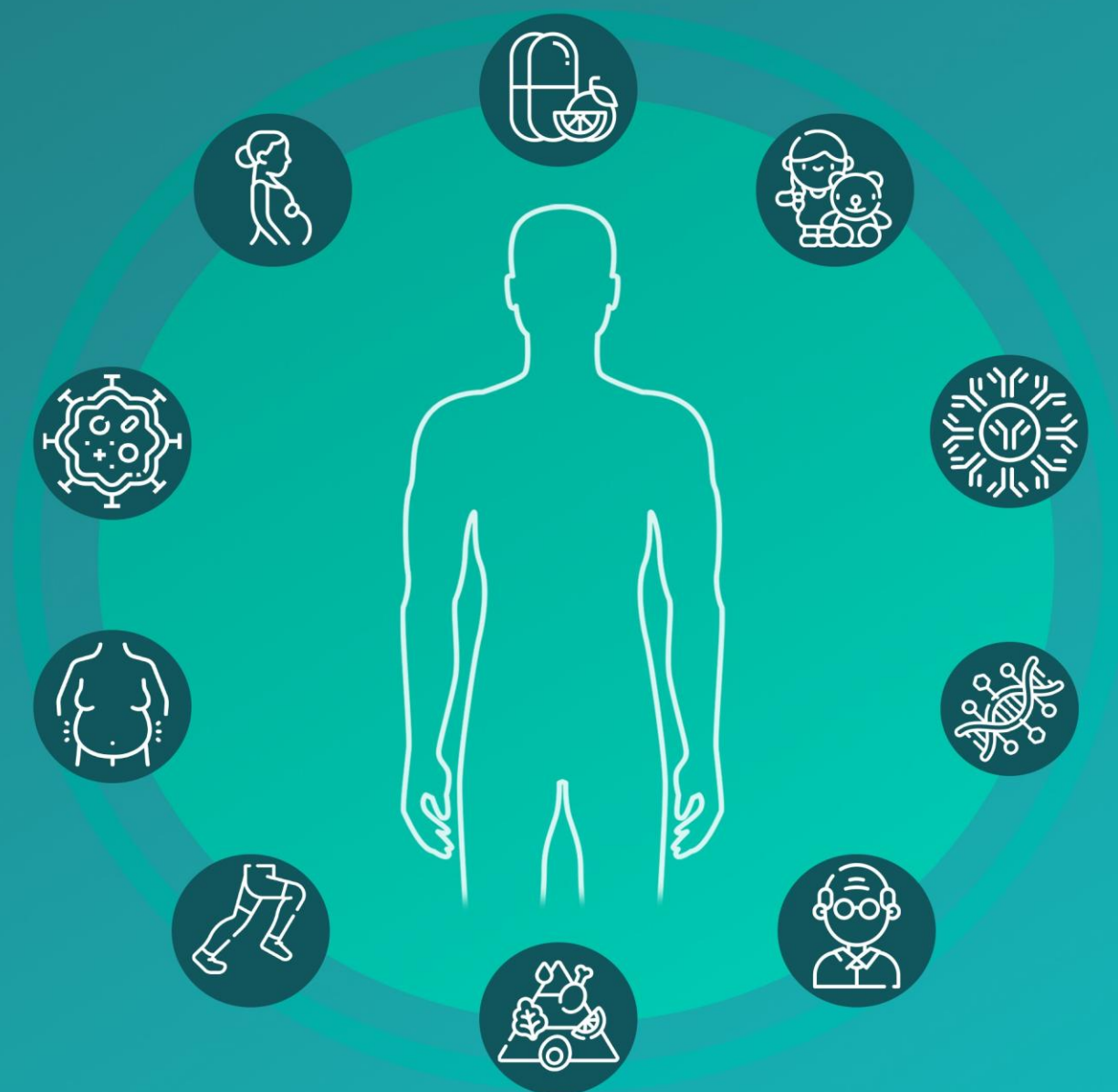




RNC

REVISTA NUTRICIÓN CONTINUA



EQUIPO EDITORIAL

EDITOR GENERAL

Dr. Uriel Alberto Angulo Zamudio

Doctor en Biotecnología por la Universidad Autónoma de Sinaloa.
 Docente e Investigador Tiempo Completo.
 Facultad de Medicina.
 Universidad Autónoma de Sinaloa.
 Sistema Nacional de Investigadores I
 México.

EDITORA EJECUTIVA

Dra. Maria del Rosario Salomon Benítez

Doctora en Gestión de la Educación Superior por
 Universidad de Guadalajara.
 Coordinadora del Centro de Investigación y Nutrición Continua.
 México

COORDINACIÓN DE EDICIÓN
INTERNACIONAL Y
VINCULACIÓN**Dra. Alma Haydee Astorga Gaxiola**

Profesora Investigadora de la Facultad de Ciencias de la Nutrición y Gastronomía,
 Universidad Autónoma de Sinaloa.
 Sistema Nacional de Investigadores I.
 México.

CONSEJO EDITORIAL

Dra. Elisa María Barrón Cabrera

Doctora en Ciencias en Biología Molecular en Medicina Universidad de Guadalajara
 Docente Investigadora del Posgrado en Nutrición Universidad Autónoma de Sinaloa
 Sistema Nacional de Investigadores I
 México.

Dra. Maria Fernanda Salomon Benítez

Doctora en Ciencias Biomédicas por la Universidad Autónoma de Sinaloa.
 Docente e Investigadora.
 Centro de Investigación y Nutrición Continua.
 México.

Dr. Iván Armando Osuna-Padilla

Profesor Investigador en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición
 "Salvador Zubirán" (INCMNSZ), México.
 Sistema Nacional de Investigadores I
 México.

Dra. Nora Angélica De Lira Bustillos

Doctora en Biotecnología por la Universidad Autónoma de Sinaloa.
 Docente e Investigadora.
 Universidad Autónoma de Occidente.
 México.

Dra. Alejandra Karam León

Doctora en Biotecnología, Universidad Autónoma de Sinaloa
 Docente e investigadora por Universidad Autónoma de Occidente.
 Maestría en Ciencias en Biomedicina Molecular, Universidad Autónoma de
 Sinaloa
 México

Dr. Jorge Vargas Meza

Investigador en El Poder del Consumidor A.C. y
 Centro de Investigación en Nutrición y Salud (CINyS) del
 Instituto Nacional de Salud Pública (INSP).
 Sistema Nacional de Investigadores I
 México.

Dra. Karina González Becerra

Docente Investigadora de tiempo completo
 Centro Universitario de la Ciénega, Universidad de Guadalajara
 Sistema Nacional de Investigadores I
 México.

Dra. Inés Osvely Méndez Guerrero

Docente Investigadora
 Departamento de Gastroenterología
 Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán
 México.

EQUIPO DE EDICIÓN**Lic. Denisse Mireya Rodríguez Ramírez**

Lic. en Nutrición Universidad Autónoma de Sinaloa.

DISEÑO DE REVISTA**LDG. María Fernanda Puga Castaños**

RNC Revista Nutrición Continua,
 Volumen 02, Edición 2, Enero-Junio
 de 2026. Es una publicación
 electrónica, semestral, editada por
 el Centro de Investigación y
 Nutrición Continua, Calle Pedro
 María Anaya, 294, col. Burócrata,
 Culiacán, Sinaloa. C.P. 80030. Tel.
 6671959895.

<https://revistanutricioncontinua.org/>.
 Editor Responsable: Uriel Alberto
 Angulo Zamudio
nutricioncontinuumx@gmail.com.

**Certificado de Reserva de
 Derechos al Uso Exclusivo No.
 04-2025-070816594600-102,** e-
 ISSN: 3122-363X ambos otorgados
 por el Instituto Nacional del Derecho
 de Autor. DOI:10.70983/rnc240607.
 Fecha de última modificación 22 de
 Julio de 2026. Tamaño del archivo
 1.97 MB.

COMISIÓN DE ARBITRAJE**Dra. Melissa de Jesús Vega Burgueño**

Universidad Autónoma de Sinaloa
 México

Dra. Ana Laura de la Garza

Universidad Autónoma de Nuevo León
 México

Dra. Ana Karely Lazcano verduzco

Universidad Autónoma de Sinaloa
 México

Dr. Óscar Omar Ramos López

Universidad Autónoma de Baja
 California
 México

Dra. Elcy Yaned Astudillo Muñoz

Universidad Libre de Colombia
 Colombia

Dra. Diana Ivedt Reyes Trujillo

Universidad Autónoma de Sinaloa
 México

Dra. Samantha Desireé Reyes Pérez

Universidad Autónoma de Sinaloa
 México

Dr. Ignacio Osuna Ramírez

Universidad Autónoma de Sinaloa
 México

Dra. Alondra Guadalupe Mora

Jiménez

Universidad de Guadalajara
 México

Dr. Jorge Luis Vargas Salcido

Universidad Autónoma de Sinaloa
 México

RNC Revista Nutrición Continua hace una revisión de trabajos mediante el sistema de arbitraje «doble ciego por pares» a través de especialistas externos a la redacción;

por lo que todos los trabajos aquí publicados han sido arbitrados.

Todos los documentos publicados en esta revista se distribuyen bajo una Licencia Creative Commons CC BY 4.0 Copyright: © The Author(s)



Dr. Marcos Antonio Pérez Torres
 Universidad Autónoma de Sinaloa
 México

Dr. Feliznando Isidro Cárdenas Torres
 Universidad Autónoma de Sinaloa
 México

Dra. Sthefhany Nohemí Rodríguez Arellano
 Universidad Autónoma de Sinaloa
 México

Dra. Claudia Patricia Maza Moscoso
 Centro Médico Militar Guatemala
 Guatemala

Dra. Lilia Castillo Martínez
 Instituto Nacional de Ciencias Médicas y
 Nutrición Salvador Zubirán
 México

Dra. Alondra Guadalupe Mora Jiménez
 Instituto de Nutrigenética y
 Nutrigenómica Traslacional, Centro
 Universitario de Ciencias de la Salud,
 Universidad de Guadalajara
 México

Dra. Cristina Alicia Elizalde Romero
 Universidad Autónoma de Occidente
 México

Dr. Erick Josué Navarro Barrón
 Universidad Autónoma de Occidente
 México

Dr. Ashuin Kamar García
 Instituto Nacional de Geriátría
 México

Dra. Claudia Milena Ardila Meléndez
 Universidad Industrial de Santander
 Colombia

Dra. Diana Ximena Yrigoyen Rosas
 University of Illinois Urbana-Champaign
 Estados Unidos

Dr. Christian Pureco Cano
 Presidente del Colegio Mexicano de
 Nutrición en el Deporte
 México

Dra. Isamar Guadalupe Arredondo Beltrán
 Universidad Autónoma de Sinaloa
 México

Dra. Nancy Marahí Pérez Tamayo
 University of Illinois Urbana-Champaign
 Estados Unidos

Dr. Bryan Adrián Priego Parra
 Universidad Veracruzana
 México

Dra. Berenice Román Calleja
 Instituto Nacional de Ciencias Médicas y
 Nutrición Salvador Zubirán
 México

Dr. David Moroni Alemán Hidalgo
 Universidad Autónoma de Sinaloa
 México

Dr. Juan José Rivera Valdés
 Universidad de Guadalajara
 México

Dra. Amanda Cuevas Sierra
 IMDEA Nutrition
 España

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO

EDITORIAL

Dr. Uriel Alberto Angulo Zamudio

1

ARTÍCULOS ORIGINALES

Ingesta de las vitaminas A, C y D y el estado antropométrico de pacientes dispépticos y con lesiones precancerosas gástricas, Hospital Clínica Bíblica, Costa Rica (2021-2023)

3

Sofía Villegas-Solís, Sophia Gamboa-Lépiz, Christian Campos Núñez, José Antonio Moreno Araya, Vanessa Ramírez Mayorga.

REVISIONES DE ALCANCE

Clinical evidence on the immunomodulatory effects of mushroom-derived bioactive compounds in humans: a scoping review

19

Valentina Zapata Cardona, Diana Maryory Gómez Gallego, María Camila Loaiza Ceballos.

REVISIONES NARRATIVAS

Betabel (Beta vulgaris L.) y salud digestiva: evidencias sobre su efecto en el estreñimiento.

39

Héctor Enrique Fabela Illescas, Estefanía Ramos Gutiérrez, Jimena Aldrete Montiel, Gabriel Betanzos Cabrera.

Antioxidantes de origen alimentario y su impacto en el estrés oxidativo y la hipertensión: evidencia y mecanismos vía función endotelial.

46

César Antonio Sánchez Cárdenas, Lorenzo Hernández Olivas, Daniela Canizales Arce.

Aplicaciones clínicas, limitaciones y valor pronóstico del análisis de bioimpedancia eléctrica en el paciente crítico: revisión narrativa

60

Juan Ramón Ballesteros-Villascan, Luis Fernando Cruz-Hernández, Marycarmen Godínez-Victoria, Nadia Carolina Rodríguez-Moguel, Alan García-Grimaldo.



EDITORIAL

La ciencia de la nutrición atraviesa una transformación conceptual sin precedentes a nivel mundial. La comprensión de la salud humana ha migrado definitivamente de un enfoque puramente calórico y descriptivo hacia un modelo molecular e integrador, donde la integridad celular, la modulación inmunológica y el equilibrio de los ecosistemas biológicos determinan el desarrollo y la progresión de las patologías crónicas (Solano et al., 2024).

En América Latina y el Caribe, esta evolución científica no representa un debate periférico ni meramente especulativo; se cruza de forma directa con una realidad epidemiológica alarmante, caracterizada por transiciones nutricionales aceleradas, la persistencia de trastornos digestivos funcionales y una carga insostenible de enfermedades metabólicas y cardiovasculares. Frente a este panorama, la intervención nutricional contemporánea exige herramientas que superen las generalizaciones poblacionales y permitan diagnósticos objetivos e intervenciones personalizadas, integrando la evidencia clínica y funcional para mitigar el impacto real de la enfermedad en nuestras sociedades (López-Jaramillo, 2013; Cruz-Vargas, 2020.)

El gran desafío de la disciplina en nuestra región radica en la brecha existente entre el hallazgo en el laboratorio y su capacidad de traslación real hacia la práctica clínica diaria. Esta transición destapa una tensión operativa crucial: *¿cómo medir y modular las reservas corporales, el estado inflamatorio o el estado de hidratación cuando el propio proceso patológico del paciente altera nuestras herramientas de evaluación estándar?*

Fisiológicamente, condiciones como la obesidad, el cáncer o la enfermedad crítica desencadenan fenómenos de endotoxemia metabólica, estrés oxidativo, disfunción de barrera y fugas capilares que distorsionan por completo la homeostasis celular (Merk et al, 2024.). Tradicionalmente, se ha dependido de ecuaciones predictivas genéricas o aproximaciones

indirectas basadas en asunciones ideales de hidratación constante. Sin embargo, en pacientes con inflamación aguda o sobrecarga volémica, estas premisas matemáticas fallan de manera sistemática, enmascarando el catabolismo proteico y alterando la interpretación de las reservas reales (Escobar et al 2023). Reconocer estas limitaciones y transitar hacia parámetros bioeléctricos e inmunológicos directos es un imperativo ético y metodológico para garantizar tratamientos eficaces y seguros.

Las investigaciones originales que componen el presente volumen de la *Revista Nutrición Continua* arrojan luz sobre esta problemática, aportando evidencias que conectan de forma orgánica la fisiopatología molecular con la práctica clínica a pie de cama.

Ante la ineficacia de los algoritmos tradicionales en escenarios de fluctuación hídrica severa, la monitorización avanzada en cuidados intensivos demuestra que el uso de parámetros celulares directos, como el análisis vectorial y el ángulo de fase, permite eludir los sesgos del edema y la reanimación hídrica.

La evidencia reunida en este número confirma que un ángulo de fase disminuido al ingreso o su caída longitudinal se asocian de manera independiente con un incremento significativo en la mortalidad general, estancias prolongadas en la unidad de cuidados intensivos y el desarrollo de complicaciones funcionales críticas como la debilidad adquirida y la disfagia post-extubación, consolidándose como un marcador subrogado fidedigno de la calidad muscular.

Esta necesidad de objetividad en la evaluación de tejidos y fluidos se complementa con el análisis de los ecosistemas biológicos internos y su impacto metabólico crónico. La investigación de la microbiota en segmentos proximales, como el intestino delgado, revela que la disbiosis local altera la producción de ácidos grasos de cadena corta, el metabolismo de ácidos biliares y la síntesis de N-óxido de trimetilamina



(TMAO), promoviendo el incremento de la permeabilidad intestinal y la endotoxemia metabólica que perpetúan la inflamación crónica de bajo grado asociada a la obesidad.

Desde una perspectiva terapéutica no invasiva para preservar la barrera epitelial, el uso de alimentos funcionales y fuentes ricas en fibra dietética y compuestos bioactivos —como betalaínas y ácido cafeico provenientes del betabel— demuestra una capacidad notable para mejorar la motilidad gastrointestinal, atenuar citocinas proinflamatorias y estimular microorganismos benéficos, mitigando el daño de la mucosa en trastornos digestivos comunes como el estreñimiento.

Finalmente, el volumen aborda la interacción entre la ingesta de compuestos bioactivos y la modulación inmunológica frente a patologías degenerativas y oncológicas. A través de evaluaciones cuantitativas rigurosas, se documenta cómo las intervenciones orales con polisacáridos y glicoconjugados derivados de hongos medicinales inducen variaciones medibles en la actividad de células naturales killer, subpoblaciones de linfocitos T y vías inflamatorias, ofreciendo un potencial prometedor como coadyuvantes en la nutrición oncológica y pediátrica.

En el ámbito de la prevención secundaria de lesiones gástricas premalignas y adenocarcinoma gástrico, se expone la relevancia de la ingesta de micronutrientes, evidenciando una alarmante insuficiencia de vitamina D en pacientes con gastritis autoinmune y cáncer gástrico, lo que subraya el impacto del deterioro nutricional en la patogénesis de la mucosa.

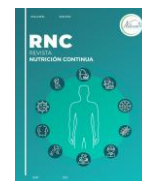
Este enfoque integral se cierra con la síntesis sobre el papel protector de los antioxidantes dietéticos en la función endotelial, confirmando que polifenoles, carotenoides y vitaminas C y E logran mitigar de forma consistente las especies reactivas de oxígeno y mejorar la biodisponibilidad del óxido nítrico en la hipertensión arterial, siempre que se consuman dentro de patrones alimentarios saludables completos en lugar de suplementos aislados.

Este volumen nos exhorta a consolidar puentes sólidos que unan los descubrimientos analíticos con estrategias preventivas y terapéuticas viables en nuestros entornos. El reto radica en incentivar la investigación rigurosa para asegurar la transición efectiva de estos hallazgos hacia la cabecera del paciente, transformando la atención clínica en la región.

Dr. Uriel Alberto Angulo Zamudio
Editor General Revista Nutrición Continua.
Universidad Autónoma de Sinaloa, México

REFERENCIAS.

- Escobar, S., Blanco, J. C., Cubillos-Sandoval, D. E., Escobar-Robledo, M., Tarazona, M. P., Amézquita, S. F., Russi-Rojas, A., & Celis-Regalado, L. G. (2023). Relación de la deficiencia de micronutrientes y su suplementación con la gravedad de la COVID-19: una revisión narrativa. *Revista De Nutrición Clínica Y Metabolismo*, 6(3).
<https://doi.org/10.35454/rncm.v6n3.532>
- Solano, D. M., Vega, M. V., & Chacón, S. M. (2024). El rol de la Microbiota intestinal en la salud y enfermedad humana: una revisión exhaustiva. *Revista Científica De Salud Biosana*, 4(4), 211–218. <https://doi.org/10.62305/biosana.v4i4.215>
- López-Jaramillo, J. P. (2013). Consenso latinoamericano de hipertensión en pacientes con Diabetes tipo 2 y síndrome metabólico. *Acta Médica Colombiana*, 38(3), 154–172.
<https://doi.org/10.36104/amc.2013.272>
- Cruz-Vargas, J. A. D. L. (2020). Medicina del estilo de vida: La nueva disciplina global. *Tradición Segunda Época*, (18), 82–92.
<https://doi.org/10.31381/tradicion.v0i18.2659>
- Merk, D., Cox, F., Jakobs, P., Prömel, S., Altschmied, J., & Haendeler, J. (2024). Dose-Dependent Effects of Lipopolysaccharide on the Endothelium—Sepsis versus Metabolic Endotoxemia-Induced Cellular Senescence. *Antioxidants*, 13(4), 443.
<https://doi.org/10.3390/antiox13040443>



Ingesta de las vitaminas A, C y D y el estado antropométrico de pacientes dispépticos y con lesiones precancerosas gástricas, Hospital Clínica Bíblica, Costa Rica (2021-2023)

Vitamin A, C, and D intake and anthropometric status of patients with dyspepsia and precancerous gastric lesions, Hospital Clínica Bíblica, Costa Rica (2021–2023)

Sofía Villegas-Solís¹, Sophia Gamboa-Lépiz^{**1}, Christian Campos Núñez², José Antonio Moreno Araya², Vanessa Ramírez Mayorga³.

1. Nutricionista-Investigadora, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

2. Departamento de Gastroenterología, Hospital Clínica Bíblica, Santa Ana, Costa Rica.

3. Bióloga-Investigadora, Instituto de Investigaciones en Salud, Escuela de Nutrición, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

**** Correspondencia:** sglepiz@hotmail.com

Palabras claves	RESUMEN
Neoplasias gástricas; <i>Helicobacter pylori</i> ; Lesiones precancerosas; Vitaminas; Antropometría.	Introducción: Las vitaminas A, C y D tienen efectos protectores ante las lesiones precancerosas. Se analizó la ingesta de las vitaminas A, C y D y la antropometría en pacientes dispépticos y con cáncer gástrico (CG) que asistieron al servicio de gastroenterología del Hospital Clínica Bíblica entre 2021 y 2023. Métodos: Los datos se recolectaron mediante una entrevista y dos recordatorios de 24 horas. Resultados: La muestra fue de 31 personas mayores de edad, principalmente con gastritis crónica atrófica y metaplasia, exceso de peso y con antecedentes heredo-familiares de lesiones gástricas. El 29% fue diagnosticado con <i>H. pylori</i> . La mayoría de los participantes presentó ingestas adecuadas de vitamina A y C, mientras que la ingesta de vitamina D fue menor a lo recomendado. Los participantes sin exceso de peso tuvieron una ingesta promedio de vitamina A, C y D mayor que su contraparte, sin diferencias significativas ($p=0,24$, $p=0,44$, $p=0,72$). Los participantes con gastritis autoinmune y CG presentaron los promedios más bajos de ingesta, con diferencia significativa para la vitamina D ($p=0,04$). Conclusión: No hubo diferencias significativas en la ingesta de vitaminas según antropometría ni clínica, a excepción de la vitamina D. Ante el tamaño de la muestra de estudio, se debe tomar estos resultados con cautela.
Keywords	ABSTRACT
Stomach Neoplasms; <i>Helicobacter pylori</i> ; Precancerous Conditions; Vitamins; Anthropometry.	Introduction: Vitamins A, C and D have protective effects against precancerous lesions. We analyzed the intake of vitamins A, C and D and anthropometry in dyspeptic and gastric cancer (GC) patients who attended the gastroenterology service of the Hospital Clínica Bíblica between 2021 and 2023. Methods: Data were collected with an interview and two 24-hour reminders. Results: The sample consisted of 31 people over 18 years of age, mainly with chronic atrophic gastritis and metaplasia, overweight and hereditary and family medical history of gastric lesions. 29% of the sample was diagnosed with <i>H. pylori</i> . Vitamin A and C intakes were adequate, but vitamin D intake was lower than the recommendation. Participants without excess weight had higher mean intakes of vitamin A, C and D than their counterpart, with no significant differences ($p=0,24$, $p=0,44$, $p=0,72$). Participants with autoimmune gastritis and CG had the lowest average intakes, with significant difference for vitamin D ($p=0,04$). Conclusion: There were no significant differences in vitamin intake according to anthropometry or clinic, except for vitamin D. Given the sample size, these results should be taken with caution.

INTRODUCCIÓN

Según datos de la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2025), el cáncer gástrico (CG) es uno de los cánceres más prevalentes del 2020, representando un 5,6% de los cánceres a nivel mundial. En el panorama mundial, Costa Rica ocupa el puesto 4 en el mundo en incidencia de CG y se mantiene como una de las principales causas de mortalidad.

El desarrollo del CG es un proceso multifactorial y de varias etapas. Las lesiones precancerosas como la atrofia, la metaplasia intestinal y la gastritis autoinmune son cambios patológicos que pueden

transformarse en tejidos cancerosos (Wang y cols., 2022). Según Correa (2011), esta enfermedad es altamente mortal cuando se detecta clínicamente en estadio avanzado, sin embargo, antes de llegar a este estado, se da un proceso precanceroso que el autor denomina como “la cascada precancerosa”.

El proceso inicia cuando la mucosa gástrica exhibe inflamación crónica con cambios en las células epiteliales desarrollando estas lesiones. Esta sucesión ocurre en varias etapas que finalmente desembocan en adenocarcinoma gástrico (Correa, 2011). Aunado a esto, la infección por *Helicobacter pylori* (*H. pylori*) es el factor principal asociado al desarrollo del CG (Smoot, 1997).

La nutrición y factores dietéticos como hábitos alimentarios poco saludables, una dieta basada en productos de origen animal y una alimentación irregular está relacionada a un mayor riesgo de padecer CG. Hay evidencia suficiente de que el consumo de frutas y verduras se asocia a la reducción de la incidencia del CG debido a los micronutrientes y antioxidantes que contienen las vitaminas (Vahid & Davoodi, 2021).

