

Artículo de revisión

Identificación de los bioactivos del brócoli y su efecto sobre la salud humana: una revisión sistemática

Identification of broccoli bioactives and their effects on human health: A systematic review



Miguel Ángel Enríquez Estrella¹
Lilian Alexandra Bonifaz Brito²
George Michael Lara Montoya³

✉ <https://orcid.org/0000-0002-8937-9664>
✉ <https://orcid.org/0000-0002-7123-6729>
✉ <https://orcid.org/0000-0003-1355-3424>

¹Universidad Estatal Amazónica UEA | Puyo - Ecuador | CP 160101

²Escuela de Educación Básica Manuela Cañizares | Machala - Ecuador | CP 070205

³Instituto Superior Tecnológico Ismael Pérez Pazmiño | Machala - Ecuador | CP 070213

✉ menriquez@uea.edu.ec

<http://doi.org/10.26423/rctu.v12i1.852>

Páginas: 70- 77

Resumen

Este artículo de revisión sistemática analiza el efecto de los compuestos bioactivos presentes en el brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) sobre la salud humana, enfocándose en la prevención de enfermedades crónicas. La investigación se centra en cómo los principales fitoquímicos del brócoli, especialmente los glucosinolatos, isotiocianatos, sulforafano, polifenoles y flavonoides, contribuyen a beneficios funcionales para la salud. Se utilizó la metodología PRISMA para identificar, seleccionar y sintetizar la evidencia científica, revisando artículos publicados entre 2014 y 2024 en bases de datos como Scopus, ScienceDirect, Scielo, Redalyc y PubMed. De un total de 150 estudios encontrados, se seleccionaron 20 que cumplían con los criterios de inclusión para un análisis detallado. Los principales hallazgos revelan que el consumo regular de brócoli puede tener efectos antioxidantes, antiinflamatorios, antitumorales y hepatoprotectores, además de modular enzimas de fase II y vías celulares relacionadas con el estrés oxidativo. El sulforafano destaca como uno de los compuestos más estudiados por su capacidad para inducir respuestas celulares protectoras.

Palabras clave: Antioxidantes, Dieta, Farmacológicos, Fitonutrientes, Fitoquímicos, Salud Humana.

Abstract

This systematic review article analyzes the effect of bioactive compounds present in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) on human health, focusing on the prevention of chronic diseases. The research centers on how the main phytochemicals in broccoli, especially glucosinolates, isothiocyanates, sulforaphane, polyphenols, and flavonoids, contribute to functional health benefits. The PRISMA methodology was used to identify, select, and synthesize scientific evidence, reviewing articles published between 2014 and 2024 in databases such as Scopus, ScienceDirect, Scielo, Redalyc, and PubMed. Out of a total of 150 studies found, 20 were selected that met the inclusion criteria for detailed analysis. The main findings reveal that regular consumption of broccoli can have antioxidant, anti-inflammatory, antitumor, and hepatoprotective effects, as well as modulate phase II enzymes and cellular pathways related to oxidative stress. Sulforaphane stands out as one of the most studied compounds for its ability to induce protective cellular responses.

Keywords: Antioxidants, Diet, Human Health, Pharmacologicals, Phytonutrients, Phytochemicals.

Recepción: 03/12/2024 | Aprobación: 27/05/2025 | Publicación: 27/06/2025

1. Introducción

El brócoli (*Brassica oleracea var. italica*), perteneciente a la familia de las crucíferas, destaca por su alta densidad nutricional y su contenido de compuestos bioactivos beneficiosos para la salud. Contiene vitaminas C y E, carotenoides (β -caroteno, luteína), flavonoides (quercetina, kaempferol) y, especialmente, glucosinolatos, que se transforman en isotiocianatos como el sulforafano, con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y anticancerígenas [1]. Su consumo regular se asocia con la regulación del metabolismo celular, la activación de enzimas desintoxicantes y la prevención de enfermedades crónicas como el cáncer, la diabetes tipo 2 y enfermedades cardiovasculares.

Originario del Mediterráneo oriental, el brócoli ha sido cultivado desde la época romana. En el siglo XVI se desarrollaron variedades comestibles en Italia, y su cultivo se expandió a Europa y América en el siglo XVIII. Aunque la inflorescencia es la parte más consumida, el procesamiento del brócoli genera subproductos como hojas, tallos y raíces, que representan hasta el 27% de los residuos. Estos también contienen altos niveles de glucosinolatos, flavonoides y fibra dietética, con potencial funcional comparable o superior al de las inflorescencias [2]. No obstante, su uso industrial sigue siendo limitado, a pesar de su valor como ingredientes funcionales en alimentos y suplementos.

