh, S.H., Almeida, S.D., Sireesha, G., Ramesh, S., Al-Qahtani, S., Chidambaram, K., Theivendren, P. & Pavadai, P. (2024). A comprehensive review of capsaicin and its role in cancer prevention and treatment. *Drug Research*, 74(05), pp. 195-207. <https://doi.org/10.1055/a-2309-5581>.
- Rajesh, U. & Sangeetha, D. (2024). Therapeutic potentials and targeting strategies of quercetin on cancer cells: Challenges and future prospects. *Phytomedicine*, 133, 155902. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2024.155902>.
- Ren, B., Kwah, M.X., Liu, C., Ma, Z., Shanmugam, M.K., Ding, L., Xiang, X., Ho, P.C., Wang, L., Ong, P.S. & Goh, B.C. (2021). Resveratrol for cancer therapy: Challenges and future perspectives. *Cancer Letters*, 515, pp. 63-72. <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2021.05.001>.

- Saadh, M.J., Ahmed, H.H., Chandra, M., Al-Hussainy, A.F., Hamid, J.A., Mishra, A., Taher, W.M., Alwan, M., Jawad, M.J., Al-Nuaimi, A.M.A., Alsaikhan, F., Farhood, B. & Akhavan-Sigari, R. (2025). Therapeutic effects of quercetin in oral cancer therapy: a systematic review of preclinical evidence focused on oxidative damage, apoptosis and anti-metastasis. *Cancer Cell International*, 25(1), 66. <https://doi.org/10.1186/s12935-025-03694-1>.
- Salehi, B., Sharifi-Rad, J., Cappellini, F., Reiner, Ž., Zorzan, D., Imran, M., Sener, B., Kilic, M., El-Shazly, M., Fahmy, N.M., Al-Sayed, E., Martorell, M., Tonelli, C., Petroni, K., Docea, A.O., Calina, D. & Maroyi, A. (2020). The therapeutic potential of anthocyanins: current approaches based on their molecular mechanism of action. *Frontiers In Pharmacology*, 11, 1300. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.01300>.
- Smagurauskaitė, G., Mahale, J., Brown, K., Thomas, A. & Howells, L. (2020). New paradigms to assess consequences of long-term, low-dose curcumin exposure in lung cancer cells. *Molecules* 2020, 25(2), 366. <https://doi.org/10.3390/molecules25020366>.
- Talib, W.H., Abed, I., Raad, D., Alomari, R.K., Jamal, A., Jabbar, R., Alhasan, E.A., Alshaeri, H.K., Alasmari, M.M. & Law, D. (2024a). Targeting cancer hallmarks using selected food bioactive compounds: potentials for preventive and therapeutic strategies. *Foods*, 13(17), 2687. <https://doi.org/10.3390/foods13172687>.
- Talib, W., Baban, M., Azzam, A., Issa, J., Ali, A., AlSuwais, A., Allala, S. & Kury, L. (2024b). Allicin and cancer hallmarks. *Molecules*, 29(6), 1320. <https://doi.org/10.3390/molecules29061320>.
- Wang, X., Yang, D., Yang, L., Zhao, W., Cai, L. & Shi, H. (2018). Anthocyanin consumption and risk of colorectal cancer: a meta-analysis of observational studies. *Journal of the American College of Nutrition*, 38(5), pp. 470-477. <https://doi.org/10.1080/07315724.2018.1531084>.
- Wang, Y., Huang, P., Wu, Y., Liu, D., Ji, M., Li, H. & Wang, Y. (2022). Association and mechanism of garlic consumption with gastrointestinal cancer risk: A systematic review and meta-analysis. *Oncology Letters*, 23(4). <https://doi.org/10.3892/ol.2022.13245>.
- Weeden, C.E., Hill, W., Lim, E.L., Grönroos, E. & Swanton, C. (2023). Impact of risk factors on early cancer evolution. *Cell*, 186(8), pp. 1541-1563. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2023.03.013>.
- World Health Organization: WHO. (2026). Cáncer. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cancer>.
- Yang, J., Shen, H., Mi, M. & Qin, Y. (2023). Isoflavone consumption and risk of breast cancer: an updated systematic review with meta-analysis of observational studies. *Nutrients*, 15(10), 2402. <https://doi.org/10.3390/nu15102402>.
- Yuan, M., Zhang, G., Bai, W., Han, X., Li, C. & Bian, S. (2022). The role of bioactive compounds in natural products extracted from plants in cancer treatment and their mechanisms related to anticancer effects. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. <https://doi.org/10.1155/2022/1429869>.
- Zhou, J., Li, H., Wu, B., Zhu, L., Huang, Q., Guo, Z., He, Q., Wang, L., Peng, X. & Guo, T. (2024). Network pharmacology combined with experimental verification to explore the potential mechanism of naringenin in the treatment of cervical cancer. *Scientific Reports*, 14(1), 1860. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-52413-9>.