Se ha asociado la ingesta de suplementos de vitamina C con un riesgo reducido de padecer CG al inhibir la formación de compuestos N-nitrosos. Asimismo, podría alterar los efectos de la bacteria *H. pylori* en la carcinogénesis gástrica y reducir el riesgo de desarrollar lesiones precancerosas (Correa, 2011).

Por otra parte, la vitamina D sirve como precursor del calcitriol, el cual regula numerosas vías celulares que podrían desempeñar un papel en la determinación del riesgo y el pronóstico del CG. Los niveles sanguíneos de vitamina D bajos se han implicado en numerosos procesos patológicos, incluido el cáncer (Gibbs y cols., 2020). Además, podría tener un efecto antibacteriano contra *H. pylori*, ya que el riesgo de esta infección es significativamente mayor en personas con niveles más bajos de los normales de vitamina D (Parizadeh y cols., 2020). Sin embargo, otros estudios indican que no hay una asociación significativa entre el riesgo de padecer CG y la ingesta de vitamina D (Pelucchi y cols., 2009; Abnet y cols., 2010; Lin y cols., 2012).

Respecto a la vitamina A, se encontró una posible influencia en la carcinogénesis gástrica, a través de su papel esencial en el control de la proliferación y diferenciación celular, asociando las altas ingestas de vitamina A, a un menor riesgo de CG (Wu y cols., 2015).

Investigaciones realizadas en Costa Rica en pacientes con lesiones gástricas precancerosas, concluyeron que aquellos con lesiones leves presentaron una mayor ingesta de vitamina A que los pacientes con lesiones más avanzadas (Lizano Gutiérrez, 2002; Ureña Retana y Siles González, 2005). Por lo que se recomienda promover el aumento en el consumo de alimentos fuente de esta.

Parte de la población costarricense no cumple con el requerimiento de estas vitaminas, ya que el riesgo de ingesta inadecuada es de un 46% para la vitamina A, 49,2% para la vitamina C, y 100% para

la vitamina D (Gómez Salas y cols., 2020). El objetivo de este estudio es analizar la ingesta de las vitaminas A, C y D y el estado antropométrico en pacientes dispépticos y con cáncer gástrico que asistieron al servicio de gastroenterología del Hospital Clínica Bíblica de Santa Ana entre 2021 y 2023.

METODOLOGÍA.

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo transversal descriptivo, en el que se analizó y describió la ingesta de las vitaminas A, C y D en pacientes dispépticos con lesiones gástricas y cáncer gástrico.

Población.

Se tomó como base una población de 172 pacientes que asistieron a consulta en el servicio de gastroenterología y excelencia en endoscopia de la Clínica Bíblica del 2021, 2022 y 2023, mayores de 18 años, de ambos sexos, que incluía personas con dispepsia, gastritis atrófica, metaplasia intestinal, gastritis autoinmune y CG, determinados mediante endoscopia e histopatología y que contaban con un diagnóstico de *H. pylori*. Fueron excluidos los pacientes diagnosticados con linfoma de MALT, con enfermedades que afectan la absorción de vitaminas tales como enfermedad celíaca, enfermedad de Crohn, enfermedad de Whipple y mujeres embarazadas.

Luego del contacto inicial las personas interesadas y anuentes a participar en el estudio (n=58) fueron convocadas a una reunión virtual vía ZOOM® o telefónica, donde se les explicó el proyecto, se evacuaron dudas, se leyó y pasó el consentimiento informado. Consintieron a participar en el estudio 31 personas.

Recolección de la información.

El proceso de recolección de datos inició con la información sobre las variables clínicas y demográficas con el instrumento "Formulario de datos demográficos y clínicos" y se aplicaron dos recordatorios de 24 horas.

Las variables en estudio fueron: sexo, edad, diagnóstico médico según histología y endoscopia, antecedentes clínicos personales de lesiones

gástricas, historia familiar sobre lesiones gástricas, fumado, presencia de *H. pylori*, peso y talla (autorreportados), con los que se calculó el IMC el cual se clasificó de dos maneras: participantes sin exceso de peso (bajo peso y peso normal) y con exceso de peso (sobrepeso y obesidad), ingesta promedio de: vitamina A (en microgramos), vitamina C (en miligramos) y vitamina D (en microgramos) que el paciente reporta a partir de los recordatorios de 24 horas de dos días. Incluye suplementos de vitaminas.

A cada participante en el estudio, se les convocó a dos sesiones individuales en la plataforma ZOOM® en las fechas acordadas con la persona participante. De esta forma se completó por participante dos recordatorios de 24 horas, dividiéndolos en los 7 días de la semana, para que los datos obtenidos no estuvieran sobre representados en unos pocos días, siendo el 71% de las entrevistas realizadas días entre semana y el restante, 29%, días del fin de semana.

Estos recordatorios de 24 horas se realizaron por medio del programa Dietnóstico, desarrollado por la Ph.D. Anne Chinnock, Escuela de Nutrición, Universidad de Costa Rica, el cual incluye diversas actividades como preguntas abiertas sobre el consumo de alimentos en cada tiempo de comida realizado, preguntas específicas sobre estos alimentos, seleccionar una serie de imágenes sobre la porción consumida del alimento y leer una lista de alimentos para identificar cuáles fueron consumidos (Chinnock, 2024).

Al completarse cada recordatorio de 24 horas, el programa Dietnóstico generó un reporte de los macro y micronutrientes (incluyendo las vitaminas A, C y D) consumidos por el participante según la información declarada; a esta tabulación que la herramienta brinda, se le sumó la información registrada por el participante sobre los suplementos. Para esto, se revisó en la etiqueta nutricional cuál es el aporte diario del suplemento y esta cantidad reportada, fue sumada a la ingesta de nutrientes provenientes de los alimentos para conocer la ingesta total de las vitaminas en estudio.

Consideraciones éticas.

Esta investigación contó con la aprobación, los permisos debidos y la autorización del CEC-UCR (CEC-618-2023). Los instrumentos, grabaciones y cualquier material recolectado, fue utilizado

exclusivamente por los investigadores para la realización de la investigación. Se mantuvo el anonimato de los participantes durante todo el proceso, utilizando un código consecutivo, para asegurar la privacidad de la información recolectada. La información y los instrumentos utilizados para la elaboración de esta investigación se guardaron hasta la publicación de los resultados.

Análisis de datos.

Los datos del perfil demográfico, variables antropométricas, clínicas, de ingesta de vitaminas A, C y D, se digitalizaron en una hoja de Excel con el fin de tener una base de datos consolidada.

Para evaluar la adecuación de la ingesta de energía reportada por los participantes en los dos recordatorios de 24 horas, se comparó el promedio de ingesta de energía con el requerimiento energético estimado de cada persona, según la metodología de Vinken y colaboradores, citada por McCrory y colaboradores (2002). Con estos datos, se calcularon - 1 y 1/2 DE y +1 y 1/2 DE del requerimiento energético de cada persona.

Se definió como subregistro una ingesta de energía entre - 1 y 1/2 DE y sobregistro a una ingesta de energía entre los valores de +1 y 1/2 DE, respectivamente. Se consideró que un registro adecuado de energía correspondía a quienes tenían ingestas de energía entre estos valores. Este método permitió calcular el porcentaje de personas que realizaron un adecuado reporte de energía (Vinken y cols, como se citó en McCrory y cols, 2002).

Se hizo un análisis estadístico descriptivo con Excel, donde se utilizó tanto la distribución de frecuencias para las variables categóricas de interés como IMC, edad, presencia de *H. pylori* y antecedentes heredo familiares. Así como el cálculo de promedios y desviaciones estándar para el análisis de datos demográficos como edad y de ingesta tanto de energía (kcal) como de las vitaminas (ingesta y suplementación) en estudio; la ingesta de vitamina C en mg/día y la de vitamina A y vitamina D en µg/día, según diagnóstico (metaplasia, gastritis atrófica, gastritis autoinmune y CG) y estado antropométrico según las categorías de IMC definidas por la OMS. Estas categorías son bajo peso (<18,5 kg/m²), peso normal (18,5-24,9 kg/m²), sobrepeso (25,0-29,9

kg/m²) y obesidad ($\geq 30,0$ kg/m²) (World Health Organization [WHO], 2000).

Se realizó una estadística no paramétrica para las variables de ingesta promedio de las vitaminas A, C y D según el estado antropométrico e ingesta promedio de las vitaminas A, C y D según lesión gástrica, en la cual se utilizaron las pruebas no paramétricas Wilcoxon Rank-sum y Kruskal-Wallis, tomando un nivel de significancia del 95% ($p < 0,05$).

RESULTADOS.

Comparación de ingesta.

La comparación de la ingesta promedio de energía con el requerimiento energético de cada participante dio como resultado 84% de rangos aceptables.

Perfil demográfico, condición clínica y antropometría.

La distribución del perfil demográfico, la condición clínica y el estado antropométrico del grupo de estudio se pueden observar en la tabla 1. Los hallazgos señalan que 55% (17/31) de las personas participantes presentó antecedentes heredofamiliares de lesiones gástricas, dentro de los cuales destacan los pacientes con diagnóstico de gastritis crónica atrófica y metaplasia intestinal (10%, 59%). También se observa que 12 participantes de 17 indicaron tener antecedentes heredofamiliares de CG.

Se observa que independiente del estatus de la infección por *H. pylori*, el 58% (18/31) de las personas participantes presentan dos lesiones (gastritis crónica atrófica y metaplasia intestinal (MIG)).

Se obtuvo que la mayoría de los participantes (23/31, 74%) presentaron exceso de peso y de estos, 45% (14/31) tienen dos lesiones (gastritis crónica atrófica y MIG).

Ingesta de vitaminas.

Se observa en la tabla 2 que, en el grupo de estudio, la mayoría de los participantes tienen ingestas probablemente adecuadas de las vitaminas A y C, sin el uso de suplementos. Por otro lado, la vitamina D presenta una ingesta menor a la recomendada. Cabe destacar, que las

personas que presentan una ingesta mayor a la recomendada de vitamina D corresponde únicamente a las suplementadas con este micronutriente.

De los participantes que reportaron consumo de suplementos de vitaminas, siete utilizaban suplementos de las tres vitaminas en estudio, tres personas se suplementaban únicamente con vitamina D y una persona utilizaba suplementos de vitamina A y C.

Según la tabla 3, los participantes sin exceso de peso (8/31, 26%) tienen una ingesta promedio de vitamina A y C mayor que su contraparte con exceso de peso (23/31, 74%), sin embargo, no hubo diferencia estadísticamente significativa ($p=0,24$, $p=0,44$). El promedio de la vitamina D es parecido en ambos grupos.

La tabla 4 muestra que los participantes con gastritis autoinmune y CG cuentan con los promedios más bajos de ingesta de vitamina A, C y D. No hubo diferencias estadísticamente significativas para la vitamina A y la vitamina C según el diagnóstico ($p=0,62$, $p=0,51$). Aunque sí hubo una diferencia estadísticamente significativa ($p=0,04$) de la ingesta de vitamina D.

DISCUSIÓN.

Para analizar la adecuación de la ingesta de energía, se realizó una comparación de esta con el requerimiento de energía de los participantes del estudio. Este estudio encontró que un 84% de las personas tenían ingestas promedio de energía dentro del rango aceptable. Con un promedio de ingesta de energía de 1994 kcal (DE 576,4). En el estudio multicéntrico transversal de nutrición y salud, ELANS, realizado con 9218 personas de la población urbana de 8 países latinoamericanos entre los años 2014 y 2015 usando recordatorios de 24 horas, se encontró que 72,1% de las personas tenían una ingesta promedio de energía dentro del rango aceptable. Además, el promedio de ingesta de energía fue de 1959 kcal (DE 467,1) (Kovalskys y cols., 2018), un valor muy parecido al promedio encontrado en nuestro estudio. Estos resultados favorecen la confiabilidad de los datos de consumo de alimentos recolectados en el presente estudio.

El porcentaje mayor de casos con ingestas promedio de energía dentro del rango aceptable en

el presente estudio en comparación a lo encontrado en el ELANS, se debe probablemente a aspectos metodológicos como la recolección de datos, en la que los encargados de recolectar la información en el ELANS correspondieron a entrevistadores, que contaban con educación secundaria completa, los cuales fueron capacitados por nutricionistas durante 7 a 10 días. Mientras que, en el presente estudio, la información fue recolectada por investigadoras estudiantes de nutrición. Además, se resalta que, los participantes cuentan con condiciones de salud y el apoyo de médicos gastroenterólogos que resaltan y guían la importancia de la nutrición en las condiciones diagnosticadas, haciendo que las personas puedan brindar información más detallada respecto a los alimentos consumidos; mientras que, en el estudio realizado por el ELANS la muestra con la que se contó representaba población urbana sin ninguna condición de salud en específico.

A nivel demográfico, se sospecha que la mayor participación de mujeres en la presente investigación se debe a que este grupo tiende a estar más interesado a participar en estudios de nutrición. Aunado a esto, en el estudio de Osmola y colaboradores (2023), realizado con pacientes que presentaban gastritis crónica atrófica, la mayoría de las participantes fueron mujeres (54,4%), lo cual es similar al encontrado en este estudio (68%). El autor indica que a nivel demográfico las personas más anuentes a participar en este tipo de estudios son mujeres en la etapa de la adultez madura.

Por otro lado, la edad promedio de 59 años del grupo, es un factor de riesgo para la progresión de las lesiones gástricas a CG, ya que como indican Tjandra y colaboradores (2023), una edad mayor a 50 años aumenta el riesgo de evolución de la enfermedad.

A nivel nacional, hay pocos datos de prevalencia de algunas de las condiciones gástricas presentadas, sin embargo, algunos estudios internacionales proveen datos relevantes para el presente estudio. La mayoría de los participantes fueron diagnosticados con dos lesiones: gastritis crónica atrófica y MIG (58%), lo cual se relaciona con el estudio de Altayar y colaboradores (2020) y de Choi y colaboradores (2015), donde se discutió que a nivel mundial los pacientes hispanicos tienen una prevalencia de MIG de un 12,7% a un 39,9% si se compara con otros grupos étnicos en conjunto.

Respecto a la gastritis crónica atrófica, un metaanálisis realizado en el 2022, determinó que el 25% de las personas en todo el mundo pueden tener gastritis crónica atrófica, resaltando que es probable que esta se encuentre en gran medida infradiagnosticada (Rodriguez-Castro y cols. 2018; Yin y cols., 2022). En relación con la gastritis autoinmune, la investigación de Guo y colaboradores (2023), donde se investigó la prevalencia de ésta en pacientes, confirmó que este padecimiento es mayor en pacientes con lesiones gástricas precancerosas no diagnosticadas. Además, el estudio indica que la positividad de anticuerpos de células antiparietales (responsables de la gastritis autoinmune) fue mayor en mujeres que en hombres. En el caso de esta investigación, todas las personas participantes con este diagnóstico corresponden a mujeres.

Los resultados obtenidos respecto a los antecedentes familiares, mayoritariamente, de CG, se relacionan con lo encontrado en el estudio realizado en el Hospital Max Peralta de Cartago; donde se presentó con mayor frecuencia en la población tamizada el CG con un 21,6% (Dávila y cols., 2018). Aunado a esto, estudios como el de Pimentel-Nunes y colaboradores (2019) y Song y colaboradores (2020) han determinado que tener un familiar en primer grado con CG representa un riesgo de padecer CG.

Respecto a la presencia de *H. pylori*, se obtuvo que, a la hora del diagnóstico, la mayor parte (71%) no tenían presencia de esta bacteria; mientras que, el resto (29%) que la presentó fueron tratados al momento de la evaluación por parte de los gastroenterólogos. Cabe destacar que, en este estudio, no se consultó a los participantes si ya habían contado con un tratamiento previo al diagnóstico de erradicación de esta bacteria, lo que podría explicar parcialmente, la prevalencia tan baja en el grupo de estudio.

Con respecto al tabaquismo, solo un 6% de los participantes reportó un fumado activo. Lo cual se puede comparar con lo encontrado a nivel nacional por el IAFA (2022), quien indica que en la encuesta mundial sobre tabaco en adultos un 8,7% de la población costarricense consume tabaco.

En esta investigación, la mayoría de los participantes presentaron exceso de peso (74%), lo que se relaciona con el estado antropométrico de la población urbana costarricense estudiada en el ELANS, donde se halló una prevalencia de

sobrepeso y obesidad de 68,5% (30).

Sobre la antropometría y las lesiones gástricas, la mayoría de los participantes de la presente investigación tienen exceso de peso, no obstante, la muestra con la que se contó fue pequeña y los resultados obtenidos no fueron estadísticamente significativos. Al analizar algunos estudios, se encontró que existe en estos una asociación significativa en personas con exceso de peso y el riesgo de progresión de las lesiones gástricas a CG (Lin y cols., 2014). Aunado a esto, se ha indicado que un IMC clasificado como normal puede reducir el riesgo de progresión a CG si se combina con otros factores como seguir una dieta saludable, erradicación de *H. pylori* y cesación de fumado (Kim y cols., 2019; Zacharakis y cols., 2023).

Por otro lado, al analizar la ingesta de vitaminas, se encontró que la mayoría de los participantes presentaba ingestas mayores a la recomendada de vitaminas A y C sin el uso de suplementos, sin embargo, respecto a la vitamina D se presentó una ingesta menor a la recomendada sin suplementos y únicamente aquellos que consumían suplementos contaban con una ingesta mayor a la recomendada.

A nivel país, se han identificado los lácteos como principal y buena fuente de la vitamina D, gracias a la fortificación con la que cuentan (Garita, 2022). Además, la información encontrada, se relaciona con el estudio ELANS, donde se encontró que en el caso de la vitamina D, el 100% de la población costarricense se encontraba en riesgo de ingesta inadecuada, sin embargo, los autores indican que estos datos se deben tomar con precaución, dado que la síntesis endógena de vitamina D podría aportar gran parte del requerimiento (Gómez Salas y cols., 2020). Pedroza-Tobía y colaboradores (citado por Gómez Salas y cols., 2020), indica que la principal fuente de la vitamina D es la exposición al sol y que aproximadamente solo un 10% de esta vitamina proviene de la dieta. Aunado a esto, los autores del ELANS han señalado que las cinco principales fuentes alimentarias de vitamina D en la población urbana costarricense provenían del pescado, los huevos, la leche, el queso y la carne de cerdo (Gómez Salas y cols., 2020).

Respecto a la vitamina C, se observó que las personas presentan un promedio de ingesta de la vitamina C mayor a la cantidad recomendada, lo cual también coincide con lo hallado en el estudio ELANS de Gómez Salas y colaboradores (2020).

En el caso de esta vitamina, el ELANS indica que las principales fuentes alimentarias en la población urbana del país corresponden a los vegetales no harinosos, las frutas, los jugos de frutas, los tubérculos y los plátanos (Gómez Salas y cols., 2020).

Por último, la vitamina A difiere con lo expuesto en el estudio ELANS, donde se destaca la preocupación del equipo investigador por la baja frecuencia de consumo de alimentos ricos en esta vitamina (Gómez Salas y cols., 2020), mientras que en el presente estudio se tuvo una ingesta promedio mayor de la cantidad recomendada de este micronutriente. Además, hallaron que los vegetales no harinosos, los productos con harinas de trigo, las vísceras, la leche y los jugos de fruta son los alimentos que brindan un mayor aporte de este micronutriente en las personas que viven en las zonas urbanas de Costa Rica (Gómez Salas y cols., 2020).

A nivel antropométrico, se encontró que los participantes que presentan exceso de peso cuentan con una ingesta promedio menor de vitamina A y C en comparación con los que presentan un IMC normal, sin embargo, los resultados no fueron estadísticamente significativos. A nivel sérico, se ha hallado una fuerte correlación entre las concentraciones de retinol y betacaroteno, donde conforme aumenta el IMC, los niveles de estos disminuyen (Bento et. al, 2018).

Respecto a la vitamina D, en el estudio de Pajuelo Ramírez y colaboradores, (2018) donde se realizó una frecuencia de consumo que incluyó alimentos naturales y fortificados, se encontró que, a mayor IMC, menor ingesta de vitamina D. Sin embargo, esta relación no fue significativa. Aunado a esto, la población se expone cada vez menos al sol y utilizan protectores solares sobre factor 30 de protección, evitando así la síntesis de este micronutriente hasta en un 95%, por parte de la mejor fuente, la luz solar (Barberán y cols., 2014; Aguilar Rebolledo & Sánchez Ruiz, 2021).

Por otra parte, en el metaanálisis de Mazaheri-Tehrani y colaboradores, (2023), se halló que tanto la vitamina C a nivel dietético como a nivel sérico, tienen una correlación inversa con el IMC. Por otro lado, algunos estudios no mostraron diferencias significativas entre el consumo de vitamina C y el peso del participante, sin embargo, se indica que las discrepancias de estos resultados podrían

deberse a una falta de ajuste en la ingesta de vitamina C, según la ingesta de energía en los participantes.

Con relación al consumo de suplementos, un 35% de los participantes reportaron consumirlos, principalmente aquellos de vitamina D, seguido por vitamina C y vitamina A. Esto difiere con lo encontrado en el estudio de Guerrero-Calderón y colaboradores, (2019), donde los datos analizados mostraron que un 6% de la población urbana costarricense reportó el consumo de suplementos nutricionales (n=48). Esta diferencia podría deberse a que en el presente estudio se trabaja con personas con diagnósticos gastrointestinales que, por consejo de médicos, deciden suplementarse para mejorar su condición.

En cuanto a la relación de las lesiones gástricas con la ingesta de vitaminas, no se encontraron estudios con metodologías similares al presente, sin embargo se ha visto que en pacientes con gastritis autoinmune se presenta cada vez más la deficiencia a nivel sérico de vitamina C y vitamina D indicando que en estos pacientes el mecanismo de acción asociado a la gastritis genera la destrucción del ácido ascórbico en la mucosa gástrica; así como postulando que en pacientes con atrofia avanzada se mantiene una menor absorción de vitamina D, esto debido al pH elevado y el sobrecrecimiento bacteriano (Cavalcoli y cols., 2017; Massironi y cols., 2018).

Cabe destacar que no hay investigaciones científicas recientes en el país que asocien la ingesta de la vitamina A con la progresión de las lesiones gástricas premalignas como la gastritis autoinmune. Por esta razón, resulta importante continuar generando información robusta que respalde las recomendaciones a dar a los pacientes con un perfil epidemiológico similar al de este estudio.

Por otro lado, la ingesta promedio de las tres vitaminas de los participantes con CG fueron una de las más bajas en el grupo de estudio. Si se compara con estudios que usaron métodos de frecuencias de consumo de alimentos en pacientes con CG como el de Vahid y colaboradores (2020), se puede ver que los pacientes tuvieron ingestas promedio bajas de las vitaminas A, C, D, las cuales se fueron reduciendo en un periodo de seis meses post quimioterapia. Los investigadores indican que la reducción de la ingesta de las tres vitaminas se puede deber a que el deterioro nutricional es una

parte importante de la patogénesis del CG. En el caso de los participantes con CG del presente estudio, esto podría explicar la ingesta por debajo de la recomendación de la vitamina D.

De las tres vitaminas en estudio, los participantes con CG presentaron el menor promedio de ingesta de vitamina D, lo cual se puede analizar con el estudio de Ren y cols., (citado en Shah y cols., 2021), en el que se descubrió a nivel sérico que la menor parte de los participantes con CG (8,1%) tenían niveles suficientes de la vitamina D (>75 nmol/L), mientras que el 34% tenían niveles inadecuados (50-75 nmol/L) y el 57,9% tenían niveles deficientes (<50 nmol/L).

Una de las limitaciones en este estudio es que en la tabla utilizada en el software Dietnóstico, no se incluyen alimentos fortificados con vitamina A y D como algunos lácteos y grasas importadas que se encuentran en el mercado. Además, durante los recordatorios no se profundizó en marcas de productos fortificados con las vitaminas en estudio.

Aunado a esto, la muestra obtenida para la investigación se considera pequeña, lo cual puede causar que no se encontraron diferencias en las ingestas de las vitaminas según estado nutricional y según diagnóstico clínico.

Por último, se encuentra como limitación que en los últimos años las estafas telefónicas han ido en aumento, lo que genera desconfianza en los posibles participantes durante el primer contacto inicial, a pesar de que se siguió una metodología que buscaba evitar este tipo de situación.

CONCLUSIONES.

Los resultados de este estudio muestran que el perfil demográfico del grupo presenta una edad promedio de 59 años, siendo en su mayoría mujeres con el diagnóstico de gastritis crónica atrófica y metaplasia intestinal y sin infección por *H. pylori*.

Además, no se encontraron diferencias significativas en las ingestas de vitaminas A, C y D entre los grupos clasificados según estado nutricional. Esto tampoco ocurrió en los grupos según diagnóstico clínico, a excepción de la vitamina D. Este hallazgo es de particular relevancia, ya que la deficiencia de vitamina D se ha propuesto como un posible factor de riesgo para enfermedades, como la gastritis autoinmune, y

peores desenlaces de diversos tipos de cáncer, entre ellos el cáncer gástrico.

No obstante, dada la muestra tan pequeña con la que se cuenta, se deben tomar estos resultados con precaución.

REFERENCIAS.