El sulforafano, derivado de la hidrólisis de la glucorafanina por la enzima mirosinasa, ha demostrado inducir la expresión de enzimas antioxidantes como glutatión peroxidasa (GPx), superóxido dismutasa (SOD) y catalasa (CAT) [3]. Estas enzimas neutralizan especies reactivas de oxígeno (ROS), protegiendo lípidos, proteínas y ADN del daño oxidativo. Este efecto se relaciona con beneficios como la reducción

de la oxidación de LDL, mejora de la función endotelial, neuroprotección en enfermedades como Alzheimer y Parkinson, y modulación del sistema inmunológico [4].

Aunque el florete es la parte más consumida, estudios han demostrado que el tallo también es rico en ácido ascórbico, carotenoides y fenoles [5]. Sin embargo, la calidad nutricional puede verse afectada durante el almacenamiento, debido a la acción enzimática, que se controla mediante escaldado. Este proceso, realizado con agua caliente, vapor, microondas o radiación, puede alterar la estructura celular y reducir el contenido de nutrientes [6].

A pesar de la abundante investigación sobre los compuestos bioactivos del brócoli, aún existen vacíos sobre su acción biológica, especialmente en partes menos consumidas como tallos y hojas. Su descarte representa una pérdida económica y nutricional. Por ello, se estudia el impacto de métodos térmicos en la conservación de compuestos fenólicos y flavonoides, con el objetivo de optimizar el uso integral del cultivo, reducir el desperdicio y mantener su valor nutricional. Los antioxidantes vegetales son clave en la defensa contra el estrés oxidativo y en la prevención de enfermedades crónicas [7]. Con este antecedente, el objetivo de este estudio se basó en identificar los bioactivos del brócoli y su efecto sobre la nutrición humana.

2. Materiales y Métodos

Para la recuperación de información, se empleó el diagrama de flujo PRISMA, el cual facilita la búsqueda en diversas bases de datos y la segmentación de archivos según criterios de inclusión y exclusión previamente definidos. La metodología PRISMA consta de cuatro etapas clave: identificación, selección, elegibilidad e inclusión de documentos.

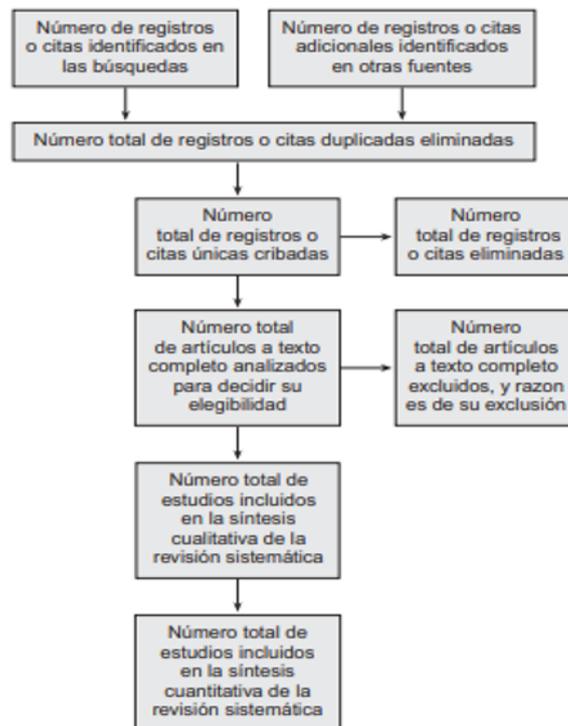


Figura 1. Diagrama de flujo de PRISMA. Fuente: Adaptado de (Urrútia & Bonfill, 2010).

En la fase de identificación, se generaron registros a partir de bases de datos específicas, junto con registros adicionales provenientes de otras fuentes, los cuales fueron luego evaluados en la fase de selección. Durante esta etapa, se utilizaron herramientas para eliminar duplicados y descartar archivos que no cumplieran con los criterios de elegibilidad establecidos, documentando los registros excluidos.

Posteriormente, se procedió a revisar los documentos restantes, eliminando aquellos que no cumplieran con los criterios de exclusión justificados, permitiendo así la selección de artículos que sí cumplieran con los requisitos de elegibilidad para ser finalmente incluidos en el estudio. La

fase final incluyó la realización de una síntesis cuantitativa de los datos recopilados, en la Figura 1 se detallan los procedimientos del método PRISMA.