- Abnet, C. C., Chen, Y., Chow, W. H., Gao, Y. T., Helzlsouer, K. J., Le Marchand, L., McCullough, M. L., Shikany, J. M., Virtamo, J., Weinstein, S. J., Xiang, Y. B., Yu, K., Zheng, W., Albanes, D., Arslan, A. A., Campbell, D. S., Campbell, P. T., Hayes, R. B., Horst, R. L., Kolonel, L. N., ... Shu, X. O. (2010). Circulating 25-hydroxyvitamin D and risk of esophageal and gastric cancer: Cohort Consortium Vitamin D Pooling Project of Rarer Cancers. *American journal of epidemiology*, 172(1), 94–106. <https://doi.org/10.1093/aje/kwq121>
- Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer. (2025). Cancer Topics. <https://www.iarc.who.int/cancer-topics/>
- Aguilar Rebolledo, F., & Sánchez Ruiz, D. (2021). Deficiencia de vitamina D. Conceptos actuales. *Plasticidad y Restauración Neurológica*, 8(1), 50–53. <https://doi.org/10.35366/101205>
- Altayar, O., Davitkov, P., Shah, S. C., Gawron, A. J., Morgan, D. R., Turner, K., & Mustafa, R. A. (2020). AGA Technical Review on Gastric Intestinal Metaplasia-Epidemiology and Risk Factors. *Gastroenterology*, 158(3), 732–744.e16. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2019.12.002>
- Barberán, M., Aguilera, G., Brunet, L., & Maldonado, F. (2014). Déficit de Vitamina D. Revisión epidemiológica actual. *Revista Hospitalaria Clínica Universidad Chile*, 25(1), 127–134. <http://www.enfermeriaaps.com/portal/wp-content/uploads/2017/05/Déficit-de-vitamina-D.-Revisión-epidemiológica-actual.pdf>
- Bento, C., Matos, A. C., Cordeiro, A., & Ramalho, A. (2018). Vitamin A deficiency is associated with body mass index and body adiposity in women with recommended intake of vitamin A. *Nutricion hospitalaria*, 35(5), 1072–1078. <https://doi.org/10.20960/nh.1630>
- Cavalcoli, F., Zilli, A., Conte, D., & Massironi, S. (2017). Micronutrient deficiencies in patients with chronic atrophic autoimmune gastritis: A review. *World journal of gastroenterology*, 23(4), 563–572. <https://doi.org/10.3748/wjg.v23.i4.563>
- Chinnock, A. (2024). A web-based software for dietary assessment in Costa Rica. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 73(4), 287–296. <https://doi.org/10.37527/2023.73.4.004>
- Choi, C. E., Sonnenberg, A., Turner, K., & Genta, R. M. (2015). High Prevalence of Gastric Preneoplastic Lesions in East Asians and Hispanics in the USA. *Digestive diseases and sciences*, 60(7), 2070–2076. <https://doi.org/10.1007/s10620-015-3591-2>
- Correa, P. (2011). Cáncer gástrico: una enfermedad infecciosa. *Rev. Colomb Cir*, 26, 111–117.
- Dávila, A., Quintanilla, F., Castillo, K., Sánchez, L., Barquero, T., Romero, J., Meneses, A. D., Retana, F. Q., Araya, K. C., Ortiz, S., Uriarte, T. B., José, J., Zúñiga, R., Médico, D., Caja, E., Seguro, C. De, Rica, C., Máster, M., Salud, M. De, ... Rica, C. (2018). Población tamizada en el centro de detección temprana de cáncer gástrico, Costa Rica: Periodo 1996-2015. *Rev. Costarricense de Salud Pública*, 27(2), 68–81. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rcsp/v27n2/1409-1429-rcsp-27-02-68.pdf>
- Garita, K. P. (2022). Alimentos incluidos en la canasta básica tributaria de Costa Rica y su capacidad para suplir los requerimientos nutricionales en el caso de la población con menos ingresos. *Población y Salud En Mesoamérica*, 19(2).
- Gibbs, D. C., Song, M., McCullough, M. L., Um, C. Y., Bostick, R. M., Wu, K., Flanders, W. D., Giovannucci, E., Jenab, M., Brustad, M., Tjønneland, A., Perez-Cornago, A., Trichopoulou, A., Tsilidis, K. K., Hultdin, J., Gurra, A. B., Bueno-De-Mesquita, B., Mahamat-Saleh, Y., Kühn, T., ... Fedirko, V. (2020). Association of circulating Vitamin D with colorectal cancer depends on Vitamin

- D-binding protein isoforms: A pooled, nested, case-control study. *JNCI Cancer Spectrum*, 4(1), 1–8. <https://doi.org/10.1093/jncics/pkz083>
- Gómez Salas, G., Quesada Quesada, D., Monge Rojas., R. (2020). Perfil antropométrico y prevalencia de sobrepeso y obesidad en la población urbana de Costa Rica entre los 20 y 65 años agrupados por sexo: resultados del Estudio Latino Americano de Nutrición y Salud. *Nutrición Hospitalaria*, 37(3), 534–542. Epub 30 de noviembre de 2020. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.02899>
- Gómez Salas, G., Ramírez Sanabria, A., Sheik Oreamuno, A., Chinnock, A., Nogueira Previdelli, A., Hermes Sales, C., & Quesada Quesada, D. (2020). Prevalencia de ingesta inadecuada de micronutrientes en la población urbana de Costa Rica. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 69(4), 221–232. <https://doi.org/10.37527/2019.69.4.003>
- Guerrero-Calderon, M. F., Pacheco-Arteaga, M. A., Gómez-Salas, G., & ELANS. (2019). Uso de suplementos nutricionales en la población urbana costarricense. 119–126.
- Guo, X., Schreurs, M. W. J., Marijnissen, F. E., Mommersteeg, M. C., Nieuwenburg, S. A. V., Doukas, M., Erler, N. S., Capelle, L. G., Bruno, M. J., Peppelenbosch, M. P., Spaander, M. C. W., & Fuhler, G. M. (2023). Increased Prevalence of Autoimmune Gastritis in Patients with a Gastric Precancerous Lesion. *Journal of Clinical Medicine*, 12(19), 6152. <https://doi.org.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/10.3390/jcm12196152>
- IAFA. (2022). Resumen ejecutivo GATS 2022: Encuesta Mundial sobre tabaco. <https://iafa.go.cr/wp-content/uploads/2023/11/iafa-gats-costa-rica-2022-resumen-ejecutivo.pdf>
- Kim, K., Chang, Y., Ahn, J., Yang, H. J., Jung, J. Y., Kim, S., Sohn, C. I., & Ryu, S. (2019). Body Mass Index and Risk of Intestinal Metaplasia: A Cohort Study. *Cancer epidemiology, biomarkers & prevention : a publication of the American Association for Cancer Research, cosponsored by the American Society of Preventive Oncology*, 28(4), 789–797. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-18-0733>
- Kovalskys, I., Fisberg, M., Gómez, G., Pareja, R. G., Yépez García, M. C., Cortés Sanabria, L. Y., Herrera-Cuenca, M., Rigotti, A., Guajardo, V., Zalzman Zimberg, I., Nogueira Previdelli, A., Moreno, L. A., & Koletzko, B. (2018). Energy intake and food sources of eight Latin American countries: Results from the Latin American Study of Nutrition and Health (ELANS). *Public Health Nutrition*, 21(14), 2535–2547. <https://doi.org/10.1017/S1368980018001222>
- Lin, X. J., Wang, C. P., Liu, X. D., Yan, K. K., Li, S., Bao, H. H., Zhao, L. Y., & Liu, X. (2014). Body mass index and risk of gastric cancer: a meta-analysis. *Japanese journal of clinical oncology*, 44(9), 783–791. <https://doi.org/10.1093/jjco/hyu082>
- Lizano Gutiérrez, M. G. (2002). Descripción de algunas Variables Epidemiológicas y el Consumo de Alimentos Fuentes de Vitamina A y C en un grupo de adultos con Dispepsia del Hospital Max Peralta de Cartago en 1994. Universidad de Costa Rica.
- McCrory, M. A., McCrory, M. A., Hajduk, C. L., & Roberts, S. B. (2002). Procedures for screening out inaccurate reports of dietary energy intake. *Public health nutrition*, 5(6A), 873–882. <https://doi.org/10.1079/PHN2002387>
- Massironi, S., Cavalcoti, F., Zilli, A., Del Gobbo, A., Ciafardini, C., Bernasconi, S., Felicetta, I., Conte, D., & Peracchi, M. (2018). Relevance of vitamin D deficiency in patients with chronic autoimmune atrophic gastritis: A prospective study. *BMC Gastroenterology*, 18(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12876-018-0901-0>
- Mazaheri-Tehrani, S., Yazdi, M., Heidari-Beni, M., Yazdani, Z., & Kelishadi, R. (2023). The association between vitamin C dietary intake and its serum levels with anthropometric indices: A systematic review and meta-analysis. *Complementary therapies in clinical practice*, 51, 101733. <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2023.101733>
- Osmola, M., Hemont, C., Chapelle, N., Vibet, M.-A., Tougeron, D., Moussata, D., Lamarque, D.,

- Bigot-Corbel, E., Masson, D., Blin, J., Leroy, M., Josien, R., Mosnier, J.-F., Martin, J., & Matysiak-Budnik, T. (2023). Atrophic Gastritis and Autoimmunity: Results from a Prospective, Multicenter Study. *Diagnostics* (2075-4418), 13(9), 1599. <https://doi.org.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/10.3390/diagnostics13091599>
- Pajuelo Ramírez, J., Bernui Leo, I., Arbañil Huamán, H., Gamarra González, D., Miranda Cuadros, M., & Chucos Ortiz, R. (2018). Vitamina D y su relación con factores de riesgo metabólicos para enfermedad cardiovascular en mujeres adultas. *Anales de La Facultad de Medicina*, 79(2), 119. <https://doi.org/10.15381/anales.v79i2.14937>
- Parizadeh, S. M., Ghandehari, M., Jafarzadeh-Esfehani, R., Parizadeh, S. M., Hassanian, S. M., Ghayour-Mobarhan, M., Ferns, G. A., & Avan, A. (2020). The Relationship Between Vitamin D Status and Risk of Gastric Cancer. *Nutrition and Cancer*, 72(1), 15–23. <https://doi.org/10.1080/01635581.2019.1616779>
- Pelucchi, C., Tramacere, I., Bertuccio, P., Tavani, A., Negri, E., & La Vecchia, C. (2009). Dietary intake of selected micronutrients and gastric cancer risk: An Italian case-control study. *Annals of Oncology*, 20(1), 160–165. <https://doi.org/10.1093/annonc/mdn536>
- Pimentel-Nunes, P., Libânio, D., Marcos-Pinto, R., Areia, M., Leja, M., Esposito, G., Garrido, M., Kikuste, I., Megraud, F., Matysiak-Budnik, T., Annibale, B., Dumonceau, J. M., Barros, R., Fléjou, J. F., Carneiro, F., Van Hooft, J. E., Kuipers, E. J., & Dinis-Ribeiro, M. (2019). Management of epithelial precancerous conditions and lesions in the stomach (MAPS II): European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE), European Helicobacter and Microbiota Study Group (EHMSG), European Society of Pathology (ESP), and Sociedade Port. Endoscopy, 51(4), 365–388. <https://doi.org/10.1055/a-0859-1883>
- Pineda, E. B., & Alvarado, E. L. De. (2008). *Metodología de la investigación* (3 edición). Organización Panamericana de la Salud.
- Rodriguez-Castro, K. I., Franceschi, M., Noto, A., Miraglia, C., Nouvenne, A., Leandro, G., Meschi, T., De' Angelis, G. L., & Mario, F. Di. (2018). Clinical manifestations of chronic atrophic gastritis. *Acta Biomedica*, 89(5), 88–92. <https://doi.org/10.23750/abm.v89i8-S.7921>
- Shah, S., Iqbal, Z., Alharbi, M. G., Kalra, H. S., Suri, M., Soni, N., Okpaleke, N., Yadav, S., & Hamid, P. (2021). Vitamin D and Gastric Cancer: A Ray of Sunshine? *Cureus*, 3(9), 1–9. <https://doi.org/10.7759/cureus.18275>
- Smoot, D. T. (1997). How does *Helicobacter pylori* cause mucosal damage? Direct mechanisms. *Gastroenterology*, 113(6 SUPPL.), S31–S34. [https://doi.org/10.1016/S0016-5085\(97\)80008-X](https://doi.org/10.1016/S0016-5085(97)80008-X)
- Song, M., Camargo, M. C., Weinstein, S. J., Best, A. F., Albanes, D., & Rabkin, C. S. (2020). Family history of cancer in first-degree relatives and risk of gastric cancer and its precursors in a Western population. 21(5), 729–737. <https://doi.org/10.1007/s10120-018-0807-0>
- Tjandra, D., Busuttil, R. A., & Boussioutas, A. (2023). Gastric Intestinal Metaplasia: Challenges and the Opportunity for Precision Prevention. *Cancers*, 15(15), 3913. <https://doi.org.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/10.3390/cancer15153913>
- Ureña Retana, I., & Siles González, M. (2005). Consumo de frutas y vegetales e ingesta de vitaminas A y C en pacientes dispépticos con lesiones gástricas precancerosas. Universidad de Costa Rica.
- Vahid, F., & Davoodi, S. H. (2021). Nutritional Factors Involved in the Etiology of Gastric Cancer: A Systematic Review. *Nutrition and Cancer*, 73(3), 376–390. <https://doi.org/10.1080/01635581.2020.1756353>
- Wang, P., Li, P., Chen, Y., Li, L., Lu, Y., Zhou, W., Bian, L., Zhang, B., Yin, X., Li, J., Chen, J., Zhang, S., Shi, Y., & Tang, X. (2022). Chinese integrated guideline on the management of gastric precancerous conditions and lesions. *Chinese Medicine (United Kingdom)*, 17(1), 1–27.

<https://doi.org/10.1186/s13020-022-00677-6>

- WHO. (2000). Obesity: Preventing and Managing the Global Epidemic. <https://iris.who.int/handle/10665/42330>
- Wu, Y., Ye, Y., Shi, Y., Li, P., Xu, J., Chen, K., Xu, E., & Yang, J. (2015). Association between vitamin A, retinol intake and blood retinol level and gastric cancer risk: A meta-analysis. *Clinical Nutrition*, 34(4), 620–626. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2014.06.007>
- Yin, Y., Liang, H., Wei, N., & Zheng, Z. (2022). Prevalence of chronic atrophic gastritis worldwide from 2010 to 2020: an updated systematic review and meta-analysis. *Annals of Palliative Medicine*, 11(12), 3697–3703. <https://doi.org/10.21037/apm-21-1464>
- Zacharakis, G., Almasoud, A., Arahmane, O., Alzahrani, J., & Al-Ghamdi, S. (2023). Epidemiology, Risk Factors for Gastric Cancer and Surveillance of Premalignant Gastric Lesions: A Prospective Cohort Study of Central Saudi Arabia. *Current oncology (Toronto, Ont.)*, 30(9), 8338–8351. <https://doi.org/10.3390/curroncol30090605>

Financiamiento.

El presente trabajo no obtuvo financiamiento del sector público o privado para su realización.

Contribución de los autores.

Conceptualización S.V.S., S.G.L., C.C.N., J.A.M.A., V.R.M.; proceso de datos S.V.S., S.G.L.; análisis formal S.V.S., S.G.L., V.R.M.; investigación S.V.S., S.G.L.; metodología S.V.S., S.G.L., C.C.N., J.A.M.A., V.R.M.; administración de proyectos S.V.S., S.G.L., C.C.N., J.A.M.A., V.R.M.; software S.V.S., S.G.L., V.R.M.; recursos C.C.N., J.A.M.A., V.R.M.; supervisión C.C.N., J.A.M.A., V.R.M.; validación S.V.S., S.G.L., V.R.M.; visualización S.V.S., S.G.L.; redacción: borrador original S.V.S., S.G.L.; redacción: revisión y edición C.C.N., J.A.M.A., V.R.M.

Agradecimientos.

Con agradecimiento a la Ph. D. Anne Chinnock, a la Universidad de Costa Rica, al Hospital Clínica Bíblica y a las personas participantes de esta investigación.

Tablas

Tabla 1. Distribución del perfil demográfico, la condición clínica y el estado antropométrico del grupo de estudio (n=31).

Aspecto	Valores	
	n	%
Perfil demográfico		
Número de participantes	31,0	100,0
Edad (años) (media $\pm$ DE)	59 $\pm$ 1,32	-
Sexo		
Masculino	10,0	32,0
Femenino	21,0	68,0
Diagnóstico histopatológico		
Gastritis crónica atrófica	2,00	6,0
Metaplasia intestinal	2,00	6,0
Gastritis crónica atrófica y metaplasia intestinal	18,0	58,0
Gastritis autoinmune	7,00	23,0
Cáncer gástrico	2,00	6,0
Antecedentes heredofamiliares de lesiones gástricas		
Si	17,0	55,0
No	14,0	45,0
Infección con <i>H. pylori</i>		
Si	9,00	29,0
No	22,0	71,0
Peso (kg) (media $\pm$DE)	70 $\pm$ 13,59	-
Talla (m) (media $\pm$DE)	1,61 $\pm$ 0,09	-
IMC (kg/m²) (media $\pm$DE)	26,67 $\pm$ 3,79	-
Estado nutricional		

Bajo Peso	1,00	3,0
Normal	7,00	23,0
Sobrepeso	16,0	52,0
Obesidad	7,00	23,0
Fumado		
Si	2,00	6,0
No	29,0	94,0

DE: Desviación estándar; IMC, Índice de masa corporal; m, metros; kg, kilogramos.

Tabla 2. Ingesta promedio de vitamina A, C, D (con y sin suplementación) del grupo de estudio (n=31).

Nutriente (unidad)	Ingesta promedio $\pm$ DE (n=31)	Personas sin ingesta de suplementos		Personas con ingesta de suplementos		RDA	
		Ingestas < RDA	Ingestas >RDA	Ingestas < RDA	Ingestas >RDA	Masculino	Femenino
Vit A (μg)	1127,0 $\pm$ 731,8	8,00	15,0	1,00	7,00	900,0	700,0
Vit C (mg)**	181,0 $\pm$ 145,0	6,00	17,0	1,00	7,00	90,0	75,0
Vit D (μg)	25,2 $\pm$ 43,8	21,0	0	1,00	9,00	15,0	15,0

DE: Desviación estándar; RDA: Aportes dietéticos recomendados; mg: miligramos; μ g: microgramos.

** Se suman 35 mg/d al RDA si hay fumado activo.

Tabla 3. Ingesta promedio de vitamina A, C y D según estado antropométrico del grupo de estudio.

Estado antropométrico			
Nutriente	Sin exceso de peso (bajo peso y normal) (n=8)	Con exceso de peso (sobrepeso y obesidad) (n=23)	p*
Vit A (µg) (media ±DE)	1573,40±1093,70	971,80±501,90	0,24
Vit C (mg) (media ±DE)	252,10±192,00	156,20±120,20	0,44
Vit D (µg) (media ±DE)	21,90±26,90	26,40±48,80	0,72

* Prueba Wilcoxon Rank-sum

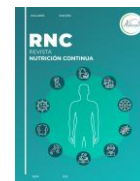
DE: Desviación estándar

Tabla 4. Ingesta promedio de vitamina A, C y D según lesión gástrica del grupo de estudio (n=31).

Diagnóstico	Ingesta de vitaminas		
	Vit A (µg)	Vit C (mg)	Vit D (µg)
	Promedio± DE	Promedio± DE	Promedio± DE
Gastritis crónica atrófica (n=2)	1337,00±468,10	192,70±33,70	99,9±43,70
MIG (n=2)	1420,80±237,80	302,10±4,33	56,40±23,60
Gastritis crónica atrófica y MIG (n=18)	1211,80±873,50	197,60±177,10	18,50±44,70
Gastritis autoinmune (n=7)	829,00±513,50	102,50±48,80	16,40±32,10
CG (n=2)	903,00±351,60	173,30±63,20	10,50±9,10
p*	0,62	0,51	0,04

*Prueba de Kruskal-Wallis

MIG, Metaplasia Intestinal Gástrica; CG, cáncer gástrico; DE, desviación estándar; mg: miligramos; µg: microgramos.



Clinical evidence on the immunomodulatory effects of mushroom-derived bioactive compounds in humans: a scoping review.

Evidencia clínica sobre los efectos inmunomoduladores de compuestos bioactivos derivados de hongos en humanos: una revisión de alcance.

Valentina Zapata Cardona¹, María Camila Loaiza Ceballos², Diana Maryory Gómez Gallego^{2**}.

1. Escuela de Microbiología, Universidad de Antioquia, Itagüí, Colombia.

2. Infettare, Facultad de Medicina, Universidad Cooperativa de Colombia, Medellín, Colombia.

** Correspondencia: diana.gomezga@campusucc.edu.co

Keywords	ABSTRACT
Immunomodulation; Mushrooms; Clinical Trials; Immune System; Functional Foods.	Introduction: Edible and medicinal mushrooms have traditionally been consumed for their health-promoting properties, particularly their capacity to influence immune function. In recent decades, their incorporation into nutraceutical products and dietary supplements has expanded alongside growing scientific interest in mushroom-derived bioactive compounds. However, human clinical evidence remains heterogeneous regarding species studied, extract characterization, populations, and immunological endpoints assessed. A structured synthesis focused on quantitative immune outcomes was therefore needed to clarify the scope and methodological patterns of existing studies. Methods: A scoping review was conducted in accordance with PRISMA-ScR guidelines. PubMed, Scopus, Scielo, and LILACS were searched from inception through March 10, 2025. Eligible studies were primary human clinical investigations evaluating immunomodulatory effects of single-species mushroom interventions administered orally and assessed using predefined quantitative techniques. Studies involving mixed formulations, unidentified species, animal or <i>in vitro</i> designs, or lacking quantitative immunological methods were excluded. Data were charted independently by two reviewers and synthesized narratively using descriptive frequency analysis. Results: Thirty-three studies met inclusion criteria. Although nineteen genera were predefined, only eight were represented in eligible trials. <i>Ganoderma</i> and <i>Pleurotus</i> were most frequently investigated. Polysaccharides and glycoconjugates were the predominant bioactive category. Cancer patients comprised the largest subgroup. Cellular immunity was most commonly assessed. Immunostimulatory effects predominated, alongside anti-inflammatory and bidirectional responses. Conclusions: Mushroom-derived dietary interventions are associated with measurable immune modulation in humans, especially within cellular immunity and inflammatory pathways. Greater extract standardization and harmonized immune biomarkers are required to strengthen translational relevance in clinical nutrition.
Palabras clave	RESUMEN
Inmunomodulación; Hongos; Ensayos clínicos; Sistema inmune; Alimentos funcionales.	Introducción: Los hongos comestibles y medicinales han sido tradicionalmente consumidos por sus propiedades promotoras de la salud, especialmente por su capacidad de influir en la función inmunitaria. En las últimas décadas, su uso en suplementos dietarios y productos nutracéuticos ha aumentado, junto con el interés científico en sus compuestos bioactivos. Sin embargo, la evidencia clínica en humanos es heterogénea en cuanto a especies estudiadas, caracterización de extractos, poblaciones y desenlaces inmunológicos evaluados. Se realizó una síntesis estructurada enfocada en resultados inmunológicos cuantitativos para clarificar el alcance de la evidencia disponible. Métodos: Se llevó a cabo una revisión de alcance conforme a las directrices PRISMA-ScR. Se consultaron PubMed, Scopus, Scielo y LILACS desde su inicio hasta el 10 de marzo de 2025. Se incluyeron estudios clínicos primarios en humanos que evaluaran efectos inmunomoduladores de intervenciones con hongos de una sola especie administrados por vía oral y analizados mediante técnicas cuantitativas predefinidas. Los datos fueron extraídos por dos revisores y sintetizados mediante análisis descriptivo de frecuencias. Resultados: Treinta y tres estudios cumplieron los criterios de inclusión. Aunque se consideraron diecinueve géneros, solo ocho estuvieron representados. <i>Ganoderma</i> y <i>Pleurotus</i> fueron los más investigados. Los polisacáridos y glicoconjugados fueron la categoría predominante. La inmunidad celular fue el dominio más evaluado, predominando efectos inmunoestimulantes, así como respuestas antiinflamatorias y bidireccionales. Conclusiones: Las intervenciones dietarias derivadas de hongos se asocian con modulación inmunitaria medible en humanos. Se requiere mayor estandarización de extractos y armonización de biomarcadores para fortalecer su aplicabilidad en nutrición clínica.

INTRODUCTION.

In recent decades, growing interest in functional nutrition and food-derived bioactive compounds has intensified in response to the increasing global burden of inflammatory, infectious, metabolic, and oncological diseases. At the same time, conventional immunomodulatory therapies—including immunosuppressive agents, biologics, and cytokine-based immunostimulatory

approaches—have substantially improved clinical management, but their use remains constrained by important limitations. In immunosuppressive and biologic regimens, these limitations include serious and opportunistic infections, and, in some settings, malignancy (Holmer & Singh, 2019). Cytokine-based immunostimulatory strategies may also be accompanied by substantial systemic toxicities that can limit their broader clinical use. In addition, several immunomodulatory regimens require



routine laboratory monitoring, which adds complexity to long-term management (Rigby *et al.*, 2017). Economic barriers further constrain access, particularly for biologic therapies, whose high cost has contributed to inequities in treatment availability. Moreover, clinical response to immunomodulatory therapies is often heterogeneous across patients, reflecting broader translational and implementation challenges in this therapeutic field (Baumgart *et al.*, 2019). Within this context, edible and medicinal mushrooms used as dietary or supplemental interventions have gained attention as sources of bioactive compounds with potential immunomodulatory effects in humans. Multiple reviews have highlighted the immunological relevance of fungal polysaccharides—particularly β -glucans—in regulating innate and adaptive immunity (Ayeka, 2018; Chugh *et al.*, 2022; Loaiza-Ceballos *et al.*, 2025). Advances in chemical and structural characterization have further strengthened the rationale for exploring mushroom-derived bioactives as functional nutritional ingredients and potential clinical adjuvants (Venturella *et al.*, 2021; Wasser, 2011).

Medicinal mushrooms have been used for centuries in traditional Asian medical systems and are incorporated into dietary and ethnopharmacological practices in countries such as China, Japan, and India. Several genera—including *Ganoderma lucidum*, *Cordyceps sinensis*, *Grifola frondosa*, and *Lentinus edodes*—have traditionally been attributed immunomodulatory, antioxidant, antitumoral, and adaptogenic properties (Lull *et al.*, 2005; Venturella *et al.*, 2021). In contemporary contexts, many of these species are consumed not only as foods but also as orally administered extracts, powders, or capsules within the nutraceutical market. The global mushroom market has experienced sustained expansion, reflecting increasing scientific and industrial interest in mushroom-derived bioactives for nutraceutical, pharmaceutical, and food biotechnology applications (<https://www.polarismarketresearch.com>, 2025). Despite their historical dietary use and commercial growth, clinical validation of their immunological effects following oral supplementation remains incomplete and methodologically heterogeneous.

From a mechanistic perspective, fungal β -glucans

represent the most extensively studied immunologically active constituents. Structurally characterized by β -(1 $\rightarrow$ 3)-linked glucose backbones with β -(1 $\rightarrow$ 6) branching, these polysaccharides are recognized by pattern-recognition receptors (PRRs) such as Dectin-1, complement receptor 3 (CR3), and Toll-like receptors (TLR2 and TLR4) expressed on macrophages, dendritic cells, and neutrophils (Brown & Gordon, 2005; Chan *et al.*, 2009; Goodridge *et al.*, 2009). Engagement of these receptors activates intracellular signaling cascades—including Syk, NF- κ B, MAPK, and PI3K/Akt pathways—leading to cytokine production (e.g., IL-1 β , IL-6, TNF- α), enhanced phagocytosis, antigen presentation, and modulation of T lymphocyte and natural killer (NK) cell activity (Brown & Gordon, 2005; Chan *et al.*, 2009; Goodridge *et al.*, 2009). Through these pathways, mushroom-derived polysaccharides can influence both innate and adaptive immune responses and contribute to the maintenance of immune homeostasis depending on host immune status (Chugh *et al.*, 2022; Goodridge *et al.*, 2009).

In addition to immediate activation of innate immune signaling, β -glucans have been implicated in the induction of trained immunity, a process characterized by epigenetic and metabolic reprogramming of innate immune cells that enhances responsiveness upon secondary stimulation (Netea *et al.*, 2016). This concept provides a framework for understanding sustained immunological effects observed after dietary supplementation in certain clinical contexts. However, β -glucans are not the only mushroom-derived compounds with putative immunomodulatory relevance. Review literature indicates that other polysaccharide classes, including heteroglycans, peptidoglycans, and polysaccharide-protein complexes, may also contribute to biological activity, and that their effects can vary according to structural features such as branching degree, linkage type, side-chain composition, and constituent monosaccharides (Venturella *et al.*, 2021). In parallel, medicinal mushrooms contain other bioactive metabolites and proteins of interest, including terpenes/terpenoids, lectins, fungal immunomodulatory proteins, and phenolic compounds (Venturella *et al.*, 2021; Chugh *et al.*, 2022). Preclinical evidence

summarized in these reviews suggests that some of these constituents may participate in immune modulation through effects on immune-related gene expression or through activation of lymphocytes, macrophages, natural killer cells, and cytokine production, although these mechanistic data derive predominantly from *in vitro* and animal studies rather than controlled human trials (Lull et al., 2005; Venturella et al., 2021; Chugh et al., 2022).

Clinical studies evaluating mushroom-derived products have reported immunological effects in diverse populations, although findings vary according to species, extract composition, dosage, duration, and baseline immune status. Randomized controlled trials have shown that β -glucans derived from *Ganoderma lucidum* can enhance NK cell cytotoxicity and modulate immunoglobulin levels in healthy adults without significant adverse effects (Chen et al., 2023). Supplementation with mushroom-derived polysaccharides has also been associated with increased T lymphocyte counts in pediatric populations (Henao et al., 2018). In oncology contexts, phase I/II clinical studies of *Grifola frondosa* extracts have demonstrated dose-dependent changes in cytokine production and NK cell activity, suggesting context-dependent or biphasic immunomodulation (G. Deng et al., 2009). However, other trials have reported limited or inconsistent changes in inflammatory markers, as observed in patients with rheumatoid arthritis treated with *Ganoderma lucidum* (Li et al., 2007).

Such variability may reflect differences in fungal species, extraction methods, molecular composition, dosage, duration of intervention, and baseline immune status of participants. In addition, the chemical profile and bioactive compound content of medicinal mushrooms may vary according to cultivation conditions, degree of maturity, environmental factors, and the world region from which they originate, while processing conditions can further affect the retention of nutritionally and nutraceutically relevant constituents (Łysakowska et al., 2023; Yadav & Negi, 2021). Structural heterogeneity in β -glucans—including molecular weight and branching patterns—has been shown to influence receptor binding and downstream signaling intensity (Chan et al., 2009; Goodridge et al., 2009). Moreover, the

frequent use of mixed or insufficiently characterized extracts limits mechanistic attribution and reproducibility, posing challenges for pharmaceutical development and regulatory standardization. The diversity of immunological biomarkers assessed across studies further complicates synthesis and comparison of findings.

Given the fragmented nature of the clinical literature and the absence of an integrative synthesis focused specifically on predefined quantitative immunological techniques in human supplementation studies, a scoping review following PRISMA-ScR guidelines was considered appropriate. This approach is particularly relevant in multidisciplinary and emerging fields such as medicinal mushroom immunomodulation, where clinical evidence is dispersed across diverse populations and study designs.

Therefore, the objective of the present review was to characterize and synthesize the available clinical evidence on the immunomodulatory effects of 19 genera of edible and medicinal mushrooms administered to humans as dietary or supplemental interventions, identifying the species most frequently studied, the categories of bioactive compounds evaluated, the immunological domains assessed, and the clinical contexts in which these effects have been investigated.

METHODS.

Protocol and Registration.

A protocol was developed *a priori* to define the objectives, eligibility criteria, search strategy, and data-charting framework of this scoping review, in accordance with the PRISMA Extension for Scoping Reviews (Tricco et al., 2018). The protocol was not formally registered and is not publicly available. This review does not represent an update of a previously published study.

Eligibility Criteria.

Eligibility criteria were established *a priori* and applied sequentially during title/abstract screening and full-text assessment. At the screening stage, studies were included if they were primary research articles involving human participants, reported immunomodulatory outcomes, and were published

in English or Spanish. Reviews, editorials, letters, conference abstracts, animal studies, and *in vitro* investigations were excluded.

During full-text evaluation, studies were excluded if the fungal species was not taxonomically identified at the species level, or if it was reported only using generic, vernacular, commercial, or otherwise taxonomically imprecise denominations that did not allow adequate traceability of the fungal source. Studies were also excluded if the intervention consisted of mixed or multi-component formulations that precluded attribution of the immunological effects to a single mushroom species, if predefined quantitative immunological techniques (ELISA, quantitative polymerase chain reaction, Western blot, or flow cytometry) were not used, or if the full text was unavailable. No publication date restrictions were applied.

Information Sources and Search Strategy.

A comprehensive search was conducted between January and March 2025 in PubMed, Scopus, SciELO, and LILACS. The final search update was performed on March 10, 2025. Only peer-reviewed articles were considered.

No gray literature sources were searched. This decision was made because the review aimed to synthesize clinical human studies reporting predefined quantitative immunological outcomes, in a field where intervention traceability and methodological consistency were particularly relevant. Restricting inclusion to peer-reviewed literature was considered a strategy to improve comparability of the included evidence, although it may also have limited the identification of potentially relevant non-indexed or unpublished studies.

The search strategy was developed and executed by the research team without involvement of an information specialist and was not externally peer-reviewed. Database-specific queries combined the truncated terms *Immu* and *Inflamma* with the names of 19 predefined mushroom genera (*Agaricus*, *Auricularia*, *Coprinus*, *Cordyceps*, *Flammulina*, *Ganoderma*, *Grifola*, *Hericium*, *Hypsizygus*, *Inonotus*, *Laetiporus*, *Lentinus*, *Ophiocordyceps*, *Phellinus*, *Pleurotus*, *Schizophyllum*, *Sclerotinia*, *Trametes*, and

Tricholoma). The 19 predefined mushroom genera were selected based on their recurrent mention in the literature on edible and medicinal mushrooms with reported or putative immunomodulatory relevance, as well as their historical and nutraceutical importance in prior review-based syntheses (Lull et al., 2005; Wasser, 2011; Venturella et al., 2021; Chugh et al., 2022). Searches were restricted to title and abstract fields (or database equivalents). No automated filters for date, study design, species, or publication type were applied; these criteria were assessed manually during screening. Complete reproducible search strategies are provided in Supplementary Appendix 1.

All retrieved records were exported to a .csv master file, and duplicates were removed manually in Microsoft Excel®, followed by manual verification.

Selection of Sources of Evidence.

After duplicate removal, records were screened independently and in duplicate by two reviewers using a standardized form developed in Microsoft Excel®. Screening was conducted in two stages: title/abstract review followed by full-text assessment. Discrepancies were resolved through discussion; a third reviewer adjudicated unresolved disagreements. No formal calibration exercise was performed before screening; in this context, calibration would have involved a structured pilot assessment between reviewers to evaluate agreement and refine the operational application of the eligibility criteria. The entire selection process was conducted within Microsoft Excel®.

Data Charting and Data Items.

A standardized data-charting form was developed in Microsoft Excel® by the two reviewers and refined iteratively during extraction. Data were charted independently and in duplicate, with discrepancies resolved by consensus or third-reviewer adjudication.

Extracted variables included author and year, country, study design, population characteristics, fungal genus and species, type of preparation, bioactive compound category, immunological domain assessed, type of immunological effect, and

principal molecular immunological outcomes measured using ELISA, qPCR, Western blot, or flow cytometry. Only the direction of effect was recorded; statistical significance levels and numerical values were not extracted.

Immunological domains were classified according to the measured parameter: cellular immunity (e.g., NK cell activity, T-cell subsets, IFN- γ , IL-2), humoral immunity (immunoglobulins or specific antibodies), inflammation (pro- or anti-inflammatory cytokines and acute-phase proteins), and phagocytosis (functional cellular assays).

Immunological effects were categorized as immunostimulatory, immunosuppressive/anti-inflammatory, bidirectional (biphasic), immunomodulatory (regulatory), or no effect, based on the functional direction of reported outcomes. Immunostimulatory effects were defined as changes consistent with enhancement of immune activity, such as increases in immune cell counts, immune cell function, or pro-activation cytokine responses. Immunosuppressive/anti-inflammatory effects were defined as changes consistent with attenuation of inflammatory activity or reduction of immune activation markers. Bidirectional (biphasic) effects were defined as responses showing both increases and decreases in different immune parameters, or opposite effects depending on the clinical context or immune marker assessed. Immunomodulatory (regulatory) effects were defined as context-dependent immune changes interpreted as contributing to immune balance or homeostasis, including stabilization, normalization, or selective modulation of biomarkers rather than a purely stimulatory or suppressive direction. No effect was assigned when studies reported no relevant change in the evaluated immunological outcomes. Classification required interpretative judgment by the review team; in cases of ambiguity, consensus was reached through discussion. When multiple outcomes were reported, the primary immunological endpoint defined by the original study was prioritized.

The final data-charting form is available from the authors upon reasonable request.

Critical Appraisal of Individual Sources of Evidence.

A formal critical appraisal of methodological quality or risk of bias was not conducted. This decision was consistent with the objective of this scoping review, which was to map and characterize the scope and distribution of clinical evidence rather than to evaluate internal validity or methodological rigor.

Synthesis of Results.

Evidence was synthesized using a narrative descriptive approach supported by simple frequency counts. No quantitative pooling or meta-analysis was performed.

Studies were organized according to study design, geographic region, publication period, fungal genus, bioactive compound category, immunological domain, type of immunological effect, and population characteristics. Findings were presented through narrative summaries and graphical representations, including a PRISMA-ScR flow diagram and distribution figures. Variability in study characteristics and outcomes was described descriptively; no subgroup analyses or formal assessments of heterogeneity were conducted.

Ethical statements.

This is a review article based on published clinical studies, and no primary data were collected by the authors. As such, ethical approval or consent was not required for the content of this manuscript. The authors ensured that all studies referenced in this review adhere to ethical guidelines, and proper acknowledgment of the original sources was provided for all included works. No human or animal subjects were involved in this review article.

RESULTS.

Study Selection.

The database search identified 20,285 records. After removal of 8,995 duplicates, 11,290 records underwent title and abstract screening. Of these, 11,183 were excluded for not meeting inclusion criteria. A total of 107 full-text articles were

assessed for eligibility, and 74 were excluded due to lack of taxonomic identification, use of mixed formulations, absence of predefined quantitative immunological techniques, or unavailability of full text. Thirty-three clinical studies met all eligibility criteria and were included in the scoping review (Figure 1).

Structural Characteristics of the Included Studies.

The included studies were conducted predominantly in Asia, with additional contributions from Europe and the Americas and limited representation from Oceania (Figure 2A).

The temporal distribution spanned from the 1990s to 2025, with the largest number of publications occurring between 2010 and 2019, followed by studies published from 2020 onward (Figure 2B).

Randomized controlled trials represented the most frequent study design, followed by open-label or pilot clinical studies and phase I/II trials. Observational studies and case series accounted for a smaller proportion of the included evidence (Figure 2C).

Study Populations.

The characteristics of the study populations are detailed in Table 1. The included studies involved patients with cancer ($n = 11$), metabolic diseases ($n = 4$), autoimmune disorders ($n = 1$), infectious diseases ($n = 2$), and hematologic conditions ($n = 1$). Studies conducted in healthy adults accounted for $n = 9$, while healthy adults under physical stress represented $n = 3$. Pediatric populations with infectious conditions were evaluated in $n = 2$ studies.

Patients with cancer constituted the largest clinical subgroup within the included evidence base.

Mushroom Genera and Bioactive Compounds.

The distribution of mushroom genera and bioactive compound categories evaluated across studies is summarized in Table 1. Nineteen genera were predefined in the search strategy. However, only eight genera met the eligibility criteria and were

represented in the final synthesis: The most frequently investigated genus was *Ganoderma* ($n = 10$), followed by *Pleurotus* ($n = 6$) and *Agaricus* ($n = 4$). Fewer studies evaluated *Grifola* ($n = 4$), *Cordyceps* ($n = 3$), *Phellinus* ($n = 3$), and *Lentinus* ($n = 2$), while *Schizophyllum* was examined in a single study ($n = 1$).

With respect to bioactive material, polysaccharides and glycoconjugates constituted the predominant category ($n = 20$), whereas mixed or non-characterized extracts were evaluated in $n = 12$ studies. In this classification, the category "mixed/non-characterized extracts" referred to single-species interventions in which the bioactive preparation was reported as a crude, composite, or insufficiently characterized extract, rather than to formulations combining multiple mushroom species. A single investigation assessed a defined nucleoside compound derived from *Cordyceps* ($n = 1$).

Table 1 provides study-level detail on the corresponding compound type, direction of effect, and evaluated population.

Molecular and Cellular Immunological Outcomes.

Table 1 details the specific molecular and cellular immunological endpoints reported in each study, including mushroom genus, bioactive compound type, direction of effect, and study population.

Across studies, increases were reported in immune cell subsets, including CD3⁺, CD4⁺, CD8⁺ T lymphocytes, B lymphocytes, and NK cells, as well as in functional parameters such as NK cell activity, lymphocyte proliferation indices, respiratory burst, and phagocytic capacity. Elevations in cytokines associated with cellular activation, including IL-2, IL-6, IFN- γ , IL-12, and TNF- α , were also documented.

Decreases were reported in pro-inflammatory cytokines such as TNF- α , IL-6, and IL-1 β , as well as in C-reactive protein, eosinophil counts, B lymphocytes, helper T cells, and selected activation markers. In certain studies, reductions in inflammatory mediators occurred alongside increases in cellular immune parameters.

Some investigations described preservation or stabilization of immune markers, particularly NK cell activity and immunoglobulin levels. Isolated studies reported no significant changes in measured inflammatory or antioxidant parameters.

The evaluated endpoints encompassed cellular immunity (NK cells, T-cell subsets, regulatory T cells), humoral immunity (immunoglobulin concentrations and B-cell counts), inflammatory mediators (pro- and anti-inflammatory cytokines and acute-phase proteins), and functional immune assays.

Classification of Immunological Effects.

Reported immunological responses were categorized as immunostimulatory, bidirectional (biphasic), immunosuppressive/anti-inflammatory, immunomodulatory (regulatory), or no effect (Figure 3A). Immunostimulatory effects were the most frequently reported category. Bidirectional responses and immunosuppressive/anti-inflammatory effects were also observed across multiple studies, whereas immunomodulatory (regulatory) effects and absence of detectable change were less frequently reported.

Immune Domains Evaluated.

The immunological parameters assessed were grouped into four domains: cell-mediated immunity, inflammation, humoral immunity, and phagocytosis (Figure 3B).

Cell-mediated immunity was the most frequently evaluated domain, followed by inflammatory markers. Humoral immunity and phagocytic function were assessed in a smaller subset of studies.

DISCUSSION.

This scoping review mapped human clinical evidence on the immunomodulatory effects of single-species edible and medicinal mushrooms administered as dietary or supplemental interventions and assessed using predefined quantitative immunological techniques. Across 33 studies, reported immune outcomes clustered primarily around modulation of cellular immunity

and inflammatory mediators. Recurrent signals involved NK-cell activity, T-lymphocyte subsets, and cytokine patterns consistent with Th1-associated activation and/or attenuation of inflammatory pathways. These clinical patterns were most frequently described for polysaccharide- and glycoconjugate-rich preparations and, to a lesser extent, for mixed or insufficiently characterized extracts. Collectively, the findings suggest biological plausibility for mushroom-derived polysaccharides as functional nutritional bioactives, while simultaneously underscoring the interpretative challenges introduced by heterogeneous product characterization.

From a mechanistic perspective, fungal polysaccharides—particularly β -glucans—are recognized by innate immune receptors expressed on monocytes/macrophages, neutrophils, dendritic cells, and other effector populations, thereby shaping downstream cytokine and functional responses. Canonical recognition involves Dectin-1 and complement receptor 3 (CR3), with cooperative signaling capable of engaging Syk-dependent pathways and converging on NF- κ B/MAPK activation. These cascades influence cytokine production, phagocytosis, and antigen presentation, providing a coherent biological framework for interpreting clinical changes in immune cell function and cytokine profiles reported in supplementation studies (Brown & Gordon, 2005; Goodridge *et al.*, 2009). Broader immunopharmacological syntheses further support the plausibility of these receptor-mediated effects across immune and cancer-related contexts (Ayeka, 2018; Chan *et al.*, 2009). Importantly, however, the mapped evidence supports association rather than causality, particularly given the variability in formulations and clinical designs.

In oncology settings, the predominance of cell-mediated endpoints is clinically meaningful because these biomarkers are closely related to antitumor immune surveillance. In the trials by Gao *et al.* (2003, 2005), *Ganoderma lucidum* polysaccharides in advanced-stage cancer and advanced lung cancer were associated with increases in IL-2, IL-6, IFN- γ , CD56+ cells, and NK-cell activity; in the lung cancer study, increases in CD3+, CD4+, and CD8+ cells were also reported, together with decreases in IL-1 and TNF- α (Gao *et*

al., 2003, 2005). Likewise, *Grifola frondosa* D-fraction was associated with sustained enhancement of NK cytotoxic activity in cancer patients (Kodama et al., 2002), while postoperative biomarker studies with *Ganoderma* spore powder also pointed toward immunological benefit in breast and lung cancer settings (Deng et al., 2021). Taken together, these findings suggest that, in cancer populations, mushroom-derived preparations have mainly been investigated as adjunctive nutritional interventions with potential relevance for immune surveillance, rather than as isolated anti-inflammatory agents.

By contrast, in metabolic and autoimmune conditions, the most clinically relevant signal was not consistent immune stimulation but selective dampening of inflammatory or dysregulated immune responses. In slightly hypercholesterolemic subjects, *Agaricus bisporus* α -glucans reduced LPS-induced TNF- α production *ex vivo* without broad Th1/Th2 skewing (Volman et al., 2010), which supports a more targeted anti-inflammatory interpretation than a generalized stimulatory one. In autoimmune thyroid disease, the Corbrin Capsule study reported dual-directional immunomodulatory effects, with restoration of helper/cytotoxic T-cell balance and reductions in autoantibody levels in both Graves' disease and Hashimoto's thyroiditis (He et al., 2016). These patterns are important because, in such populations, the desirable nutritional effect is more plausibly immune rebalancing than indiscriminate activation.

In healthy adults, the immune domains evaluated were again predominantly cellular, but their interpretation differs from that in clinical disease. Here, increases in NK-cell activity, lymphocyte proliferation, and selected Th1-related cytokines after *Cordyceps militaris* supplementation are more appropriately interpreted as enhancement of functional immune responsiveness within physiological ranges, rather than correction of overt immune dysfunction (Kang et al., 2015). Similar patterns were observed in trials of *Pleurotus*, *Phellinus*, and *Lentinus* preparations, where maintenance or enhancement of NK-cell parameters, selected lymphocyte subsets, or phagocytic function was reported, including in physically stressed individuals (Bergendiova et al.,

2011; Bobovčák et al., 2010; Gaullier et al., 2011; Ku et al., 2022; Ku & Kang, 2022; Tanaka et al., 2016). However, the relevance of these changes for real-world health outcomes in otherwise healthy populations remains less direct than in oncology or recurrent infection settings, especially when immune markers were not predefined as primary clinical endpoints.

Pediatric studies in recurrent respiratory tract infections illustrate a different translational scenario, in which immunological readouts were assessed alongside clinically meaningful outcomes. In the randomized trial by Jesenak et al. (2013), pleuran-based supplementation was associated with reduced respiratory morbidity together with modulation of humoral and cellular immunity, while a subsequent trial reported decreased eosinophilia and stabilization of total IgE, particularly in atopic children (Jesenak et al., 2014). In this context, the value of mushroom-derived interventions may lie less in maximizing immune activation *per se* and more in supporting host defense while modulating allergy-related inflammation. This applied pediatric setting is particularly relevant for clinical nutrition because it links biomarker changes with a more patient-centered pattern of benefit than that seen in many adult exploratory trials.

Interpretability across the evidence base is constrained by formulation heterogeneity and incomplete compositional reporting. Many trials relied on mixed or insufficiently characterized extracts, limiting attribution of observed immune effects to defined molecules and complicating reproducibility. For a readership interested in functional foods and clinical nutrition, this issue is particularly relevant: structural characteristics of polysaccharides—such as molecular weight distribution, branching patterns, solubility, and batch-to-batch variability—can plausibly influence receptor engagement and downstream bioactivity, yet these parameters are not consistently reported in human supplementation studies (Brown & Gordon, 2005; Chan et al., 2009; Goodridge et al., 2009). Additionally, immune outcome heterogeneity is substantial, with variation in cytokine panels, cell phenotyping strategies, and functional assays. Immune markers are not always predefined as primary endpoints, further limiting interpretability

and comparability.

This scoping review has limitations. No formal risk-of-bias assessment was conducted, consistent with the objective of mapping rather than grading evidence strength. Inclusion was restricted to studies employing predefined quantitative immunological techniques (ELISA, qPCR, Western blot, flow cytometry), which may have excluded clinically relevant trials using alternative assays. Accordingly, the reported immunological effects should be interpreted with caution, as this review was designed to map and characterize the available evidence rather than to provide quantitative effect estimates or statistical synthesis. In addition, the search was restricted to peer-reviewed literature and did not include gray literature sources. Although this decision may have improved consistency and traceability across the included studies, it may also have resulted in omission of relevant non-indexed or unpublished evidence. Although nineteen genera were included in the search strategy, eligible clinical evidence was identified only for a subset, indicating that translational clinical research remains concentrated in relatively few mushroom taxa.

Future research in the field of mushroom-based nutritional supplementation would benefit from standardized extract characterization, transparent compositional reporting, and harmonized immune endpoint selection. Clearly defined primary immunological outcomes, adequate sample sizes, and consistent timing of sampling would improve cross-study comparability. Integrating mechanistically informed biomarkers with clinically meaningful endpoints may help clarify whether observed immune changes represent transient activation, sustained modulation, or context-dependent rebalancing. Such methodological refinement is essential for advancing mushroom-derived bioactives within evidence-based clinical nutrition frameworks.

CONCLUSION.

The mapped clinical literature indicates that single-species edible and medicinal mushrooms administered as dietary or supplemental interventions are associated with measurable modulation of immune parameters in humans. The

most consistent signals involve cell-mediated immunity and inflammatory mediator profiles, with recurrent observations related to NK-cell activity and cytokine patterns across diverse populations and clinical contexts.

For the field of clinical nutrition and functional foods, the principal challenge is not merely to expand the number of trials, but to improve extract standardization, compositional transparency, and harmonization of immunological endpoints. Advancing mushroom-derived bioactives as credible components of nutritional strategies aimed at supporting immune health will require bridging immunomarker findings with well-characterized preparations and clinically anchored outcomes. Strengthening this translational pathway will enable more reliable integration of mushroom-based interventions into evidence-informed nutritional practice.