3. Resultados y Discusión

Se aplicó el modelo PRISMA para asegurar rigurosidad y transparencia en esta revisión sistemática. Este enfoque estructuró la búsqueda, selección y análisis de estudios, minimizando sesgos y garantizando trazabilidad. La Tabla 1 detalla los métodos utilizados, respaldando la calidad y confiabilidad de los hallazgos sobre compuestos bioactivos del brócoli.

Tabla 1: Matriz PRISMA.

Fase del Proceso PRISMA	DN.º de Artículos	Resumen de Criterios y Justificación
Identificación	255	240 en bases de datos (ScienceDirect, MDPI, etc.) y 15 en otras fuentes (literatura gris, repositorios). Búsqueda 2014–2024 con términos clave.
Filtrado	198	Se eliminaron 57 duplicados. 123 excluidos por irrelevancia temática (no relacionados con bioactivos del brócoli y salud humana).
Elegibilidad	75	Seleccionados por cumplimiento temático. 43 excluidos por baja calidad o no cumplir criterios de inclusión.
Inclusión	32	Estudios con calidad metodológica, pertinencia temática y claridad en resultados. Incluidos en la síntesis cualitativa.

Composición nutricional y presencia de compuestos bioactivos en hortalizas crucíferas

El brócoli, coliflor, col rizada y otras *Brassicas* son valoradas por su riqueza en nutrientes y compuestos bioactivos como glucosinolatos, isotiocianatos, compuestos fenólicos, vitaminas y minerales. Estos contribuyen a funciones clave como detoxificación, protección antioxidante, regulación metabólica, inhibición tumoral e inmunomodulación. Los

flavonoles, ácidos hidroxycinámicos y antocianinas protegen frente al daño oxidativo, mientras que las vitaminas C y E ofrecen efectos citoprotectores. Minerales como calcio, hierro, zinc y magnesio son esenciales para funciones metabólicas. Este perfil fitoquímico convierte a las crucíferas en alimentos funcionales clave en la prevención de enfermedades crónicas como cáncer y patologías cardiovasculares y metabólicas.

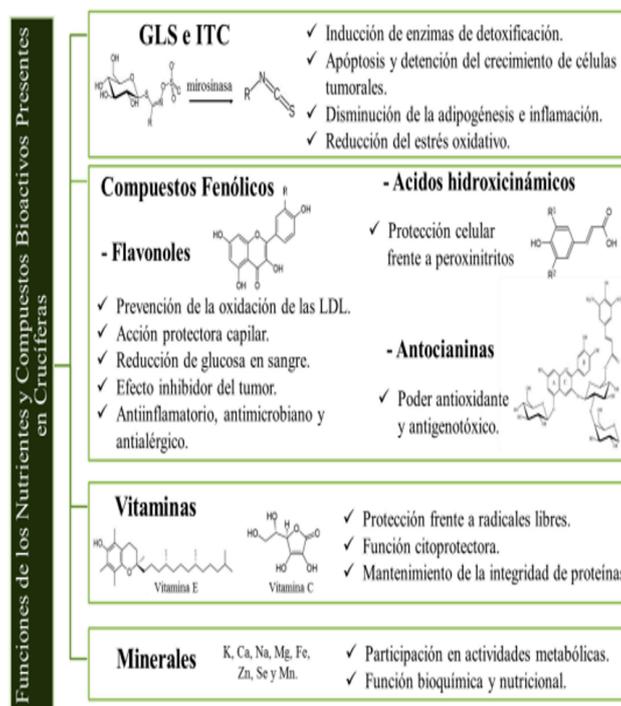


Figura 2. Nutrientes y fitoquímicos en crucíferas (brócoli) asociados a beneficios para la salud.

Los fitoquímicos, especialmente los metabolitos secundarios de las plantas, son clave en la nutrición, salud y prevención de enfermedades. Las crucíferas como *Brassica oleracea* contienen compuestos como isotiocianatos e indol-3-carbinol, estudiados por su efecto quimiopreventivo en modelos de cáncer [8]. Estos fitonutrientes,

con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antimicrobianas, protegen células y tejidos del daño oxidativo. Además de ser esenciales para las plantas, ofrecen beneficios significativos para la salud humana. En las Tablas 1 y 2 se detallan 21 fitoquímicos identificados en el brócoli y sus respectivos efectos positivos.

Tabla 2: Compuestos bioactivos del brócoli.