REFERENCES.

- Al-jumaili, M. M. O., Al-dulaimi, F. K. Y., & Ajeel, M. A. (2020). The Role of *Ganoderma lucidum* Uptake on Some Hematological and Immunological Response in Patients with Coronavirus (COVID-19). *Systematic Reviews in Pharmacy*, 11(8), 537–541. <https://doi.org/10.31838/srp.2020.8.76>
- Aryanugraha, T., Sargowo, D., & Rahimah, A. F. (2024). Effect of β -1,3-1,6-D-glukan (polysaccharide peptide) from miselia *Ganoderma lucidum* extract as antioxidant and antiinflammation towards left ventricular systolic function in cardiometabolic patients. *Heart Science Journal*, 5(4), 55–59. <https://doi.org/10.21776/ub.hsj.2024.005.04.9>
- Ayeka, P. A. (2018). Potential of Mushroom Compounds as Immunomodulators in Cancer Immunotherapy: A Review. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2018(1), 7271509. <https://doi.org/10.1155/2018/7271509>
- Baumgart, D. C., Misery, L., Naeyaert, S., & Taylor, P. C. (2019). Biological Therapies in Immune-Mediated Inflammatory Diseases: Can Biosimilars Reduce Access Inequities?

- Frontiers in Pharmacology*, 10.
<https://doi.org/10.3389/fphar.2019.00279>
- Bergendiova, K., Tibenska, E., & Majtan, J. (2011). Pleuran (β -glucan from *Pleurotus ostreatus*) supplementation, cellular immune response and respiratory tract infections in athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 111(9), 2033–2040.
<https://doi.org/10.1007/s00421-011-1837-z>
- Bobovčák, M., Kuniaková, R., Gabriž, J., & Majtán, J. (2010). Effect of Pleuran (β -glucan from *Pleurotus ostreatus*) supplementation on cellular immune response after intensive exercise in elite athletes. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 35(6), 755–762.
<https://doi.org/10.1139/H10-070>
- Brown, G. D., & Gordon, S. (2005). Immune recognition of fungal β -glucans. *Cellular Microbiology*, 7(4), 471–479.
<https://doi.org/10.1111/j.1462-5822.2005.00505.x>
- Chan, G. C.-F., Chan, W. K., & Sze, D. M.-Y. (2009). The effects of β -glucan on human immune and cancer cells. *Journal of Hematology & Oncology*, 2(1), 25.
<https://doi.org/10.1186/1756-8722-2-25>
- Chen, S.-N., Nan, F.-H., Liu, M.-W., Yang, M.-F., Chang, Y.-C., & Chen, S. (2023). Evaluation of Immune Modulation by β -1,3; 1,6 D-Glucan Derived from *Ganoderma lucidum* in Healthy Adult Volunteers, A Randomized Controlled Trial. *Foods*, 12(3).
<https://doi.org/10.3390/foods12030659>
- Chu, T. T. W., Benzie, I. F. F., Lam, C. W. K., Fok, B. S. P., Lee, K. K. C., & Tomlinson, B. (2012). Study of potential cardioprotective effects of *Ganoderma lucidum* (Lingzhi): Results of a controlled human intervention trial. *British Journal of Nutrition*, 107(7), 1017–1027.
<https://doi.org/10.1017/S0007114511003795>
- Chugh, R. M., Mittal, P., Mp, N., Arora, T., Bhattacharya, T., Chopra, H., Cavalu, S., & Gautam, R. K. (2022). Fungal Mushrooms: A Natural Compound With Therapeutic Applications. *Frontiers in Pharmacology*, 13.
<https://doi.org/10.3389/fphar.2022.925387>
- Costa Fortes, R., & Carvalho Garbi Novaes, M. a R. (2011). Efectos de la suplementación dietética con hongos *Agaricus sylvaticus* en el metabolismo y la presión arterial en pacientes con cáncer colorrectal en la fase postoperatoria. *Nutrición Hospitalaria*, 26(1), 176–186.
https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0212-16112011000100021&lng=es&nrm=iso&tlng=en
- Deng, G., Lin, H., Seidman, A., Fornier, M., D'Andrea, G., Wesa, K., Yeung, S., Cunningham-Rundles, S., Vickers, A. J., & Cassileth, B. (2009). A phase I/II trial of a polysaccharide extract from *Grifola frondosa* (Maitake mushroom) in breast cancer patients: Immunological effects. *Journal of Cancer Research and Clinical Oncology*, 135(9), 1215–1221.
<https://doi.org/10.1007/s00432-009-0562-z>
- Deng, Y., Ma, J., Tang, D., & Zhang, Q. (2021). Dynamic biomarkers indicate the immunological benefits provided by *Ganoderma* spore powder in post-operative breast and lung cancer patients. *Clinical and Translational Oncology*, 23(7), 1481–1490.
<https://doi.org/10.1007/s12094-020-02547-9>
- Dündar, A., Yalçın, P., Arslan, N., Acay, H., Hatipoğlu, A., Boğa, M., Karahan, S., & Yaprak, B. (2024). Effect of *Pleurotus ostreatus* Water Extract Consumption on Blood Parameters and Cytokine Values in Healthy Volunteers. *Journal of the American Nutrition Association*, 43(8), 645–652.
<https://doi.org/10.1080/27697061.2024.2369781>
- Fortes, R. C., Novaes, M. R. C. G., Recôva, V. L., & Melo, A. L. (2009). Immunological, Hematological, and Glycemia Effects of Dietary Supplementation with *Agaricus sylvaticus* on Patients' Colorectal Cancer. *Experimental Biology and Medicine*, 234(1),

53–62. <https://doi.org/10.3181/0806-RM-193>

Gao, Y., Tang, W., Dai, X., Gao, H., Chen, G., Ye, J., Chan, E., Koh, H. L., Li, X., & Zhou, S. (2005). Effects of Water-Soluble Ganoderma lucidum Polysaccharides on the Immune Functions of Patients with Advanced Lung Cancer. *Journal of Medicinal Food*, 8(2), 159–168. <https://doi.org/10.1089/jmf.2005.8.159>

Gao, Y., Zhou, S., Jiang, W., Huang, M., & Dai, X. (2003). Effects of Ganopoly® (A Ganoderma lucidum Polysaccharide Extract) on the Immune Functions in Advanced-Stage Cancer Patients. *Immunological Investigations*, 32(3), 201–215. <https://doi.org/10.1081/IMM-120022979>

Gaullier, J.-M., Sleboda, J., Ofjord, E. S., Ulvestad, E., Nurminiemi, M., Moe, C., Albrektsen, T., & Gudmundsen, O. (2011). Supplementation with a Soluble Beta-Glucan Exported from Shiitake Medicinal Mushroom, *Lentinus edodes* (Berk.) Singer Mycelium: A Crossover, Placebo-Controlled Study in Healthy Elderly. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 13(4). <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushr.v13.i4.10>

Goodridge, H. S., Wolf, A. J., & Underhill, D. M. (2009). β -glucan recognition by the innate immune system. *Immunological Reviews*, 230(1), 38–50. <https://doi.org/10.1111/j.1600-065X.2009.00793.x>

Hashemi Yusefabad, H., Hosseini, S. A., Zakerkish, M., Cheraghian, B., & Alipour, M. (2022). The effects of hot air-dried white button mushroom powder on glycemic indices, lipid profile, inflammatory biomarkers and total antioxidant capacity in patients with type-2 diabetes mellitus: A randomized controlled trial. *Journal of Research in Medical Sciences: The Official Journal of Isfahan University of Medical Sciences*, 27, 49. https://doi.org/10.4103/jrms.JRMS_513_20

He, T., Zhao, R., Lu, Y., Li, W., Hou, X., Sun, Y., Dong, M., & Chen, L. (2016). Dual-Directional Immunomodulatory Effects of Corbrin

Capsule on Autoimmune Thyroid Diseases. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2016(1), 1360386. <https://doi.org/10.1155/2016/1360386>

Henao, S. L. D., Urrego, S. A., Cano, A. M., & Higueta, E. A. (2018). Randomized Clinical Trial for the Evaluation of Immune Modulation by Yogurt Enriched with β -Glucans from Lingzhi or Reishi Medicinal Mushroom, *Ganoderma lucidum* (Agaricomycetes), in Children from Medellín, Colombia. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 20(8). <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.2018026986>

<https://www.polarismarketresearch.com>, P. M. R. (2025). Mushroom Market Size 2025. *Polaris Market Research*. <https://www.polarismarketresearch.com/industry-analysis/mushroom-market>

Holmer, A., & Singh, S. (2019). Overall and comparative safety of biologic and immunosuppressive therapy in inflammatory bowel diseases. *Expert Review of Clinical Immunology*, 15(9), 969–979. <https://doi.org/10.1080/1744666X.2019.1646127>

Jesenak, M., Hrubisko, M., Majtan, J., Rennerova, Z., & Banovcin, P. (2014). Anti-allergic Effect of Pleuran (β -glucan from *Pleurotus ostreatus*) in Children with Recurrent Respiratory Tract Infections. *Phytotherapy Research*, 28(3), 471–474. <https://doi.org/10.1002/ptr.5020>

Jesenak, M., Majtan, J., Rennerova, Z., Kyselovic, J., Banovcin, P., & Hrubisko, M. (2013). Immunomodulatory effect of pleuran (β -glucan from *Pleurotus ostreatus*) in children with recurrent respiratory tract infections. *International Immunopharmacology*, 15(2), 395–399. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2012.11.020>

Kang, H. J., Baik, H. W., Kim, S. J., Lee, S. G., Ahn, H. Y., Park, J. S., Park, S. J., Jang, E. J., Park, S. W., Choi, J. Y., Sung, J. H., & Lee, S. M.

- (2015). Cordyceps militaris Enhances Cell-Mediated Immunity in Healthy Korean Men. *Journal of Medicinal Food*, 18(10), 1164–1172. <https://doi.org/10.1089/jmf.2014.3350>
- Kodama, N., Komuta, K., Sakai, N., & Nanba, H. (2002). Effects of D-Fraction, a Polysaccharide from Grifola frondosa on Tumor Growth Involve Activation of NK Cells. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 25(12), 1647–1650. <https://doi.org/10.1248/bpb.25.1647>
- Ku, Y. H., & Kang, J. H. (2022). Efficacy of Phellinus linteus extract on immunity enhancement: A CONSORT-randomized, double-blind, placebo-controlled pilot trial. *Medicine*, 101(40), e30829. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000030829>
- Ku, Y. H., Kang, J. H., & Lee, H. (2022). Effects of Phellinus linteus extract on immunity improvement: A CONSORT-randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. *Medicine*, 101(34), e30226. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000030226>
- Lee, J.-B., Shin, Y.-O., Bae, J.-S., Min, Y.-K., Yang, H.-M., Seo, H.-S., Kwon, D., Kang, J., & Song, Y. (2010). Effect of Phellinus linteus extract supplementation on cortisol and related cytokines in young male adults. *Food Science and Biotechnology*, 19(3), 671–675. <https://doi.org/10.1007/s10068-010-0094-y>
- Li, E. K., Tam, L.-S., Wong, C. K., Li, W. C., Lam, C. W. K., Wachtel-Galor, S., Benzie, I. F. F., Bao, Y. X., Leung, P. C., & Tomlinson, B. (2007). Safety and efficacy of Ganoderma lucidum (lingzhi) and San Miao San supplementation in patients with rheumatoid arthritis: A double-blind, randomized, placebo-controlled pilot trial. *Arthritis Care & Research*, 57(7), 1143–1150. <https://doi.org/10.1002/art.22994>
- Loaiza-Ceballos, M. C., Rendon-Marin, S., Higuaita-Gutiérrez, L. F., Hernandez, J. C., & Gómez-Gallego, D. M. (2025). Immunomodulatory effects of functional fungi and their bioactive components: A scoping review of preclinical studies. *Phytomedicine Plus*, 5(4), 100881. <https://doi.org/10.1016/j.phyplu.2025.100881>
- Łysakowska, P., Sobota, A., & Wirkijowska, A. (2023). Medicinal Mushrooms: Their Bioactive Components, Nutritional Value and Application in Functional Food Production—A Review. *Molecules*, 28(14). <https://doi.org/10.3390/molecules28145393>
- Lull, C., Wichers, H. J., & Savelkoul, H. F. J. (2005). Antiinflammatory and Immunomodulating Properties of Fungal Metabolites. *Mediators of Inflammation*, 2005(2), 892572. <https://doi.org/10.1155/MI.2005.63>
- Miyazaki, K., Mizutani, H., Katabuchi, H., Fukuma, K., Fujisaka, S., & Okamura, H. (1995). Activated (HLA-DR+) T-Lymphocyte Subsets in Cervical Carcinoma and Effects of Radiotherapy and Immunotherapy with Sizofiran on Cell-Mediated Immunity and Survival. *Gynecologic Oncology*, 56(3), 412–420. <https://doi.org/10.1006/gyno.1995.1073>
- Nanba, H., Kodama, N., Schar, D., & Turner, D. (2000). Effects of Maitake (Grifola frondosa) glucan in HIV-infected patients. *Mycoscience*, 41(4), 293–295. <https://doi.org/10.1007/BF02463941>
- Netea, M. G., Joosten, L. A. B., Latz, E., Mills, K. H. G., Natoli, G., Stunnenberg, H. G., O'Neill, L. A. J., & Xavier, R. J. (2016). Trained immunity: A program of innate immune memory in health and disease. *Science (New York, N.Y.)*, 352(6284), aaf1098. <https://doi.org/10.1126/science.aaf1098>
- Ontawong, A., Pengnet, S., Thim-Uam, A., Munkong, N., Narkprasom, N., Narkprasom, K., Kuntakut, K., Kamkeaw, N., & Amornlerdpison, D. (2024). A randomized controlled clinical trial examining the effects of Cordyceps militaris beverage on the immune response in healthy adults. *Scientific Reports*, 14(1), 7994. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-58742-z>

- Poedjomartono, B., Faisal, A., & Nurjanah, S. (2020). Transarterial Chemoembolization in Hepatocellular Carcinoma: A Clinical Efficacy Study of Ganoderma lucidum Extract Polysaccharide Peptide β -Glucan. *Bali Medical Journal*, 9(1), 31–35. <https://doi.org/10.15562/bmj.v9i1.1610>
- Rigby, W. F. C., Lampl, K., Low, J. M., & Furst, D. E. (2017). Review of Routine Laboratory Monitoring for Patients with Rheumatoid Arthritis Receiving Biologic or Nonbiologic DMARDs. *International Journal of Rheumatology*, 2017, 9614241. <https://doi.org/10.1155/2017/9614241>
- Tanaka, A., Nishimura, M., Sato, Y., Sato, H., & Nishihira, J. (2016). Enhancement of the Th1-phenotype immune system by the intake of Oyster mushroom (Tamogitake) extract in a double-blind, placebo-controlled study. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 6(4), 424–430. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2015.11.004>
- Tangkaphiphat, P., Siritientong, T., Jaruhathai, S., Pipopchaiyasit, N., Ratanajarusiri, T., & Aramwit, P. (2022). Immunomodulatory efficacy and safety of Ganoderma lucidum broken spore supplement in patients after chemotherapy. *Science, Engineering and Health Studies*, 22050017–22050017. <https://doi.org/10.14456/sehs.2022.41>
- Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., Moher, D., Peters, M. D. J., Horsley, T., Weeks, L., Hempel, S., Akl, E. A., Chang, C., McGowan, J., Stewart, L., Hartling, L., Aldcroft, A., Wilson, M. G., Garritty, C., ... Straus, S. E. (2018). PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Annals of Internal Medicine*, 169(7), 467–473. <https://doi.org/10.7326/M18-0850>
- Venturella, G., Ferraro, V., Cirlincione, F., & Gargano, M. L. (2021). Medicinal Mushrooms: Bioactive Compounds, Use, and Clinical Trials. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(2). <https://doi.org/10.3390/ijms22020634>
- Volman, J. J., Mensink, R. P., van Griensven, L. J. L. D., & Plat, J. (2010). Effects of α -glucans from Agaricus bisporus on ex vivo cytokine production by LPS and PHA-stimulated PBMCs; a placebo-controlled study in slightly hypercholesterolemic subjects. *European Journal of Clinical Nutrition*, 64(7), 720–726. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2010.32>
- Wasser, S. P. (2011). Current findings, future trends, and unsolved problems in studies of medicinal mushrooms. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 89(5), 1323–1332. <https://doi.org/10.1007/s00253-010-3067-4>
- Wesa, K. M., Cunningham-Rundles, S., Klimek, V. M., Vertosick, E., Coletton, M. I., Yeung, K. S., Lin, H., Nimer, S., & Cassileth, B. R. (2015). Maitake mushroom extract in myelodysplastic syndromes (MDS): A phase II study. *Cancer Immunology, Immunotherapy*, 64(2), 237–247. <https://doi.org/10.1007/s00262-014-1628-6>
- Yadav, D., & Negi, P. S. (2021). Bioactive components of mushrooms: Processing effects and health benefits. *Food Research International*, 148, 110599. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110599>
- Zembron-Lacny, A., Gajewski, M., Naczek, M., & Siatkowski, I. (2013). Effect of shiitake (Lentinus edodes) extract on antioxidant and inflammatory response to prolonged eccentric exercise. *Journal of Physiology and Pharmacology: An Official Journal of the Polish Physiological Society*, 64(2), 249–254.
- Zhao, H., Zhang, Q., Zhao, L., Huang, X., Wang, J., & Kang, X. (2012). Spore Powder of Ganoderma lucidum Improves Cancer-Related Fatigue in Breast Cancer Patients Undergoing Endocrine Therapy: A Pilot Clinical Trial. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012(1), 809614. <https://doi.org/10.1155/2012/809614>

CRedit authorship contribution statement.

VZC: Writing – review & editing, Writing – original draft, Formal analysis, Data curation. MCLC: Writing – review & editing, Writing – original draft, Methodology, Formal analysis, Data curation. DMGG: Writing – review & editing, Writing – original draft, Supervision, Project administration, Methodology, Investigation, Funding acquisition, Formal analysis, Data curation, Conceptualization.

Financing.

This study did not receive funding from the public or private sector for its completion.

Declaration of Competing Interest.

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence

the work reported in this paper.

Data availability.

As this manuscript is a scoping review, no new datasets were generated or analyzed during the current study. All data used in this review are publicly available in the referenced studies, which can be accessed through the appropriate academic journals and repositories.

Declaration of generative AI in scientific writing.

The authors declare that during the preparation of this manuscript, the language-editing tool Trinko was used to improve readability, grammar, and clarity. The tool was used solely for language refinement and did not contribute to the study design, data analysis, interpretation of results, or scientific content. All authors reviewed and edited the manuscript after its use and take full responsibility for the content of this publication.

Figures.

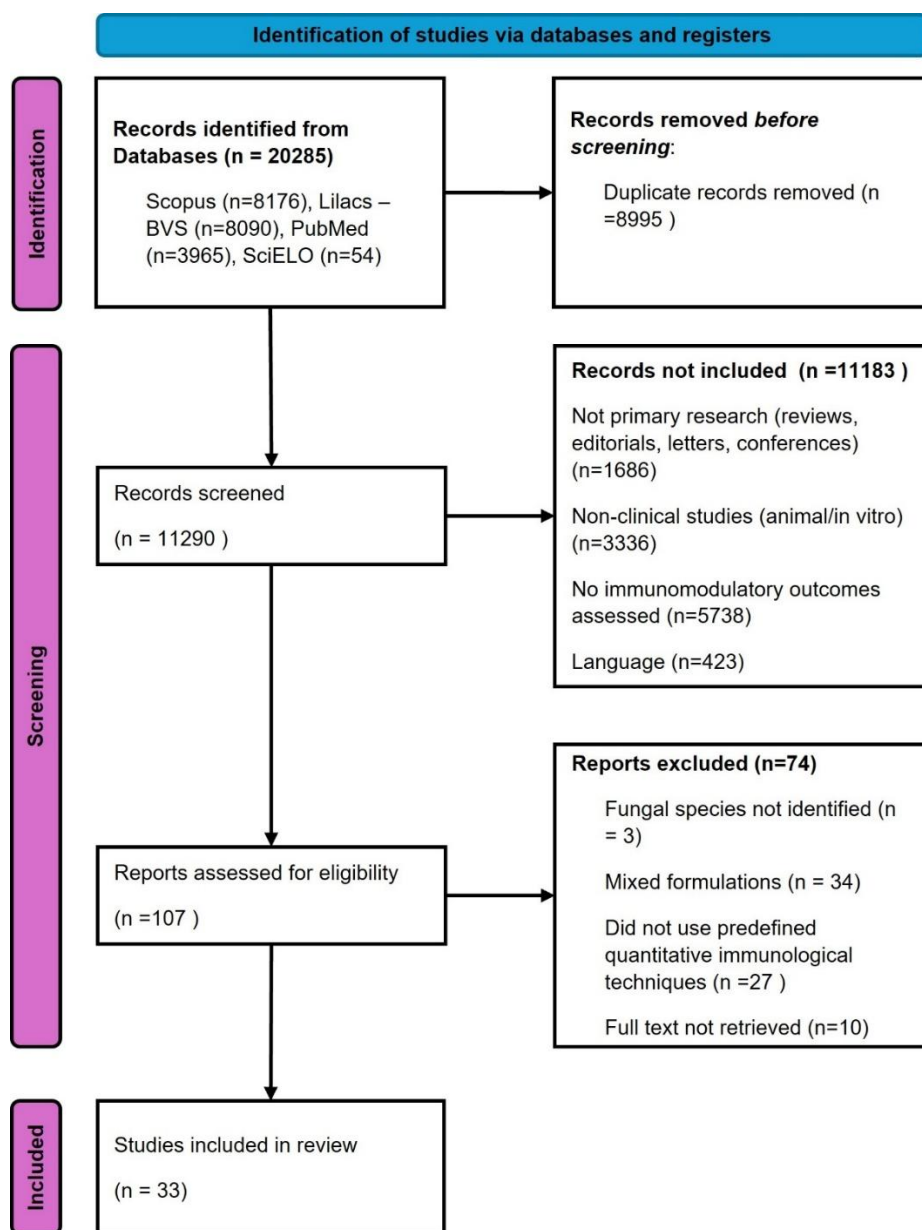


Figure 1. PRISMA-ScR Flow Diagram of Study Selection for the Scoping Review

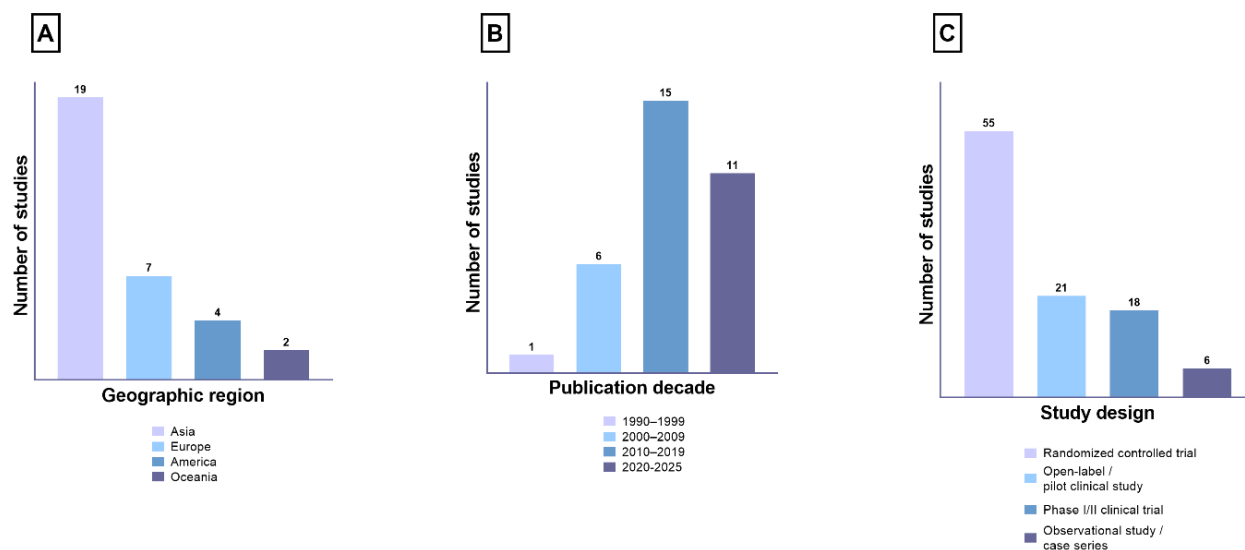


Figure 2. Study Characteristics of the Included Evidence Base. (A) Geographic distribution of included studies. (B) Distribution according to decade of publication. (C) Distribution by study design.

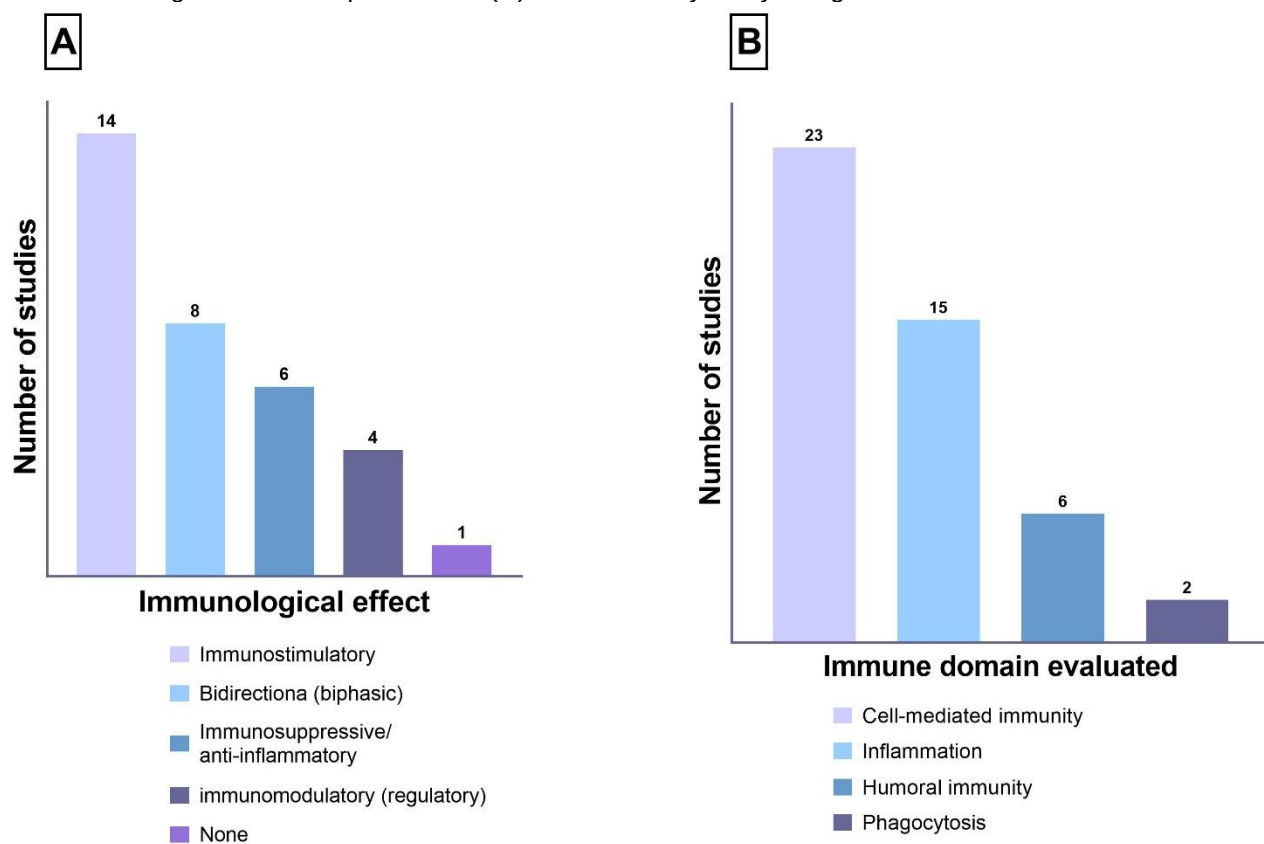


Figure 3. Classification of Immunological Effects and Immune Domains Evaluated in Included Clinical Studies. (A) Distribution of studies according to the predominant type of immunological effect reported. (B) Frequency of immune domains evaluated across included studies.

Tables

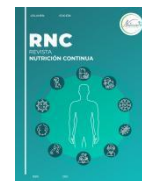
Table 1. Summary of Immunological Outcomes Reported in Included Clinical Studies

Article	Mushroom	Bioactive Compound Evaluated	Direction of Immunological Effect	Immunological Mechanism Details	Immunological Effect	Study population	Dose	Route	Period
(Volman et al., 2010)	Agaricus	Polysaccharides and glycoconjugates	Decrease	TNF- α	Immunosuppressive/anti-inflammatory	Patients with metabolic disease	5 g/day	Orally	5 weeks
(Fortes et al., 2009)	Agaricus	Mixed/non-characterized extract	Increase	Neutrophils	Immunostimulatory	Patients with cancer	30 mg/kg/day	Orally	6 weeks
(Costa Fortes & Carvalho Garbi Novaes, 2011)	Agaricus	Mixed/non-characterized extract	Decrease	IgA, IgM	Immunomodulatory (regulatory)	Patients with cancer	30 mg/kg/day	Orally	26 weeks
(Hashemi Yusefabad et al., 2022)	Agaricus	Mixed/non-characterized extract	No significant change	IL-6, CRP, TAC	None	Patients with metabolic disease	16 g/day	Orally	8 weeks
(Kang et al., 2015)	Cordyceps	Mixed/non-characterized extract	Increase	NK cell activity, lymphocyte proliferation index, IFN- γ , IL-12, IL-2, TNF- α	Immunostimulatory	Healthy adults	1,5 g/day	Orally	4 weeks
(He et al., 2016)	Cordyceps	Mixed/non-characterized extract	Increase	CD8 ⁺ and CD4 ⁺ T lymphocytes	Bidirectional (Biphasic)	Patients with autoimmune disease (Hashimoto's thyroiditis)	2,0 g tid	Orally	24 weeks
			Decrease	CD4 ⁺ and CD8 ⁺ T lymphocytes		Patients with autoimmune disease (Graves' disease)			
(Ontawong et al., 2024)	Cordyceps	Nucleoside	Increase	NK cell activity	Bidirectional (Biphasic)	Healthy adults	2,85 mg/day	Orally	8 weeks
			Decrease	TNF- α , IL-1 β , IL-6					
(Y. Deng et al., 2021)	Ganoderma	Mixed/non-characterized extract	Increase	CD3 ⁺ CD4 ⁺ cells, CD3 ⁺ HLA-DR ⁺ cells, IL-12, IL-2	Bidirectional (Biphasic)	Patients with cancer	2000 mg bid	Orally	6 weeks
			Decrease	CD4 ⁺ CD25 ⁺ Treg cells, CD3 ⁺ HLA-DR ⁺ cells, IL-					

				10, COX-2, TGF- β 1					
(Gao et al., 2003)	Ganoderma	Polysaccharides and glycoconjugates	Increase	IL-2, IL-6, IFN- γ , CD56 ⁺ , CD3 ⁺ , CD4 ⁺ , CD8 ⁺ cells, NK cell activity	Bidirectional (Biphasic)	Patients with cancer	1800 mg tid	Orally	12 weeks
			Decrease	IL-1, TNF- α			1800 mg tid	Orally	12 weeks
(Gao et al., 2005)	Ganoderma	Polysaccharides and glycoconjugates	Increase	IL-2, IL-6, IFN- γ , CD3 ⁺ , CD4 ⁺ , CD8 ⁺ , CD56 ⁺ cells, NK cell activity	Bidirectional (Biphasic)	Patients with cancer	1800 mg tid	Orally	12 weeks
			Decrease	IL-1, TNF- α , CD4:CD8 ratio			1800 mg tid	Orally	12 weeks
(Chen et al., 2023)	Ganoderma	Polysaccharides and glycoconjugates	Increase	CD3 ⁺ , CD4 ⁺ , CD8 ⁺ T cells, NK cell activity	Immunostimulatory	Healthy adults	200 mg/day	Orally	12 weeks
(Tangkhaiphap et al., 2022)	Ganoderma	Mixed/non-characterized extract	Increase	Neutrophils, IgG, IgE	Bidirectional (Biphasic)	Patients with cancer	250 mg tid	Orally	8 weeks
			Decrease	IgM, IgA			250 mg tid	Orally	8 weeks
(Zhao et al., 2012)	Ganoderma	Mixed/non-characterized extract	Decrease	IL-6, TNF- α	Immunosuppressive/anti-inflammatory	Patients with cancer	1000 mg tid	Orally	4 weeks
(Chu et al., 2012)	Ganoderma	Mixed/non-characterized extract	Decrease	B lymphocytes, helper T cells	Immunosuppressive/anti-inflammatory	Patients with metabolic disease	1,44 g/day	Orally	12 weeks
(Al-jumaili et al., 2020)	Ganoderma	Mixed/non-characterized extract	Increase	IgG, lymphocytes	Immunostimulatory	Patients with infections	Healthy patients: 0.3 g/kg of body weight/day Patients with COVID-19: 0.3 g/kg of body weight/day	Healthy patients: Orally Patients with COVID-19: Orally	Healthy patients: Not specified Patients with COVID-19: 1 week and 3 days
(Poedjartono et al., 2020)	Ganoderma	Polysaccharides and glycoconjugates	Increase	CD4 ⁺ and CD8 ⁺ T lymphocytes, IL-2	Immunostimulatory	Patients with cancer	Not specified	Not specified	Not specified
(Aryanugraha et al., 2024)	Ganoderma	Polysaccharides and glycoconjugates	Decrease	TNF- α , CRP	Immunosuppressive/anti-inflammatory	Patients with metabolic disease	250 mg tid	Orally	13 weeks
(G. Deng et al., 2009)	Grifola	Polysaccharides and glycoconjugates	Increase	IL-10, IL-2, TNF- α , CD3 ⁺ CD56 ⁺ NK T cells, CD4 ⁺ CD25 ⁺ T cells	Bidirectional (Biphasic)	Patients with cancer	0.1, 0.5, 1.5, 3, or 5 mg/kg bid	Orally	3 weeks

			Decrease	IFN- γ			0.1, 0.5, 1.5, 3, or 5 mg/kg bid	Orally	3 weeks
(Kodama et al., 2002)	Grifola	Polysaccharides and glycoconjugates	Increase	NK cell activity	Immunostimulatory	Patients with cancer	100 mg/day	Orally	147 weeks
(Nanba et al., 2000)	Grifola	Polysaccharides and glycoconjugates	Increase	CD4 ⁺ cell count, IL-2	Bidirectional (Biphasic)	Patients with infections	Option A: 6 g of Maitake tablets per day. Option B: 20 mg of purified MD-Fraction + 4 g of Maitake tablets per day.	Orally	51 weeks
			Decrease	CD4 ⁺ cell count, IL-2			Option A: 6 g of Maitake tablets per day. Option B: 20 mg of purified MD-Fraction + 4 g of Maitake tablets per day.	Orally	51 weeks
(Wesa et al., 2015)	Grifola	Polysaccharides and glycoconjugates	Increase	Respiratory burst / ROS production	Immunostimulatory	Patients with hematologic disease	3 mg/kg bid	Orally	12 weeks
(Zembron-Lacny et al., 2013)	Lentinus	Mixed/non-characterized extract	Increase	IL-10	Immunomodulatory (regulatory)	Healthy adults under physical stress	700 mg bid	Orally	3 weeks
(Gaulhier et al., 2011)	Lentinus	Polysaccharides and glycoconjugates	Increase	CD19 ⁺ B cells, preservation of CD4 ⁺ T cells, NK cells	Immunostimulatory	Healthy adults	2,5 mg/day	Intravenously	6 weeks
(Ku et al., 2022)	Phellinus	Polysaccharides and glycoconjugates	Increase	NK cell activity	Immunostimulatory	Healthy adults	1000 mg/day	Orally	8 weeks
(Ku & Kang, 2022)	Phellinus	Polysaccharides and glycoconjugates	Increase	IL-6, IgG1, IgG2, IgM (preservation), NK cell activity	Immunostimulatory	Healthy adults	PL1000 group: 1000 mg/day PL2000 group: 2000 mg/day	Orally	8 weeks

(Lee et al., 2010)	Phellinus	Mixed/non-characterized extract	Decrease	IL-1 β	Immunosuppressive/anti-inflammatory	Healthy adults	1,5 L/day	Orally	4 weeks
(Jesenak et al., 2013)	Pleurotus	Polysaccharides and glycoconjugates	Increase	IgG, IgA, IgM, preservation of NK cells and CD8 ⁺ T cells	Immunomodulatory (regulatory)	Children with infections	1 mL per 5 kg of Imunoglukan P4H [®] syrup	Orally	26 weeks
(Jesenak et al., 2014)	Pleurotus	Polysaccharides and glycoconjugates	Decrease	Eosinophil count	Immunomodulatory (regulatory)	Children with infections	1 mL per 5 kg of Imunoglukan P4H [®] syrup	Orally	26 weeks
			Stabilization	IgE			1 mL per 5 kg of Imunoglukan P4H [®] syrup	Orally	26 weeks
(Bobovčá et al., 2010)	Pleurotus	Polysaccharides and glycoconjugates	Relative functional increase / preservation	NK cell number and activity	Immunostimulatory	Healthy adults under physical stress	200 mg/day	Orally	8 weeks
(Tanaka et al., 2016)	Pleurotus	Polysaccharides and glycoconjugates	Increase	IFN- γ , IL-12, NK cell activity	Immunostimulatory	Healthy adults	80 mL/day	Orally	8 weeks
(Bergend iova et al., 2011)	Pleurotus	Polysaccharides and glycoconjugates	Increase	NK cell count, phagocytic capacity	Immunostimulatory	Healthy adults under physical stress	100 mg/day	Orally	13 weeks
(Dünder et al., 2024)	Pleurotus	Polysaccharides and glycoconjugates	Decrease	TNF- α , IFN- γ , IL-1 β	Immunosuppressive/anti-inflammatory	Healthy adults	100 mL/day	Orally	4 weeks
(Miyazaki et al., 1995)	Schizophyllum	Polysaccharides and glycoconjugates	Increase	CD4 ⁺ and CD8 ⁺ T lymphocytes	Immunostimulatory	Patients with cancer	Sizofiran: 20-40 mg/semana 5-Fluorouracilo (5-FU): 200-300 mg al día	Sizofiran: Intramuscular route 5-Fluorouracilo (5-FU): Orally	Sizofiran: 104 weeks 5-Fluorouracilo (5-FU): 52 weeks



Betabel (*Beta vulgaris L.*) y salud digestiva: evidencias sobre su efecto en el estreñimiento.

Beetroot (*Beta vulgaris L.*) and digestive health: evidence for its effect on constipation

Héctor Enrique Fabela Illescas¹, **Estefania Ramos Gutierrez¹, Jimena Aldrete Montiel¹, Gabriel Betanzos Cabrera².

1. Universidad Vizcaya de las Américas, Campus Tulancingo, Hidalgo, México.

2. Área Académica de Nutrición, Instituto de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tlilcuautla, México.

** Correspondencia: rgestefania30@gmail.com

Palabras claves	RESUMEN
Betabel (<i>Beta vulgaris L.</i>); Estreñimiento; Compuestos bioactivos.	Introducción: El estreñimiento es un trastorno intestinal frecuente que impacta en personas de todas las edades, afectando su calidad de vida. Ante la necesidad de contar con más alternativas terapéuticas accesibles y menos invasivas, el betabel (<i>Beta vulgaris L.</i>) destaca como una opción prometedora por su alto contenido en fibra dietética y compuestos bioactivos. Metodología: Se llevó a cabo una revisión narrativa de la literatura, centrada en estudios que abordan el potencial terapéutico del betabel en la salud digestiva y su posible efecto en el manejo del estreñimiento. La búsqueda se realizó en el primer semestre del 2026, en las siguientes bases de datos electrónicas: PubMed, Scopus, SciELO y Google Scholar. Resultados: Los hallazgos encontrados en esta revisión narrativa apoyan el potencial terapéutico del betabel como una alternativa funcional en el manejo del estreñimiento. Su riqueza en fibra dietética y compuestos bioactivos contribuye a mejorar la motilidad intestinal, preservar la integridad de la mucosa colónica y reducir marcadores inflamatorios asociados a trastornos digestivos. Además, se destaca su efecto laxante suave y su capacidad para modular la microbiota intestinal, lo que refuerza su utilidad como complemento dietético no invasivo. Conclusión: Si bien los estudios preclínicos y observacionales ofrecen resultados prometedores, se requiere mayor evidencia clínica en humanos para consolidar su eficacia y establecer recomendaciones precisas sobre dosis, forma de consumo y duración del tratamiento.
Keywords	ABSTRACT
Beetroot (<i>Beta vulgaris L.</i>); Constipation; Bioactive compounds.	Introduction: Constipation is a common intestinal disorder that impacts people of all ages, affecting their well-being and quality of life. Given the need to find accessible and less invasive therapeutic alternatives, beetroot (<i>Beta vulgaris L.</i>) stands out as a promising option due to its high content of dietary fiber and bioactive compounds. Methodology: A narrative literature review was conducted, focusing on studies addressing the therapeutic potential of beetroot in digestive health and its possible role in the management of constipation. The literature search was performed during the first half of 2026 using the electronic databases PubMed, Scopus, SciELO, and Google Scholar. Results: The findings compiled in this narrative review support the therapeutic potential of beetroot as a functional alternative in the management of constipation. Its richness in dietary fiber and bioactive compounds such as betalains, polyphenols, and caffeic acid contributes to improving intestinal motility, preserving the integrity of the colonic mucosa, and reducing inflammatory markers associated with digestive disorders. Furthermore, its mild laxative effect and ability to modulate the intestinal microbiota are notable, reinforcing its usefulness as a non-invasive dietary supplement. Conclusion: Although preclinical and observational studies offer promising results, more clinical evidence in humans is needed to consolidate its efficacy and establish precise recommendations regarding dosage, method of consumption, and duration of treatment.

INTRODUCCIÓN.

Actualmente se observa una tendencia creciente hacia la adopción de patrones dietéticos saludables, los cuales suelen incorporar los denominados alimentos funcionales. Este interés responde a la búsqueda de alternativas seguras y eficaces para preservar la salud y mejorar la calidad de vida, privilegiando el consumo de alimentos que, además de aportar nutrientes esenciales, contribuyan a la prevención y el tratamiento de enfermedades, así como al bienestar general.

En este contexto, el consumo de frutas y verduras representa un componente fundamental de los

patrones dietéticos saludables, ya que sus beneficios para la salud han sido ampliamente documentados. Su ingesta habitual se ha asociado con una disminución del riesgo de diversas enfermedades crónicas y con la mejora del tránsito intestinal, lo que contribuye a la prevención de afecciones como el estreñimiento (Ceclu y Nistor, 2020).

El estreñimiento se caracteriza por una evacuación intestinal infrecuente o difícil (ocurriendo una vez, cada tres a cuatro días), excreción fecal incompleta o dureza de las heces (Ibarra-Castañeda et al., 2024). El estreñimiento afecta entre el 3 y el 15% de la población general, lo que provoca malestar repercutiendo directamente en la calidad de vida.

Este trastorno intestinal afecta individuos de todas las edades, con tasas de prevalencia que varían de 0,7 a 29,6% en niños, y adolescentes entre 15 a 50% en personas mayores (Ayari et al., 2025). De acuerdo con los criterios de Roma IV, utilizados para el diagnóstico de trastornos gastrointestinales funcionales, el diagnóstico de estreñimiento funcional requiere la presencia de al menos dos de las siguientes características observadas en al menos el 25% de las deposiciones: 1) esfuerzo excesivo durante la defecación; 2) heces duras (tipo 1 o 2 en la escala de Bristol); 3) sensación de evacuación incompleta; 4) percepción de obstrucción o bloqueo anorrectal; 5) uso de maniobras manuales para facilitar la expulsión, y 6) frecuencia reducida de deposiciones espontáneas completas (menos de tres por semana). Además, la presencia de heces líquidas debe ser rara y generalmente relacionada con el uso de laxantes. Es importante señalar que para confirmar este diagnóstico no deben cumplirse los criterios suficientes para el síndrome de intestino irritable (SII) (Ibarra-Castañeda et al., 2024).

Las causas de estreñimiento son variadas, entre las más relevantes se incluyen la ingesta baja de fibra y líquidos, la baja actividad física y las reacciones adversas a medicamentos, así como las asociadas a trastornos endocrinos y enfermedades neurológicas, (Bharucha et al., 2013).

Desde un punto de vista fisiológico, el estreñimiento puede afectar la integridad de la mucosa intestinal. Las células caliciformes epiteliales contribuyen al mantenimiento de la barrera mucosa mediante la secreción de un gel hidratante que protege al epitelio frente a irritantes mecánicos y químicos. El daño directo a las células epiteliales ocasionado por el estreñimiento puede comprometer esta función protectora, favoreciendo el desarrollo de complicaciones gastrointestinales como hemorroides y aumentando el riesgo de cáncer de colon (Ayari et al., 2025).

En este contexto, los productos naturales han ganado creciente atención debido a sus beneficios para la salud y a sus propiedades antioxidantes. Diversos reportes señalan que entre el 15 y el 20% de las personas bajo tratamiento farmacológico recurren de manera simultánea al uso de remedios a base de plantas (Ahad et al., 2020). Asimismo, se

estima que hasta el 75% de las personas con estreñimiento en Latinoamérica utiliza algún producto para aliviar esta afección; de este grupo, aproximadamente el 59% emplea laxantes estimulantes, mientras que el 38% opta por fuentes de fibra, agentes formadores de bolo fecal u otros compuestos complementarios (Remes-Troche et al., 2009).

En este sentido, el betabel ha ganado reconocimiento como un alimento funcional, debido a su potencial para contribuir a la prevención de enfermedades y al mantenimiento de la salud, por lo que el objetivo de esta revisión fue analizar y sintetizar la evidencia científica disponible sobre los efectos del betabel en la salud digestiva, con énfasis en su potencial terapéutico para la prevención y el manejo del estreñimiento, considerando el papel de su contenido de fibra dietética y compuestos bioactivos.

METODOLOGÍA.

Se realizó una revisión narrativa de la literatura científica con el propósito de identificar y sintetizar la evidencia disponible sobre los efectos del betabel en la salud digestiva, con énfasis en su potencial terapéutico para la prevención y el manejo del estreñimiento. La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo durante el primer semestre de 2026 en las bases de datos PubMed, Scopus, SciELO y Google Scholar, considerando publicaciones publicadas entre 2009 y 2026.

La estrategia de búsqueda incluyó los descriptores "*Beta vulgaris*", "beetroot", "estreñimiento", "constipation", "fibra dietética" (dietary fiber), "compuestos bioactivos" (bioactive compounds) y "efecto laxante" (laxative effect), combinados mediante los operadores booleanos AND y OR para ampliar y refinar la recuperación de la información.

Como criterios de inclusión se consideraron artículos originales, estudios preclínicos, estudios observacionales, ensayos clínicos, revisiones sistemáticas y metaanálisis publicados en español, inglés o portugués, que evaluaran el consumo de betabel o de sus componentes bioactivos y su relación con la salud digestiva, particularmente con el tránsito intestinal, la microbiota intestinal y el estreñimiento.

Se excluyeron resúmenes de congresos, cartas al editor, opiniones de expertos, tesis no indexadas,

publicaciones duplicadas, estudios con información metodológica insuficiente y aquellos cuyo contenido no abordaba la relación entre el betabel y la salud digestiva o no cumplía con los criterios de inclusión establecidos.

En total, la búsqueda permitió identificar 78 publicaciones. Sin embargo, tras la eliminación de registros duplicados y la evaluación del título, resumen y texto completo conforme a los criterios de selección, se excluyeron 58 documentos, obteniéndose una muestra final de 20 artículos, los cuales fueron analizados de forma crítica considerando su calidad metodológica, la claridad de los resultados y su pertinencia para los objetivos de la presente revisión.

Generalidades y componentes nutricionales del betabel.

El betabel pertenece a la familia *Amaranthaceae* y a la subfamilia *Betoideae*. En México, esta hortaliza es conocida como betabel, mientras que en Argentina, España y Cuba es conocida como remolacha, mientras que en Chile y Perú como betarraga (Cipriano et al., 2022). La clasificación del betabel ha sido objeto de múltiples revisiones a lo largo del tiempo. En la actualidad, se distinguen tres grupos principales, anteriormente considerados variedades y ahora reconocidos como cultivares: el grupo conditiva (betabel hortícola), el grupo altissima (betabel azucarero) y el grupo crassa (betabel forrajero). Aunque estos grupos pertenecen a la misma subespecie botánica y comparten la raíz engrosada, representan cultivos distintos debido a sus diferencias agronómicas y a los productos específicos que se obtienen de cada uno (Rattin et al., 2022).

En México, el betabel se consume fresco en ensaladas y se combina con otros ingredientes en diversos platillos culinarios tradicionales, incluyendo jugos, sopas, botanas y mermeladas (Muñoz-Reaño et al., 2026). Sin embargo, a pesar de su versatilidad culinaria, el consumo habitual de este vegetal sigue siendo bajo, por lo que propiedades benéficas no son aprovechadas (Cipriano et al., 2022). En la literatura, el betabel se describe como un vegetal con alto contenido de agua (65,7%) y carbohidratos (4-8%), y un bajo contenido de proteínas (1,4%), lípidos 0,4% y calorías (42/100g) (Fuentes-Barría et al., 2018).

Además, contiene vitaminas del complejo B (B1, B2, B3, B5, B6, folato, B12), A y C y minerales (manganeso, magnesio, potasio, sodio, fósforo, hierro, zinc, cobre, boro, silicio y selenio) (Saber et al., 2023). Asimismo, es una fuente importante de compuestos bioactivos, como se muestra en la figura 3, los cuales ejercen efectos benéficos sobre la salud, siendo hipolipemiantes, anti-inflamatorias, hipoglucemiantes, antimicrobianas, antihipertensivas, y gastrointestinales. (Ayari et al., 2025; Muñoz-Reaño et al., 2026).