Grupo / Compuesto Bioactivo	Efectos en la salud humana	Fuente
Isotiocianatos (Sulforafano, Glucorafanina, Glucobrasicina, Indole-3-carbinol, Indoles)	Prevención del cáncer, desintoxicación hepática, reducción de inflamación, regulación inmune, inducción de apoptosis en células cancerosas	[9, 10, 8]
Flavonoides (Quercetina, Kaempferol, Luteolina)	Antioxidantes, antiinflamatorios, protección cardiovascular y cerebral, prevención de envejecimiento celular y enfermedades crónicas.	[11, 12, 13]
Ácidos fenólicos (Ácido cafeico, Ácido clorogénico, Ácido elágico, Ácido sinápico, Ácido p-cumárico)	Antimicrobianos, antioxidantes, hepatoprotectores, reguladores de azúcar en sangre, antiinflamatorios, prevención de enfermedades crónicas.	[13, 14]
Antocianinas y pigmentos (Cianidina, Betacianina, Zeaxantina)	Protección celular, reducción de estrés oxidativo e inflamación, prevención del cáncer, salud ocular (Zeaxantina).	[15, 16]
Otros compuestos antioxidantes (Glutatión, Resveratrol)	Detoxificación hepática, protección cardiovascular, fortalecimiento del sistema inmune, acción pro-apoptótica en células cancerosas, reducción del colesterol.	[17, 18]
Fitoestrógenos (Genisteína, Isoflavonas)	Efectos hormonales, alivio de síntomas menopáusicos, protección ósea.	[19, 20]
Vitaminas (Ácido fólico, Ácido ascórbico, Niacina, Ácido pantoténico)	Participan en metabolismo celular, síntesis de neurotransmisores y colágeno, función cerebral y nerviosa, producción energética, regulación inmune y hormonal.	[21, 22]
Otros (Acetilglucosamina)	Salud articular, gastrointestinal, inmunidad y piel.	[23]

Estudios farmacológicos sobre la citotoxicidad

Entre 1981 y 2010, 33 medicamentos contra el cáncer

derivaron de productos naturales. La Tabla 3 evidencia los estudios sobre la actividad quimiopreventiva del brócoli.

Tabla 3: Estudios preclínicos de la actividad Quimiopreventiva del Brócoli en diferentes líneas celulares tumorales.

Interés	Línea celular	[C] efectiva, IC ₅₀ , GI ₅₀	Referencia
Brotos (extracto)	Células de cáncer de riñón 786-0	GI ₅₀ 123.6 g/mL	[24]
	Células de cáncer de mama MCF-7	GI ₅₀ 96.7 g/mL	[24]
	Cáncer de colon SW480	[C]ef. 2.5mg/mL %inh= 80 %	[24]
Semillas (extracto)	Cáncer de próstata PC-3	IC ₅₀ 38.45 g/mL	[25]
	Células de cáncer de riñón 786-0	GI ₅₀ 12.0 g/mL	[25]
Semillas enriquecidas con Selenio (extracto)	Cáncer de riñón 786-0	GI ₅₀ 20.7 g/mL	[26]
	Células de glioblastoma U251	GI ₅₀ 28.5 g/mL	[25]
Semillas con 3,5 y 7 días de germinación (extracto)	Cáncer de próstata PC-3	IC ₅₀ 73.7 g/mL; IC ₅₀ 84.56 g/mL; IC ₅₀ 67.17 g/mL	[26]
Floración (extracto)	Cáncer de próstata PC-3	IC ₅₀ 25.94 g/mL	[26]
	Cáncer de colon HCT116	IC ₅₀ 3.88 g/mL	[27]
Forraje (extracto)	Cáncer de hígado HepG2	(C)ef. 2.5mg/mL %inh= 80 %	[27]
	Cáncer de próstata PC-3	IC ₅₀ 143.29 g/mL	[27]

[C] ef: concentración efectiva.
IC₅₀: concentración de inhibición de proliferación en un 50%.
GI₅₀: concentración de inhibición de crecimiento en un 50%.

DISCUSIÓN

Los resultados muestran una amplia gama de beneficios potenciales para la salud derivados de diversos compuestos fitoquímicos y nutrientes analizados. Entre ellos, se destacan el sulforafano, los indoles, la glucorafanina, la quercetina, el kaempferol, el ácido cafeico, el resveratrol, el glutatión, el ácido elágico, la cianidina, la betacianina, el indole-3-carbinol, el ácido clorogénico, la glucobrasicina, el ácido sinápico, la genisteína, la acetilglucosamina, el ácido p-cumárico, las isoflavonas, la luteolina, el ácido fólico, niacina, la vitamina C (ácido ascórbico), la zeaxantina, el ácido pantoténico. La evidencia científica respalda sus efectos positivos en la prevención de enfermedades crónicas como el cáncer, la diabetes, enfermedades cardiovasculares y procesos asociados al envejecimiento.