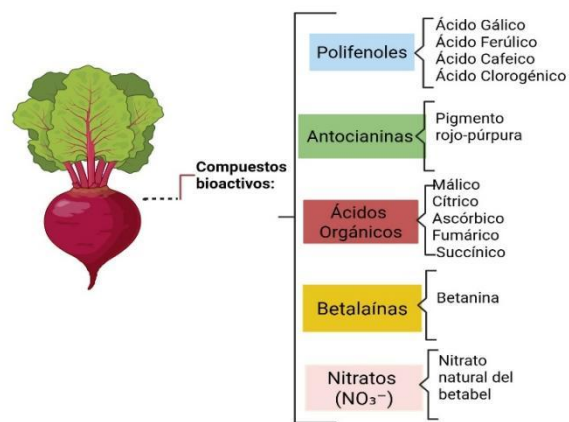


Figura 3. Compuestos Bioactivos presentes en el betabel. Elaborada en biorender.com

La salud digestiva es un aspecto fundamental del bienestar general, determinado por factores ambientales, sociales y nutricionales (Larrosa et al., 2022). Desde este aspecto nutricional, el consumo de fibra dietética se ha consolidado como una de las estrategias más eficaces para mejorar el tránsito intestinal y aliviar los síntomas asociados al estreñimiento. Tanto la fibra soluble como la insoluble han sido ampliamente estudiadas por su papel fundamental en la promoción de la salud digestiva. En particular, la fibra soluble presente en hortalizas, como el betabel, contribuye al incremento del volumen fecal mediante la absorción de agua, lo que acelera el tránsito intestinal y favorece evacuaciones más frecuentes. En pacientes que presentan estreñimiento crónico, este tipo de fibra ha demostrado ser útil para mejorar la consistencia de las heces y reducir el esfuerzo durante la defecación, lo que permite aliviar los síntomas sin recurrir al uso de laxantes.

Su mecanismo de acción se basa en la formación de un gel viscoso en el intestino, que suaviza las heces y facilita su eliminación (Barrios-Polanco et al., 2024).

El estado de salud intestinal está estrechamente vinculado con la composición y diversidad de la microbiota intestinal. Elementos como la alimentación, el estilo de vida y el empleo de antibióticos pueden modificar este ecosistema, provocando disbiosis y alteraciones en funciones fisiológicas importantes. Una microbiota equilibrada contribuye al mantenimiento de la barrera intestinal, a la síntesis de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) y a la regulación del metabolismo energético. En contraste, su desequilibrio se ha relacionado con trastornos como el estreñimiento, el síndrome de intestino irritable y diversas enfermedades metabólicas (Valdes et al., 2018).

Además, se ha observado que muchos de los efectos que el huésped ejerce sobre los microorganismos intestinales están mediados por la liberación de compuestos bioactivos producidos por las bacterias, los cuales pueden ser absorbidos y entrar en circulación sistémica. Entre estos metabolitos destacan los ácidos fenólicos derivados de una amplia gama de polifenoles presentes en plantas y los AGCC, generados a partir de la fermentación de carbohidratos no digeribles, que constituyen un componente esencial de la fibra dietética. La fibra presente en el betabel ejerce una función prebiótica al estimular el crecimiento de microorganismos benéficos como *Bifidobacterium* y *Lactobacillus*. Por otro lado, sus propiedades antioxidantes contribuyen a mitigar procesos inflamatorios en el entorno intestinal. Asimismo, se ha observado que su ingesta favorece la motilidad intestinal y ayuda a prevenir el estreñimiento (Clifford et al., 2015). Aunque se ha investigado ampliamente cómo la microbiota transforma los polifenoles dietéticos y los carbohidratos no digeribles por separado, actualmente existe creciente evidencia de que la degradación microbiana de polifenoles produce intermediarios y metabolitos finales bioactivos, como el ácido 3-hidroxifenilacético derivado del metabolismo de flavonoles como la rutina. Estos compuestos presentan una mayor biodisponibilidad en comparación con los polifenoles originales, lo

que podría explicar parte de los efectos benéficos atribuidos al consumo de alimentos ricos en compuestos fenólicos, como el betabel.

RESULTADOS.

El betabel representa una alternativa saludable para mejorar la salud intestinal incluyendo el estreñimiento, debido a que contiene una gran variedad de compuestos bioactivos (Cipriano et al., 2022). Diversos estudios sugieren que el betabel ejerce efectos significativos sobre diferentes órganos como: páncreas, hígado, colon. El betabel actúa como un laxante suave (Babarykin et al., 2019). Asimismo, se ha reportado que las betalainas tienen una alta capacidad antioxidante y antiinflamatoria (Clifford et al., 2015). La fibra fermentable presente hace que proliferen la microbiota intestinal, lo que conduce a un aumento de la biomasa fecal, aumentando la carga osmótica colónica y, por lo tanto, el contenido de agua en las heces. El contenido de fibra de esta hortaliza suele aumentar considerablemente cuando se consume en forma de jugo, polvo o extracto seco (Witek et al., 2022).

Por otra parte, se sabe que los taninos, al interactuar con proteínas, forman complejos proteína-tanato que pueden inducir la desnaturalización proteica, es decir, un cambio en la estructura de las proteínas que afecta su función original. Este proceso reduce la permeabilidad de la mucosa intestinal protegiéndola frente a agentes irritantes o patógenos, lo que favorece la resiliencia de la mucosa intestinal ayudando a mantener su integridad frente a procesos inflamatorios o infecciosos y de igual forma disminuye el tránsito hidroelectrolítico y gastrointestinal (Ayari et al., 2025).

En un estudio reciente en ratas Wistar macho de 15 semanas de edad, a las que se les administró jugo de betabel por vía oral (5 y 10 mg/kg de peso corporal) durante una semana, reportó una reducción significativa de diversos marcadores inflamatorios. Asimismo, el jugo de betabel contribuyó a preservar la integridad del epitelio colónico, al mantener el espesor de la mucosa y la cantidad de células caliciformes, además de proteger frente al incremento de marcadores inflamatorios, como citocinas proinflamatorias y

leucocitos. Adicionalmente, se evidenció un efecto laxante, al favorecer la motilidad colónica y gastrointestinal (Ayari et al., 2025).

Este efecto se atribuye a las funciones anti-inflamatorias de los polifenoles y la betanina presentes en el jugo, ambos reconocidos como potentes antioxidantes capaces de interferir en el ciclo de las especies reactivas de oxígeno, entendido como el proceso continuo de generación, propagación y neutralización de radicales libres en el organismo y la inflamación, mitigando el estrés oxidativo y la respuesta inflamatoria. Estas moléculas bioactivas contribuyen a reducir el estrés oxidativo al neutralizar especies reactivas de oxígeno como el radical superóxido y el peróxido de hidrógeno, e inhibir vías proinflamatorias clave como la ciclooxigenasa, la lipoxigenasa, el óxido nítrico sintasa inducible y la activación del factor de transcripción NF- κ B. Como resultado, disminuye la producción de citocinas proinflamatorias (TNF- α , IL-6, IL-1 β), se reduce la infiltración de células inmunes y se preserva la integridad de la mucosa intestinal, lo que favorece la estabilidad del entorno gastrointestinal, posicionando al betabel como un alimento funcional con potencial terapéutico frente a inflamaciones crónicas (Wu et al., 2019; Li et al., 2020).

Recientemente, Muñoz-Reaño et al. (2026) identificaron siete compuestos fenólicos en un extracto de betabel obtenido mediante extracción asistida por ultrasonido de alta intensidad. Entre los compuestos identificados se encontraron los ácidos protocatecuico, 4-hidroxibenzoico, gálico, cafeico, clorogénico, neoclorogénico y transferúlico.

Entre estos fitoquímicos, el ácido cafeico destaca por su elevada abundancia y por sus relevantes efectos antioxidantes y anticancerígenos en el contexto de la salud colónica. Este compuesto posee también la capacidad de neutralizar radicales libres y de modular vías inflamatorias, lo que contribuye a la protección de la mucosa intestinal frente al daño oxidativo. Además, estudios *in vitro* han demostrado que este ácido puede inducir apoptosis en células tumorales de colon, inhibiendo su proliferación y favoreciendo la integridad del tejido epitelial. Debido a estos efectos. En conjunto, estas propiedades posicionan

al ácido cafeico como un agente bioactivo con potencial terapéutico en la prevención de enfermedades inflamatorias y neoplásicas del tracto gastrointestinal (Herrera-Serna et al., 2019).

CONCLUSIONES.

El betabel es una opción natural y funcional para el manejo y o tratamiento del estreñimiento y la salud intestinal, gracias a su alto contenido de fibra y compuestos bioactivos con propiedades laxantes, antioxidantes y antiinflamatorias. Su incorporación en la dieta podría favorecer la motilidad gastrointestinal, fortalecer la barrera mucosa y reducir el riesgo de complicaciones asociadas, posicionándose como un alimento con potencial terapéutico para el manejo del estreñimiento. No obstante, se requieren de más ensayos clínicos para poder establecer la magnitud del poder terapéutico.

REFERENCIAS.

- Ahad, A., Raish, M., Bin Jordan, Y. A., Alam, M. A., Al-Mohizea, A. M., & Al-Jenoobi, F. I. (2020). Effect of Hibiscus sabdariffa and Zingiber officinale on the antihypertensive activity and pharmacokinetic of losartan in hypertensive rats. *Xenobiotica*, 50(7), 847-857. <https://doi.org/10.1080/00498254.2020.1729446>
- Ayari, A., Dakhli, N., Jedidi, S., Sammari, H., Arrari, F., & Sebai, H. (2025). Laxative and purgative actions of phytoactive compounds from beetroot juice against loperamide-induced constipation, oxidative stress, and inflammation in rats. *Neurogastroenterology and Motility*, 37(1). <https://doi.org/10.1111/nmo.14935>
- Babarykin, D., Smirnova, G., Pundinsh, I., Vasiljeva, S., Krumina, G., & Agejchenko, V. (2019). Red beet (Beta vulgaris) impact on human health. *Journal of biosciences and medicines*, 7(3), 61-79. <https://doi.org/10.4236/jbm.2019.73007>
- Barrios Polanco, K. A., Blanco Pérez, A. C., & Llanos Escobar, A. M. (2024). Evaluación en la evidencia científica disponible sobre el impacto del consumo de la fibra soluble e insoluble en

- la mejora del tránsito intestinal y el bienestar general en individuos con estreñimiento. <https://hdl.handle.net/20.500.12834/2093>
- Bharucha, A. E., Pemberton, J. H., & Locke, G. R. (2013). American Gastroenterological Association technical review on constipation. *Gastroenterology*, 144(1), 218–238. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2012.10.028>
- Ceclu, L., & Nistor, O. V. (2020). Red beetroot: Composition and health effects—A review. *J. Nutr. Med. Diet Care*, 6(1), 1-9. 10.23937/2572-3278.1510043. <https://doi.org/10.23937/2572-3278.1510043>
- Cipriano, J. G., Rojas, Q. Y. Z., Cansino, N. D. S. C., Román, M. E. M., Moreno, E. R., & Rosales, R. U. G. (2022). Uso del betabel (*Beta vulgaris*) como tratamiento alternativo en la anemia ferropénica. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, 10(20), 160-166. <https://doi.org/10.29057/icsa.v10i20.7743>
- Clifford, T., Howatson, G., West, DJ y Stevenson, EJ (2015). The potential benefits of red beetroot supplementation in health and disease. *Nutrients*, 7(4), 2801-2822. <https://doi.org/10.3390/nu7042801>
- Edwards, C. A., Havlik, J., Cong, W., Mullen, W., Preston, T., Morrison, D. J., & Combet, E. (2017). Polyphenols and health: Interactions between fibre, plant polyphenols and the gut microbiota. <https://doi.org/10.1111/nbu>.
- Fuentes-Barría, H., Muñoz Peña, D., Aguilera Eguía, R., & González Wong, C. (2018). Influencia de los compuestos bioactivos de betarraga (*Beta vulgaris* L) sobre el efecto cardio-protector: Una revisión narrativa. *Revista chilena de nutrición*, 45(2), 178-182. <http://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182018000300178>
- Herrera-Serna, B. Y., López-Soto, O. P., & Aguilera-Eguía, R. A. (2019). Consumo de café como factor protector contra cáncer oral y faríngeo: análisis crítico de la literatura. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 23(3), 194-200. <https://dx.doi.org/10.14306/renhyd.23.3.650>.
- Ibarra-Castañeda, D. R., Kawano-Soto, C. A., & Gómez-Castaños, P. C. (2024). Estreñimiento crónico: Un artículo de revisión. *Revista Médica de la Universidad Autónoma de Sinaloa REVMEUAS*, 14(1), 56-70. <http://dx.doi.org/10.28960/revmeduas.2007-8013.v14.n1.008>
- Li, B., Cheng, Z., Sun, X., Si, X., Gong, E., Wang, Y., Tian, J., Shu, C., Ma, F., Li, D., & Meng, X. (2020). Lonicera caerulea L. polyphenols alleviate oxidative stress-induced intestinal environment imbalance and lipopolysaccharide-induced liver injury in HFD-fed rats by regulating the Nrf2/HO-1/NQO1 and MAPK pathways. *Molecular Nutrition & Food Research*, 64(10), 1901315. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201901315>
- Muñoz-Reaño, P. I., Villagrán, Z., Aurora-Vigo, E. F., Rodríguez-Laffite, E., Silva-Jara, J. M., Montalvo-González, E., Schmieles, M., & Anaya-Esparza, L. M. (2026). Extraction Optimization of Phenolics from Beta Vulgaris Stems by High-Intensity Ultrasound with Response Surface Methodology Approach. *Trends in Sciences*, 23(4), 11399-11399. <https://doi.org/10.48048/tis.2026.11399>
- Remes-Troche, J., Carmona-Sánchez, R., González-Gutiérrez, M., Martínez-Salgado, J. C., Gómez-Escudero, O., Ramírez, A., Vázquez-Jiménez, G., García-Leiva, J., Abarca-Castrejon, M., & Roesch-Dietlen, F. (2009). ¿Qué se entiende por estreñimiento? Un estudio en población abierta. *Rev Gastroenterol Mex*, 74, 321-8. https://www.researchgate.net/profile/Alfredo-Ramirez-Gutierrez-De-Velasco/publication/340902540_Que_se_entiende_por_estrenimiento_Un_estudio_en_poblacion_abierta/links/5ea3397d299bf112560c1f27/Que-se-entiende-por-estrenimiento-Un-estudio-en-poblacion-abierta.pdf
- Rattin, J., Echarte, M., Barrera, L., Tognetti, J., & Di Benedetto, A. (2022). Las multifacéticas remolachas: una reevaluación de sus

posibilidades productivas a la luz de los conocimientos actuales. RIA. *Revista de investigaciones agropecuarias*, 48(1), 24-40. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-23142022000100024&lng=es&tlng=.

Saber, A., Abedimanesh, N., Somi, M. H., Khosroushahi, A. Y., & Moradi, S. (2023). Anticancer properties of red beetroot hydro-alcoholic extract and its main constituent; betanin on colorectal cancer cell lines. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 23(1), 246. <https://doi.org/10.1186/s12906-023-04077-7>

Valdes, A. M., Walter, J., Segal, E., & Spector, T. D. (2018). Role of the gut microbiota in nutrition and health. *Bmj*, 361. <https://doi.org/10.1136/bmj.k2179>

Witek, K., Wydra, K., & Filip, M. (2022). A high-sugar diet consumption, metabolism and health impacts with a focus on the development of substance use disorder: a narrative review. *Nutrients*, 14(14), 2940. <https://doi.org/10.3390/nu14142940>

Wu, XX, Huang, XL, Chen, RR, Li, T., Ye, HJ, Xie, W., Huang, Z., y Cao, GZ (2019). Paeoniflorin prevents intestinal barrier disruption and inhibits lipopolysaccharide (LPS)-induced inflammation in Caco-2 cell monolayers. *Inflammation*, 42(6), 2215-2225. <https://doi.org/10.1007/s10753-019-01085-z>

Contribución de los autores.

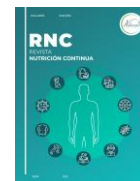
Conceptualización: E.R.G., J.A.M. y H.E.F.I.
Análisis formal: E.R.G., J.A.M., G.B.C. y H.E.F.I.
Investigación: E.R.G., J.A.M. y H.E.F.I. Validación: G.B.C. y H.E.F.I. Metodología: E.R.G., J.A.M., G.B.C. y H.E.F.I. Supervisión: M.A.A.-B. y J.L.C.-S. Visualización: E.R.G., J.A.M., G.B.C. y H.E.F.I. Recursos: E.R.G., J.A.M., G.B.C. y H.E.F.I. Redacción del borrador original: E.R.G., J.A.M. y H.E.F.I. Redacción, revisión y edición: todos los autores. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Agradecimientos.

Los autores agradecen departamento de investigación de la Universidad Vizcaya de las Américas, Campus Tulancingo, México, por las facilidades otorgadas para realizar la presente revisión.

Financiamiento

El presente trabajo no obtuvo financiamiento del sector público o privado para su realización.



Antioxidantes de origen alimentario y su impacto en el estrés oxidativo y la hipertensión: evidencia y mecanismos vía función endotelial

Dietary antioxidants and their impact on oxidative stress and hypertension: evidence and mechanisms via endothelial function

César Antonio Sánchez Cárdenas^{1**}, Lorenzo Hernández Olivas², Daniela Canizales Arce².

1. Facultad de Ciencia de la Nutrición y Gastronomía, Profesor asignatura, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, México.

2. Facultad de Ciencia de la Nutrición y Gastronomía, Maestría en Ciencias de la Nutrición y Alimentos Medicinales, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, México.

**Correspondencia: cesar.sanchez@uas.edu.mx

Palabras claves	RESUMEN
Hipertensión arterial; Estrés oxidativo; Antioxidantes; Función endotelial; polifenoles	Introducción: La hipertensión arterial es un problema de salud pública estrechamente relacionado con el estrés oxidativo y la disfunción endotelial. Diversos antioxidantes de origen alimentario podrían contribuir al control de la presión arterial. El objetivo de esta revisión narrativa fue sintetizar la evidencia disponible sobre el impacto de antioxidantes dietarios en el estrés oxidativo, la función endotelial y la hipertensión arterial. Método: Se realizó una revisión narrativa de literatura científica sobre vitaminas antioxidantes, carotenoides, polifenoles, alimentos y patrones dietéticos ricos en antioxidantes, así como sus mecanismos de acción y efectos sobre biomarcadores oxidativos y presión arterial. Resultados: La evidencia revisada indica que antioxidantes como polifenoles, carotenoides y vitaminas C y E pueden mejorar la biodisponibilidad de óxido nítrico, reducir especies reactivas de oxígeno y modular vías relacionadas con NADPH oxidasa, eNOS, endotelina-1 y sistema renina-angiotensina. Los alimentos y patrones dietéticos ricos en antioxidantes mostraron efectos más consistentes que los suplementos aislados. Sin embargo, los resultados sobre presión arterial fueron variables y generalmente modestos. Conclusión: Los antioxidantes de origen alimentario podrían actuar como coadyuvantes en el manejo de la hipertensión, especialmente dentro de patrones dietéticos saludables. No obstante, se requieren estudios clínicos mejor estandarizados para confirmar su relevancia clínica.
Keywords	ABSTRACT
Hypertension; Oxidative stress; Antioxidants; Endothelial function; Polyphenols	Introduction: Hypertension is a major public health problem closely associated with oxidative stress and endothelial dysfunction. Dietary antioxidants may contribute to blood pressure control. The aim of this narrative review was to synthesize the available evidence on the impact of food-derived antioxidants on oxidative stress, endothelial function, and hypertension. Method: A narrative review of the scientific literature was conducted on antioxidant vitamins, carotenoids, polyphenols, antioxidant-rich foods and dietary patterns, as well as their mechanisms of action and effects on oxidative biomarkers and blood pressure. Results: The reviewed evidence indicates that antioxidants such as polyphenols, carotenoids, and vitamins C and E may improve nitric oxide bioavailability, reduce reactive oxygen species, and modulate pathways related to NADPH oxidase, eNOS, endothelin-1, and the renin-angiotensin system. Antioxidant-rich foods and dietary patterns showed more consistent effects than isolated supplements. However, blood pressure outcomes were variable and generally modest. Conclusion: Food-derived antioxidants may serve as adjuvants in hypertension management, particularly when consumed as part of healthy dietary patterns. Nevertheless, better standardized clinical studies are needed to confirm their clinical relevance.

INTRODUCCIÓN.

La hipertensión arterial se define como una afección en la que la tensión de los vasos sanguíneos aumenta de manera persistente (Organización Mundial de la Salud, 2025); es una de las condiciones con mayor riesgo global de mortalidad y representa un factor de riesgo potencial para eventos cerebrovasculares, infarto agudo de miocardio, insuficiencia cardíaca, accidente cerebrovascular y muerte cardiovascular (Kintscher, 2013). De acuerdo con la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2021–2024, la prevalencia de hipertensión arterial en México en adultos de 20 años o más es de 29.1 % (Campos-Nonato et al., 2025). Asimismo, a nivel global,

constituye un importante problema de salud pública; en 2024 se estimó que 1.4 mil millones de personas la padecían, lo que equivale aproximadamente al 33 % de la población mundial (Organización Mundial de la Salud, 2025). Aunque la terapia farmacológica es un tratamiento eficaz, su uso se asocia con diversos efectos adversos, lo que puede contribuir a dificultades de adherencia terapéutica (Gebreyohannes et al., 2019). Ante este panorama, la intervención nutricional y un estilo de vida saludable tienen efectos beneficiosos para la prevención y control de la hipertensión arterial (Valero Zanuy, 2013), más allá de las modificaciones clásicas en la dieta, los compuestos bioactivos antioxidantes podrían influir de manera importante en el estrés oxidativo y la función

endotelial, ayudando a mejorar el control de la presión arterial (Czernichow et al., 2005; Guan et al., 2020; Qi et al., 2024). En la fisiopatología de la hipertensión se ve aumentado el estrés oxidativo debido al aumento de las especies reactivas de oxígeno (p. ej., NOX2/NADPH oxidasa, mitocondria y eNOS desacoplada). Esto reduce la producción de óxido nítrico, disminuyendo la vasodilatación, favoreciendo la vasoconstricción, rigidez y remodelación vascular, así como a la reabsorción renal de sodio; en conjunto eleva y mantiene la presión arterial (Harrison et al., 2021). Los compuestos bioactivos de fuentes vegetales como los compuestos fenólicos (p.ej., flavonoides) y carotenoides (pigmentos terpenoides), tienen un papel importante al mitigar los efectos dañinos de las especies reactivas de oxígeno y reducir el daño oxidativo. Por lo tanto, se ha reportado que estos compuestos tienen un efecto protector frente a enfermedades relacionadas a la presencia del estrés oxidativo (Chandimali et al., 2025). En consecuencia, resulta relevante la búsqueda y análisis de evidencia del papel de los antioxidantes provenientes de los alimentos como posibles coadyuvantes al tratamiento antihipertensivo. Por lo anterior, el objetivo de esta revisión narrativa fue sintetizar y discutir la evidencia disponible sobre el impacto de antioxidantes de origen alimentario en el estrés oxidativo, la función endotelial y el control de la presión arterial, destacando los mecanismos propuestos y la consistencia de los hallazgos.

METODOLOGÍA.

Se realizó una revisión narrativa de la literatura científica con el propósito de sintetizar la evidencia disponible sobre la relación entre antioxidantes de origen alimentario, estrés oxidativo, función endotelial e hipertensión arterial. La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo en bases de datos y fuentes académicas especializadas, incluyendo PubMed, Scopus, ScienceDirect, Google Scholar y Cochrane Library. El proceso de búsqueda se realizó hasta mayo de 2025 y consideró publicaciones comprendidas entre 1988 y 2025, con el propósito de integrar estudios clásicos relacionados con óxido nítrico, estrés oxidativo y función endotelial, así como evidencia reciente sobre antioxidantes alimentarios e hipertensión arterial. Se utilizaron términos de búsqueda en español e inglés, incluyendo: “hipertensión arterial”,

“estrés oxidativo”, “función endotelial”, “antioxidantes alimentarios”, “antioxidantes dietarios”, “polifenoles”, “carotenoides”, “vitamina C”, “vitamina E”, “óxido nítrico”, “NADPH oxidasa”, “sistema renina-angiotensina”, “hypertension”, “oxidative stress”, “endothelial function”, “dietary antioxidants”, “food-derived antioxidants”, “polyphenols”, “carotenoids”, “vitamin C”, “vitamin E”, “nitric oxide”, “NADPH oxidase” y “renin-angiotensin system”.

Se incluyeron artículos originales, revisiones narrativas, revisiones sistemáticas, metaanálisis, ensayos clínicos y estudios experimentales publicados principalmente en inglés y español, que abordaran mecanismos fisiopatológicos o efectos de antioxidantes dietarios sobre biomarcadores de estrés oxidativo, función endotelial o presión arterial. Se priorizaron publicaciones recientes, sin excluir estudios clásicos relevantes para explicar los mecanismos biológicos. Se excluyeron documentos sin relación directa con hipertensión, estrés oxidativo o antioxidantes alimentarios, así como publicaciones sin información metodológica suficiente. La información fue organizada de manera temática, integrando evidencia mecanística, experimental y clínica.

Hipertensión y estrés oxidativo.