enfermedades están relacionadas con un desorden alimentario, subrayando el rol preventivo que puede desempeñar una dieta rica en compuestos bioactivos. En este sentido, [29] resalta que el estrés oxidativo es un factor central en el envejecimiento prematuro, y que los antioxidantes presentes en los vegetales actúan como agentes neutralizantes de radicales libres, disminuyendo el daño celular. Estudios recientes han revelado que de los 128 medicamentos contra el cáncer introducidos entre 1981 y 2010, alrededor de 12 provienen directamente de productos naturales y otros 21 son derivados de estos, lo que representa aproximadamente el 26 % del total [30]. Este dato enfatiza el papel esencial de los compuestos naturales como fuente de fármacos terapéuticos. Además, se ha documentado que compuestos como el ácido elágico y la cianidina inducen la apoptosis en células tumorales, proporcionando efectos antitumorales relevantes [30]. Por su parte, Fuquene [31]

Olmedilla, *et al.* [28] destaca que muchas de estas

añaden que el resveratrol y la genisteína presentan mejoras en los perfiles lipídicos y reducen la inflamación, siendo eficaces en la prevención de enfermedades cardiovasculares.

El consumo de vegetales crucíferos, en particular aquellos pertenecientes a la familia *Brassicaceae*, como el brócoli (*Brassica oleracea*), ha sido ampliamente investigado. Se ha reportado que el consumo regular de brócoli puede reducir en hasta un 45 % el riesgo de cáncer de mama en mujeres premenopáusicas [32]. Esta propiedad está atribuida principalmente a los glucosinolatos y sus derivados isotiocianatos, como el sulforafano, que inducen enzimas de fase II de detoxificación y promueven la apoptosis en células malignas [33]. Diversas investigaciones in vitro han confirmado que extractos de *Brassica oleracea* presentan efectos antiproliferativos en líneas celulares de cáncer de colon, próstata, mama, hígado y glioblastoma, con reducciones en la viabilidad celular de entre un 30 % y 60 % dependiendo del tipo de extracto y dosis aplicada. Un estudio comparativo realizado por Zhang *et al.* (referenciado en [34]) mostró que el sulforafano reduce marcadores inflamatorios como TNF- α e IL-6 en modelos animales, lo que respalda su uso potencial en enfermedades inflamatorias crónicas. Asimismo, el kaempferol y la quercetina, flavonoides ampliamente distribuidos en frutas y vegetales, han demostrado inhibir la proliferación de células tumorales en estudios in vitro con IC50 en rangos de 5–50 μ M, dependiendo de la línea celular y del tiempo de exposición. No obstante, si bien los estudios in vitro e in vivo muestran resultados prometedores, una limitación importante radica en la biodisponibilidad y metabolismo de estos compuestos en humanos. Por ejemplo, la biodisponibilidad del sulforafano puede variar dependiendo de la presencia de mirosinasa activa, enzima responsable de su conversión desde glucorafanina, la cual puede ser inactivada por procesos térmicos como la cocción prolongada. De igual manera, compuestos como la genisteína y la luteolina presentan efectos bifásicos (hormesis), donde dosis bajas promueven efectos beneficiosos, pero concentraciones elevadas pueden ser citotóxicas o interferir con procesos hormonales. Estas consideraciones resaltan la importancia de evaluar cuidadosamente las dosis efectivas y seguras en ensayos clínicos humanos, un área que requiere mayor investigación y estandarización.

4. Conclusiones

La aplicación del modelo PRISMA permitió estructurar una revisión sistemática rigurosa y sólida, centrada en los efectos de los compuestos bioactivos del brócoli (*Brassica oleracea var. italica*) sobre la salud humana. A partir de 255 registros identificados inicialmente, 32 estudios cumplieron con los criterios de inclusión, permitiendo un análisis cualitativo y cuantitativo integral. Los hallazgos consolidan al brócoli como un alimento funcional clave, con al menos 21 compuestos bioactivos que poseen evidencia científica de impacto positivo en la prevención y modulación de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT), como el cáncer, enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2 y trastornos neurodegenerativos.

Los resultados destacan el papel fundamental del sulforafano, presente en el 81,3 % de los estudios, como potente agente quimiopreventivo, capaz de actuar sobre enzimas de fase II y mecanismos epigenéticos, deteniendo procesos iniciadores

del cáncer. A esto se suma la acción de los indoles, presentes en el 75 % de los estudios, con efectos significativos sobre la inhibición de células tumorales y promoción de la apoptosis en cánceres frecuentes como el de mama, próstata y colon. La capacidad antioxidante del brócoli también fue ampliamente documentada; el 68 % de los estudios demuestra que flavonoides como la quercetina y el kaempferol ejercen un efecto protector frente al daño oxidativo, reduciendo de manera significativa el riesgo cardiovascular.

Financiamiento:

Los autores expresan autofinanciamiento para realizar esta obra de investigación.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución de autor/es:

Miguel Ángel Enríquez Estrella, revisión, redacción documento original, métodos. Lilian Alexandra Bonifaz Brito, metodología, conceptualización. George Michael Lara Montoya, supervisión, análisis de datos, metodología, revisión.

5. Referencias

1. ACURIO VÁSCÓNEZ, R. D.; MAMARANDI MOSSOT, J. E.; OJEDA SHAGÑAY, A. G.; TENORIO MOYA, E. M.; CHILUISA UTRERAS, V. P.; VACA SUQUILLO, I. D. A. Evaluación de *Bacillus* spp. como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) en brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) y lechuga (*Lactuca sativa*). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* [online]. 2020, vol. 21, n.º 3, págs. 1-16. Disponible en: https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1465.
2. ORELLANA YUMBLA, T. C.; ORTEGA ANDRADE, A. I. Obtención de productos de valor añadido a partir de residuales de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *Italica*). [Online]. 2024. Disponible en: <https://agris.fao.org/search/ar/records/66d9adcff995ef9c0424c993>.
3. COSÍO VITAL, RAFAELA NATIVIDAD. Efecto del sulforafano en el daño oxidativo y renal inducidos por el antineoplásico cisplatino en modelo animal). *Tesis de Maestría. Tesis (MC)–Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Departamento de Bioquímica* [online]. 2024. Disponible en: <https://repositorio.cinvestav.mx/bitstream/handle/cinvestav/1203/SSIT0015292.pdf?sequence=1>.
4. LÓPEZ ROLDÁN, PATRICIA, ET AL. Efecto del consumo de astaxantina en la salud). [Online]. 2012. Disponible en: https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/19841/1/Lopez_2012_02.pdf.

5. VÁZQUEZ GONZÁLEZ, CECILIA; MEJÍA GARIBAY, BEATRIZ; ROBLES LÓPEZ, MA. REYNA; RAMÍREZ LÓPEZ, CAROLINA. Impacto de las tecnologías de procesamiento del brócoli sobre compuestos fitoquímicos relevantes en salud humana: una revisión. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* [online]. 2012, vol. 21, n.º 2. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81365122003>.
6. JIMÉNEZ PRIETO, MARÍA; JIMÉNEZ LÓPEZ, MARÍA DEL PILAR. Efectos del cocinado de los alimentos sobre los compuestos fitoquímicos y la actividad antioxidante. *Valladolid: Universidad de Valladolid. Facultad de Medicina, 2020. Grado en Nutrición Humana y Dietética* [online]. 2020. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/42173>.
7. ENRÍQUEZ, MIGUEL; PÉREZ, MANUEL. Comportamiento antioxidante y polifenólico de la Guaviduca (*Piper carpubya* L.) en extracción seca y húmeda. *Alimentos Ciencia e Ingeniería* [online]. 2019, vol. 27, n.º 1, págs. 11-11. Disponible en: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/8520791>.
8. GARCÍA IBÁÑEZ, PAULA. Desarrollo de bio-nanoencapsulaciones para la mejora de la estabilidad y biodisponibilidad de ingredientes bioactivos de crucíferas. *Proyecto de investigación. Universidad de Murcia* [online]. 2023. Disponible en: <https://digitum.um.es/digitum/handle/10201/128525>.
9. BAENAS, N., ET AL. Estudio de la bioactividad in vitro e in vivo de brotes de brócoli ricos en glucosinolatos/isotiocianatos. *Nereis* [online]. 2018, n.º 10, págs. 69-78. Disponible en: <https://revistas.ucv.es/nereis/index.php/Nereis/article/download/381/337?inline=1>.
10. CADENAS PONCE, DELIZAIEL. Estudio sobre la composición química del extracto metanólico del bagazo del brócoli, *Brassica oleracea* var. *italica*. *Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Morelos* [online]. 2023. Disponible en: <https://riaa.uaem.mx/xmlui/handle/20.500.12055/4140>.
11. RUS COPADO, ANA. Potenciales beneficios de la quercetina en la salud ocular. *Tesis de Licenciatura. Universitat Politècnica de Catalunya* [online]. 2019. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/331235>.
12. PÉREZ ABRIL, MARAVILLAS. Estudio de la complejación de flavonoides en ciclodextrinas. *Tesis doctoral. Universidad Católica San Antonio de Murcia* [online]. 2017. Disponible en: <https://repositorio.ucam.edu/handle/10952/2836>.
13. BARRIOS SILVA, ISABEL CRISTINA; BRAVO MUÑOZ, JAVIERA IVANNA; ORREGO CASTILLO, ROXANA ISABEL. Biodisponibilidad y bioaccesibilidad de polifenoles y flavonoides. *Talca (Chile): Universidad de Talca, Escuela de Tecnología Médica* [online]. 2020. Disponible en: http://dspace.utalca.cl/bitstream/1950/12420/2/resumen_barrios_silva.pdf.
14. PAULINO, CAROLINA ANTONELLA. Pulpas de frutos patagónicos: procesos, conservación y desarrollo de alimentos funcionales. *Tesis Doctoral. Universidad Nacional de La Plata* [online]. 2017. Disponible en: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/65129>.
15. SÁNCHEZ PUJANTE, PEDRO JOAQUÍN. Caracterización de la producción de compuestos bioactivos y análisis de proteínas en cultivos celulares de brócoli. *Proyecto de investigación. Universidad de Murcia* [online]. 2020. Disponible en: <https://digitum.um.es/digitum/handle/10201/98421>.
16. GONZÁLEZ LIMÓN, MONTSERRAT, ET AL. Aplicación de ultrasonido de potencia, luz visible y ultravioleta en hojas de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) y su efecto sobre actividad y concentración de compuestos antioxidantes. [Online]. 2016. Disponible en: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/items/6b659dea-b48d-425e-b725-4b9e90496a2c>.
17. HERNÁNDEZ GUIANCE, SABRINA NOEMÍ; MARINO, L.; ISERN, D. M.; CORIA, I. D.; IRURZUN, ISABEL MARÍA. Flavonoides: aplicaciones medicinales e industriales. *Invenio* [online]. 2019, vol. 22, págs. 11-27. Disponible en: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/113738>.
18. BENCHMARK, STIG; MESA, M.A D.; GIL, A. Plant-derived health: the effects of turmeric and curcuminoids. *Nutrición Hospitalaria* [online]. 2009, vol. 24, n.º 3, págs. 273-281. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3092/309226746003.pdf>.
19. DE ANCOS, BEGOÑA; FERNÁNDEZ-JALAO, IRENE; SÁNCHEZ-MORENO, CONCEPCIÓN. Compuestos funcionales en productos de IV y V Gama. *Revista Iberoamericana de Tecnología*

- Postcosecha* [online]. 2016, vol. 17, n.º 2, págs. 130-148. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/813/81349041002/html/>.
20. SIQUEIROS, MELISSA MARÍA CAMPA. Estimación del consumo de fitoestrógenos a través de frecuencia de consumo de alimentos y recordatorio de 24 horas en mujeres sanas del noroeste de México. *Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo* [online]. 2012. Disponible en: https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/212/1/Campa%20Siqueiros_2012_MC.pdf.
 21. BALMORI, YOLANDA SALDAÑA. CRUCIBIOQ®. Las vitaminas en el metabolismo. *Revista de Educación Bioquímica* [online]. 2020, vol. 39, n.º 1, págs. 26-28. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=93157>.
 22. ARROBA BUENAÑO, CARMEN ELENA. Aprovechamiento de las propiedades nutritivas del brócoli (*Brassica oleracea*) para generar un aporte nutricional en pastas alimenticias de tipo pre-cocido a partir del extracto vegetal. *Universidad Técnica de Ambato* [online]. 2011. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/items/cbf6bfd5-d91a-42fe-9523-917c7c83d74f>.
 23. DUCHIMAZA ANGAMARCA, MAURICIO GEOVANNY. Efecto de la utilización de extractos vegetales para el control de enfermedades foliares en brócoli (*Brassica oleracea* var. itálica) cultivado en tres localidades urbanas de Quito. *Universidad Técnica de Cotopaxi* [online]. 2022. Disponible en: <https://repositorio.utc.edu.ec/items/63beb5e9-dbe6-41d5-bf0f-5766f42b30df>.
 24. GUERRERO ALONSO, ARACELI. Estudio químico, quimioinformático y actividad citotóxica de los vegetales crucíferos *Brassica oleracea* L. var. itálica (brócoli) y var. sabellica (kale). [Online]. 2024. Disponible en: <http://www.riaa.uaem.mx/xmlui/handle/20.500.12055/3775>.
 25. ORTIZ QUIJANO, MARÍA CAMILA. Identificación de las especies de suculentas tipo *kalanchoe* y sus efectos en pacientes con cáncer de mama. *Tesis Doctoral. Unilasallista Corporación Universitaria* [online]. 2024. Disponible en: <https://repository.unilasallista.edu.co/bitstreams/a3142143-def1-4e3b-9d74-d3a2daeda3bc/download>.
 26. YÁBAR VILLANUEVA, EMILIO FREDY. Evolución de glucosinolatos, compuestos fenólicos y β -sitosterol, en tres ecotipos de maca (*Lepidium meyenii* Walp.) durante la pre y post-cosecha. *Tesis Doctoral. Universidad Nacional Agraria La Molina* [online]. 2017. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=341720>.
 27. LARA VIVEROS, FRANCISCO MARCELO. Incidencia de enfermedades, calidad postcosecha y contenido de glucosinolatos en brócoli. *Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados, Especialidad en Fisiología Vegetal* [online]. 2010. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10521/344>.
 28. OLMEDILLA B, GRANADO F, BLANCO I, HERRERO C. Luteína y zeaxantina en suero y función visual. *Quím Clín. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados, Especialidad en Fisiología Vegetal* [online]. 2003, vol. 22, n.º 2, págs. 48-54. Disponible en: https://www.seqc.es/download/revista/49/290/1141448979/1024/cms/qc_2003_22_2_48-54.pdf.
 29. DE TERESA GALVÁN, CARLOS; GUISTADO BARRILAO, RAFAEL; GARCÍA, M. C.; OCHOA, JUAN; OCAÑA WILHELMI, JAVIER. Antioxidantes y ejercicio físico: funciones de la melatonina. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte* [online]. 2008, vol. 1, n.º 2, págs. 61-72. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-andaluza-medicina-deldeporte-284-articulo-antioxidantes-ejercicio-fisico-funciones-melatonina-13127529>.
 30. BUSSMANN, RAINER W.; SHARON, DOUGLAS. Plantas medicinales de los Andes y la Amazonía: La flora mágica y medicinal del Norte del Perú. *Ethnobotany Research and Applications* [online]. 2016, vol. 15, n.º 1, págs. 1-293. Disponible en: <https://scispace.com/papers/plantas-medicinales-de-los-andes-y-la-amazonia-la-flora-1s6aeopcfm>.
 31. FUQUENE BUSTOS, GUINET PAOLA. Hongos Macromicetos: biofábricas alternativas de compuestos con potencial de aplicación en cosmeceútica y nutricosmeceútica. *Tesis de Maestría en Ciencias Químicas* [online]. 2022. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/81780/1022408660.2022%283%29.pdf?sequence=3>.
 32. CASTELLÓ PASTOR, ADELA; AMIANO, PILAR; FERNÁNDEZ DE LARREA, NATALIA; MOREO, PILAR; SÁNCHEZ

- CANTALEJO, EMILIO; ET AL. Influencia de la dieta mediterránea española y otros patrones de dieta en el riesgo de cáncer de mama. *Dieta Mediterránea* [online]. 2014, pág. 11. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=700231>.
33. MANZANARES SERRANO, MIGUEL ÁNGEL. Influencia de los lípidos de la dieta en la iniciación del cáncer de mama experimental: Ontogenia de las enzimas de detoxificación de xenobióticos. Metabolismo de carcinógeno y daño en el ADN. *Universitat Autònoma de Barcelona. Tesis doctoral* [online]. 2014. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10803/285545>.
34. DELGADO CIRUELO, LAURA; SANTOS BUELGA, CELESTINO; GONZÁLEZ PARAMÁS, ANA MARÍA; GONZÁLEZ MANZANO, SUSANA. Mecanismos de acción implicados en la bioactividad de flavonoides. *Caenorhabditis elegans* y líneas celulares como sistemas modelo. *Universidad de Salamanca* [online]. 2015. Disponible en: https://gredos.usal.es/bitstream/10366/129389/1/DQANB_LauraDelgadoCiruelos.pdf.



Artículo de **libre acceso** bajo los términos de una **Licencia Creative Commons Reconocimiento – NoComercial – CompartirIgual 4.0 Internacional**. Se permite que otros remezclem, adapten y construyan a partir de su obra sin fines comerciales, siempre y cuando se otorgue la oportuna autoría y además licencien sus nuevas creaciones bajo los mismos términos.