El estrés oxidativo es un mecanismo de lesión que participa en varios procesos patológicos y se desencadena cuando hay un desequilibrio en la generación de especies reactivas de oxígeno (ERO) y los sistemas de defensa antioxidante. Los efectos de las ERO pueden interferir en procesos de comunicación y función celular, perjudicando distintos mecanismos que dependen del equilibrio redox (Hool & Corry, 2007; Kimura et al., 2005; Yoshioka et al., 2006). Se pueden sintetizar por vías enzimáticas y no enzimáticas, una de las principales es mediante un complejo enzimático que se encuentra en la membrana celular llamadas NADPH oxidasas; asimismo otras enzimas pueden contribuir a su producción como xantina oxidasa, la NO sintasa (NOS) y enzimas mitocondriales (Rodrigo et al., 2011). Además se ha reportado que el aumento de angiotensina II in vitro e in vivo provoca un aumento de ERO en las células del músculo liso vascular mediada por enzimas oxidasas NADPH (Griendling et al., 1994;

Rajagopalan et al., 1996). Del mismo modo las ERO a nivel renal, aumentan la reabsorción renal de sodio, elevando el volumen intravascular e incrementando el gasto cardíaco (Pavlov & Staruschenko, 2017). Sumado a esto en el endotelio, el óxido nítrico es un potente vasodilatador, antiinflamatorio y el aumento de la actividad de eNOS (óxido nítrico sintasa endotelial) beneficia la regulación de la presión arterial (Elmarakby et al., 2023). La síntesis de NO se lleva a cabo por una familia de enzimas NO-sintasas (NOS) en específico la óxido nítrico sintasa endotelial, que convierten al aminoácido L-arginina en L-citrulina y óxido nítrico (Palmer et al., 1988). El aumento de superóxido y otras especies reactivas de oxígeno puede inactivar al NO mediante oxidación y al oxidar la tetrahidrobiopterina (BH4), cofactor fundamental para la función de la óxido nítrico sintasa endotelial (eNOS) (Laursen et al., 2001; Somers et al., 2000). Asimismo pueden alterar el calibre y la reactividad vascular debido al aumento de la vasoconstricción, así como interfieren en el endurecimiento vascular y remodelación de las microarteriolas (L. Li et al., 2015; J. Wu et al., 2016). En hipertensión, la producción incrementada de ERO a través de estas vías contribuye a un círculo vicioso que mantiene la elevación de la presión arterial lo que propicia disfunción vascular y daño cardiovascular (Harrison et al., 2007). En conjunto, la sobreproducción de ERO, induce estrés oxidativo, disminuye la biodisponibilidad de NO, favorece la vasoconstricción, daño renal, la rigidez y remodelación vascular, contribuyendo la persistencia de la presión arterial (figura 1).

de la vía angiotensina II-NADPH oxidasa (NOX) aumentan la generación de ERO, lo cual provoca el desacoplamiento de eNOS y la disfunción endotelial. En paralelo, en la vía renal ERO, aumenta la reabsorción renal, volumen vascular y gasto cardíaco. En conjunto, estos cambios incrementan la vasoconstricción, rigidez vascular y resistencia periférica desencadenando un aumento de la presión arterial. (↑ indica aumento; ERO: especies reactivas de oxígeno; NO: óxido nítrico; BH4: tetrahidrobiopterina; eNOS: óxido nítrico sintasa endotelial).

Función endotelial como eje central.

Los vasos sanguíneos están constituidos por varios componentes, incluyendo células musculares lisas vasculares (CMLV), células endoteliales y tejido adventicio; el endotelio está constituido por una sola capa delgada de células (Rajendran et al., 2013); tiene funciones importantes como el mantenimiento del tono vascular basal, filtración de líquidos, reclutamiento de neutrófilos y transporte de hormonas (Durand & Guterman, 2013). El desequilibrio de la síntesis y secreción de factores endoteliales capaces de relajar el músculo liso vascular contribuye a la aparición de la disfunción endotelial (López-Miranda Gonzalez & Aleixandre de Artiñano, 1999). El endotelio regula el tono vascular mediante la liberación de compuestos vasodilatadores (prostaciclina, óxido nítrico (NO) y factor hiperpolarizante derivado del endotelio (EDHF)) y vasoconstrictores (endoperóxidos, tromboxano A2, aniones superóxido ($O_2^{\bullet-}$) y endotelina) (Vanhoutte, 1996). En hipertensión, este balance se desplaza hacia un fenotipo vasoconstrictor, por disminución de óxido nítrico (NO) y mayor síntesis de mediadores contráctiles, como péptidos vasoconstrictores (endotelina-1, angiotensina II), especies reactivas de oxígeno como los superóxidos y metabolitos del ácido araquidónico con efecto contráctil (Vanhoutte et al., 2005). En este sentido, estímulos como la angiotensina II puede activar la NADPH oxidasa (NOX1), aumentando la generación de superóxido. El superóxido reacciona con el NO y forma peroxinitrito, el cual oxida BH4 (cofactor de eNOS) y promueve el desacoplamiento de eNOS; así, eNOS produce más superóxido en vez de NO, se perpetúa el estrés oxidativo y se desencadenan disfunción endotelial, menor vasodilatación y presión arterial elevada (Q. Li et al., 2015), contribuyendo al aumento de la resistencia vascular periférica.

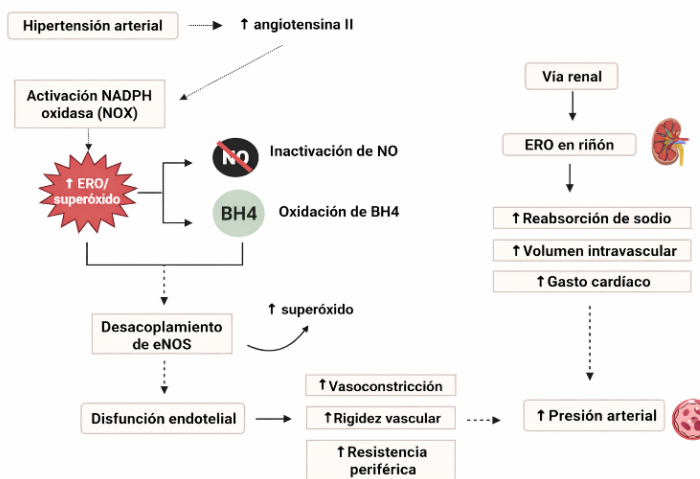


Figura 1 **Mecanismos ERO-NO en hipertensión arterial: NOX, BH4/eNOS y vía renal.** En la hipertensión, la activación

Antioxidantes alimentarios.

Definición y clasificación.

Los antioxidantes son un conjunto de moléculas que tienen un papel clave al neutralizar radicales libres y especies reactivas de oxígeno (ERO), así como al retardar la oxidación de otras moléculas; por ello se ha propuesto que pueden ayudar a retrasar o prevenir la progresión de enfermedades crónicas (Sun & Johnson, 2015). De manera general, se clasifican en exógenos obtenidos a través de la dieta (vitaminas, minerales, carotenoides, polifenoles) y endógenos, conformados por el sistema antioxidante del organismo. Este último incluye componentes enzimáticos (p. ej., catalasa, superóxido dismutasa, glutatión reductasa) y no enzimáticos (p. ej., ácido lipoico, ubiquinona, aminoácidos) (Flieger et al., 2021). A continuación, se describen las principales fuentes alimentarias de antioxidantes exógenos.

Vitaminas y minerales.

Entre las fuentes con mayor contenido de vitamina C se encuentran el pimiento morrón rojo, kiwi, fresa y cebollín, repollo morado, naranja y limón, aunque su contenido puede variar según madurez y procesamiento (Pearson et al., 2017; Yang & Xu, 2016). Por otro lado, la vitamina E (alfa-tocoferol) se reporta en mayor proporción en aceites comestibles (p. ej., aceite de cártamo y girasol), seguida de semillas y frutos secos (p. ej., almendras, semilla de girasol, avellanas) algunas verduras (p. ej., espinacas, brócoli, tomate) y frutas (p. ej., kiwi y mango) (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Investigación Agrícola, 2019). En cuanto a la Vitamina A (retinol) destaca principalmente en alimentos de origen animal como, hígado, leche entera, yema de huevo y productos lácteos (Food and Agriculture Organization of the United Nations & World Health Organization, 2002). Entre los minerales con función antioxidante se incluyen selenio, zinc, hierro, cobre y manganeso (Wołonciej et al., 2016); sus fuentes alimentarias incluyen carnes, pescado, cereales listos para comer, frutos secos y leguminosas (Pennington & Young, 1990).

Carotenoides y polifenoles.

Los principales carotenoides con un importante papel antioxidante son α -caroteno, β -caroteno, licopeno, β -criptoxantina, luteína y zeaxantina (Bahonar et al., 2017). Los carotenoides se obtienen principalmente de zanahoria y calabaza (α -caroteno), frutas y verduras naranja/verde oscuro (β -caroteno), tomate y derivados (licopeno), frutas tropicales y pimientos rojos (β -criptoxantina), verduras de hoja verde y maíz (luteína) y yema de huevo, maíz y hojas verdes (zeaxantina) (Holden et al., 1999). En cuanto a los polifenoles destacan flavonas, flavanonas, flavonoles, flavanoles, antocianinas, isoflavonas y ácidos fenólicos (G. Fraga et al., 2019; Manach et al., 2004); Los ácidos fenólicos se encuentran principalmente en frutas rojas, cebolla, fresas, frambuesas, mora, mango y café. Los flavonoles están presentes en cebolla, col rizada, arándanos, brócoli; las flavonas se reportan en perejil, apio, cereales (mijo, trigo) y piel de los cítricos; las flavononas se encuentran en tomates, frutas cítricas (pomelo, naranja, limón); las isoflavonas están presentes de manera casi exclusiva en las leguminosas; y, por ultimo las antocianinas se identifican en cereales, vino tinto, rábano, cebollas, repollo, berenjenas, frijol y en la piel y pulpa de frutas como cereza y fresa (Manach et al., 2004). En conjunto, estos antioxidantes provenientes de la dieta poseen compuestos capaces de modular el equilibrio redox, por ello su estudio es pertinente en la hipertensión como enfermedad crónica asociada al estrés oxidativo.

Polifenoles y presión arterial.

Los polifenoles representan uno de los grupos de antioxidantes alimentarios con mayor evidencia experimental y clínica relacionada con la función vascular. Diversos estudios han señalado que estos compuestos pueden favorecer la biodisponibilidad de óxido nítrico, modular mediadores vasoconstrictores como endotelina-1 y atenuar vías asociadas con estrés oxidativo, incluyendo NADPH oxidasa y el sistema renina-angiotensina. Estos mecanismos se han relacionado con mejoras en la función endotelial y con reducciones modestas de la presión arterial en algunos estudios en humanos, revisiones y metaanálisis. Sin embargo, la magnitud del efecto puede variar según el tipo de polifenol, la dosis, la

matriz alimentaria, la biodisponibilidad y las características de la población evaluada.

Evidencia por grupos de antioxidantes alimentarios.

Vitaminas antioxidantes y carotenoides.

Una revisión sistemática indica que las vitaminas A, C y E combaten las ERO al modificar la expresión génica y favorecer la producción de NO, potenciando la vasodilatación (Młynarska et al., 2024). Asimismo, se ha evidenciado que los carotenoides modulan vías redox e inflamatorias vinculadas a la función endotelial, con efectos positivos en ECV, incluida la HTA, por su acción antioxidante (Kaulmann & Bohn, 2014; Wolak & Paran, 2013).

Una revisión de ensayos clínicos concluyó que los carotenoides pueden reducir la HTA en humanos y animales, con posible participación de NADPH oxidasa, citocinas inflamatorias y angiotensina II (Abbasian et al., 2023); no obstante, otros estudios no observaron dicho efecto (Gajendragadkar et al., 2014; Ried et al., 2009).

Ácido ascórbico.

La vitamina C es un compuesto hidrosoluble que cumple importantes funciones antioxidantes en el organismo, por lo que tiene el potencial para proteger proteínas, lípidos, carbohidratos y ácidos nucleicos (ADN y ARN) contra el daño oxidativo causado por diversos radicales libres y otras especies reactivas (Carr & Frei, 1999). El ácido ascórbico es un nutriente esencial; a diferencia de la mayoría de los mamíferos, los humanos no pueden sintetizar vitamina C, por lo que debe obtenerse a través de la dieta (Office of Dietary Supplements (ODS), National Institutes of Health, 2021).

Vitamina E.

La vitamina E incluye dos familias de compuestos liposolubles: tocoferoles y tocotrienoles, presentes en los alimentos en distintas proporciones (Sen et al., 2006). En humanos, el α -tocopherol predomina en circulación debido a un transporte hepático selectivo, mientras que otros isómeros se metabolizan con mayor rapidez. Su función

principal se relaciona con su acción antioxidante en ambientes lipídicos, limitando la oxidación de lípidos (O'Byrne et al., 2000).

Carotenoides.

Los carotenoides son compuestos de origen vegetal (Maoka, 2020). En la dieta están presentes carotenoides como alfa-caroteno, betacaroteno y licopeno, así como xantofilas como beta-criptoxantina, luteína y zeaxantina (Islam & Gracia, 2013). Su biodisponibilidad limitada puede atribuirse a la matriz del alimento, sin embargo, procesos como el cortado y la cocción pueden incrementarla (Parker et al., 1999). Para que sean absorbidos a nivel intestinal, estos deben ser liberados de la matriz e incorporados a micelas; por lo tanto, una cantidad mínima de grasas (3-5 g) en una comida es requerida para asegurar su eficiente absorción intestinal (Widjaja-Adhi & Golczak, 2020).

En conjunto, las vitaminas antioxidantes y los carotenoides pueden contribuir al equilibrio redox y a la protección vascular; sin embargo, la evidencia sobre reducción directa de la presión arterial es variable. Por ello, su efecto parece ser más consistente cuando forman parte de alimentos o patrones dietéticos saludables que cuando se administran como suplementos aislados.

Evidencia con alimentos vs suplementos.

La evidencia epidemiológica y clínica sugiere que el riesgo relativo (RR) de desarrollar o morir por enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) se asocia de manera inversa con la ingesta de alimentos ricos en antioxidantes, particularmente frutas y hortalizas (Hung et al., 2004). Sin embargo, estos beneficios no se reproducen necesariamente con la suplementación aislada. Aunque las vitaminas antioxidantes (p. ej., C y E) han mostrado efectos biológicos en algunos contextos, una revisión de la Cochrane Library concluyó que no existe evidencia suficiente para recomendar suplementos antioxidantes para la prevención primaria o secundaria de ECNT y que, en algunos casos, la suplementación con vitamina A, betacaroteno y vitamina E puede asociarse con aumento de mortalidad (Bjelakovic et al., 2008). En concordancia, *guías clínicas* recientes señalan que no se debe utilizar la suplementación vitamínica

adicional para disminuir la mortalidad por enfermedad coronaria (Rao et al., 2025). La evidencia sugiere que los suplementos antioxidantes aislados no replican los beneficios de los alimentos completos.

Grupos de alimentos ricos en antioxidantes y su relación con la presión arterial.

Nueces.

La suplementación de una dieta habitual con nueces durante dos años redujo la presión arterial sistólica (PAS) y la PAS media ambulatoria de 24 h en pacientes con HTA elevada y leve en comparación con una dieta habitual sin nueces, sin embargo, estos resultados deben confirmarse en personas más jóvenes y en cohortes no mediterráneas (Domènech et al., 2019). No está completamente claro si los efectos cardiovasculares de las nueces se deben principalmente a su perfil de ácidos grasos, incluido el ácido α -linolénico (ALA) o a otros compuestos bioactivos presentes en su matriz. En un estudio se compararon tres intervenciones dietéticas: una dieta enriquecida con nueces (7% de AGS, 16% de AGP, 3% de ALA y 9% de AGM), una dieta con nueces y una mezcla específica de ácidos grasos, y una dieta con sustitución por ALA y ácido oleico (7% de AGS, 14% de AGP, 0.5% de ALA y 12% de AGM). Los autores concluyeron que sustituir AGS por AGP provenientes de nueces y aceites vegetales, junto con AGM, mejora significativamente algunos factores de riesgo cardiovascular como colesterol total y LDL, sin cambios relevantes en HDL; además, se observó una reducción de la presión arterial diastólica. (Tindall et al., 2019).

Aceite de oliva vs Frutos secos en la presión arterial.

La evidencia científica ha mostrado que las dietas mediterráneas enriquecidas con aceite de oliva extra virgen o frutos secos mixtos reducen las tasas de incidencia de ECV, incluso en personas con alto riesgo cardiovascular (Domènech et al., 2014). Por otro lado, un estudio comparó los efectos de 50 ml de aceite de oliva rico en polifenoles y 30 g frutos secos mixtos en dietas mediterráneas sobre la presión arterial y índices lipídicos séricos en

personas con riesgo de ECV incluida la HTA. Reportando que ambas dietas suplementadas no muestran diferencias significativas en el índice lipídico ni en la PAD, pero sí se observa que el aceite de oliva produce una disminución de PAS comparada con los frutos secos mixtos, sin embargo, se necesitan más estudios en diversas poblaciones (Pourrajab et al., 2025).

Leguminosas.

En un ensayo se comparó la dieta DASH original con una versión de DASH enriquecida con leguminosas (incremento de al menos una porción) y con reducción de una porción de carnes rojas durante 16 semanas. Los autores reportaron que, para reducir la presión arterial, fue más efectivo aumentar el consumo de leguminosas y mantener un patrón dietario alto en vegetales; en contraste, una mayor ingesta de dulces, calorías y sodio se asoció con incrementos en la presión arterial (Hosseinpour-Niazi et al., 2022).

Biomarcadores de estrés oxidativo en estudios humanos.

En estudios humanos, el estrés oxidativo suele evaluarse mediante biomarcadores que reflejan daño oxidativo o capacidad antioxidante. Entre los más utilizados se incluyen Malondialdehído (MDA), Sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS), la 8-hidroxidesoxiguanosina (8- OHdG) el glutatión (GSH), catalasa (CAT) la superóxido dismutasa (SOD), Capacidad antioxidante total (CAT), Glutatión peroxidasa (Gpx), los isoprostanos, peroxidación lipídica (LPO), Estado Oxidante total (TOS) y el Estado antioxidante total (TAS), más comunes de la revisión por estudios controlados (S et al., 2024). No obstante, algunos biomarcadores de estrés oxidativo tienen limitaciones metodológicas y de especificidad; por ello, deben interpretarse con cautela y complementarse (Murphy et al., 2022).

Implicaciones prácticas y limitaciones.

Patrones dietéticos y alimentos.

Estudios epidemiológicos han reportado que un mayor consumo de frutas, hortalizas y legumbres se asocia con un menor riesgo de diversas

patologías crónicas, incluida la enfermedad cardiovascular, correlacionado al contenido de antioxidantes como ácido ascórbico, carotenoides y flavonoides (Agudo et al., 2007; Boffetta et al., 2010; Chun et al., 2010). La OMS recomienda una ingesta mínima de 400 g/día (5 porciones de vegetales y frutas), considerado como un aporte óptimo de antioxidantes en el organismo (OPS/OMS, 2025). Sin embargo, la biodisponibilidad varía entre compuestos y depende de factores como su estructura química, la matriz alimentaria en la que se encuentra y el procesamiento, lo cual influye en su digestión, absorción y transporte hacia tejidos diana (D'Archivio et al., 2010; Liu et al., 2024). Aunque el consumidor no puede modificar directamente estos factores, incrementar el consumo de alimentos ricos en antioxidantes puede aumentar la ingesta total de estos compuestos.

Adherencia y viabilidad.

A pesar de los beneficios potenciales de las modificaciones dietéticas, la aplicabilidad clínica depende de la adherencia. Una revisión sistemática enfocada en pacientes hipertensos reportó que la adherencia a largo plazo a cambios del estilo de vida puede ser baja (5 - 56%), influenciado por barreras económicas, falta de tiempo para preparar alimentos, baja aceptación de dietas recomendadas entre otros factores (Alanazi et al., 2025). De manera consistente una mayor adherencia a patrones saludables se asocia con menor riesgo de hipertensión en comparación con una menor adherencia (Theodoridis et al., 2023).

Confusores y cointervenciones.

La ingesta baja de potasio se ha asociado con mayor riesgo de hipertensión y aumentar su consumo podría ser beneficioso en poblaciones con una dieta baja en dicho mineral (Noh et al., 2015). Los cambios en la dieta pueden modificar la presión arterial, no solo por el consumo de antioxidantes en específico, sino también por otros nutrientes como el sodio y potasio (M. Li et al., 2020). Además el peso corporal y la pérdida de peso influyen de manera positiva en el control de la presión arterial, por lo que pueden confundir efectos atribuibles a los antioxidantes (Jones et al., 2025). Finalmente, actividad física, alcohol,

tabaquismo, calidad general de la dieta, edad y sexo son factores que pueden modificar los resultados.

CONCLUSIONES

En conclusión, la evidencia revisada sugiere que el estrés oxidativo y la disfunción endotelial son ejes centrales en la fisiopatología de la hipertensión arterial, y que diversos antioxidantes de origen alimentario, en particular los polifenoles, pueden contribuir a mejorar la biodisponibilidad de óxido nítrico, atenuar la producción de especies reactivas de oxígeno y modular vías vasoactivas como NOX, endotelina-1 y el sistema renina-angiotensina. No obstante, los resultados en presión arterial suelen ser modestos y variables, influenciados por la heterogeneidad de compuestos, dosis, biodisponibilidad, duración de las intervenciones, características poblacionales y confusores dietéticos (sodio/potasio, peso, actividad física). En conjunto, los hallazgos apoyan que los alimentos y patrones dietéticos ricos en antioxidantes podrían funcionar como estrategia coadyuvante en el manejo de la hipertensión, pero se requieren estudios clínicos mejor estandarizados y de mayor duración que definan con mayor precisión qué compuestos, dosis y contextos ofrecen beneficios clínicamente relevantes.

Financiamiento: El presente trabajo no obtuvo financiamiento del sector público o privado para su realización.

Contribuciones: Idea, C.A.S.C.; revisión de literatura (estado del arte), C.A.S.C., D.C.A. Y L.H.O.; metodología, C.A.S.C. Y L.H.O.; análisis de datos, C.A.S.C. Y D.C.A.; resultados, C.A.S.C., D.C.A. Y L.H.O.; discusión y conclusiones, C.A.S.C. Y L.H.O.; redacción del borrador original, C.A.S.C. Y D.C.A.; revisión, edición y corrección final del manuscrito, C.A.S.C., D.C.A. Y L.H.O.

REFERENCIAS.

- Abbasian, F., Alavi, M. S., & Roohbakhsh, A. (2023). Dietary carotenoids to improve hypertension. *Heliyon*, 9(9), e19399. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19399>
- Agudo, A., Cabrera, L., Amiano, P., Ardanaz, E., Barricarte, A., Berenguer, T., Chirlaque, M. D., Dorronsoro, M., Jakyszyn, P., Larrañaga, N.,

- Martínez, C., Navarro, C., Quirós, J. R., Sánchez, M. J., Tormo, M. J., & González, C. A. (2007). Fruit and vegetable intakes, dietary antioxidant nutrients, and total mortality in Spanish adults: Findings from the Spanish cohort of the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC-Spain)2. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 85(6), 1634-1642. <https://doi.org/10.1093/ajcn/85.6.1634>
- Alanazi, Z., Alanazi, R., Alanazi, H., & Alanazi, J. (2025). A systematic review of adherence to lifestyle modifications by hypertensive patients. *Eastern Mediterranean Health Journal = La Revue De Sante De La Mediterranee Orientale = Al-Majallah Al-Sihhiyah Li-Sharq Al-Mutawassit*, 31(9 & 10), 590-596. <https://doi.org/10.26719/2025.31.10.590>
- Anter, E., Thomas, S. R., Schulz, E., Shapira, O. M., Vita, J. A., & Keaney, J. F. (2004). Activation of Endothelial Nitric-oxide Synthase by the p38 MAPK in Response to Black Tea Polyphenols *. *Journal of Biological Chemistry*, 279(45), 46637-46643. <https://doi.org/10.1074/jbc.M405547200>
- Bahonar, A., Saadatnia, M., Khorvash, F., Maracy, M., & Khosravi, A. (2017). Carotenoids as Potential Antioxidant Agents in Stroke Prevention: A Systematic Review. *International Journal of Preventive Medicine*, 8, 70. https://doi.org/10.4103/ijpvm.IJPVM_112_17
- Bjelakovic, G., Nikolova, D., Gluud, L. L., Simonetti, R. G., & Gluud, C. (2008). *Antioxidant supplements for prevention of mortality in healthy participants and patients with various diseases. Cochrane Database of Systematic Reviews*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD007176>
- Campos-Nonato, I., Monterrubio-Flores, E., Ramírez-Villalobos, D., Arias-Mendoza, M. A., Gómez-Álvarez, E., Alcocer-Díaz-Barreiro, L., Basto-Abreu, A., Reyes-García, A., Medina-García, C., Hernández-Barrera, L., & Barquera, S. (2025). Hipertensión arterial en adultos y brechas de atención a nivel nacional y estatal, Ensanut 2021-2024. *Salud Publica De Mexico*, 67(6(nov-dic)), 633-643. <https://doi.org/10.21149/17102>
- Carr, A., & Frei, B. (1999). Does vitamin C act as a pro-oxidant under physiological conditions? *FASEB Journal: Official Publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology*, 13(9), 1007-1024. <https://doi.org/10.1096/fasebj.13.9.1007>
- Chandimali, N., Bak, S. G., Park, E. H., Lim, H.-J., Won, Y.-S., Kim, E.-K., Park, S.-I., & Lee, S. J. (2025). Free radicals and their impact on health and antioxidant defenses: A review. *Cell Death Discovery*, 11(1), 19. <https://doi.org/10.1038/s41420-024-02278-8>
- Chun, O. K., Floegel, A., Chung, S.-J., Chung, C. E., Song, W. O., & Koo, S. I. (2010). Estimation of Antioxidant Intakes from Diet and Supplements in U.S. Adults, . *The Journal of Nutrition*, 140(2), 317-324. <https://doi.org/10.3945/jn.109.114413>
- Czernichow, S., Bertrais, S., Blacher, J., Galan, P., Briançon, S., Favier, A., Safar, M., & Hercberg, S. (2005). Effect of supplementation with antioxidants upon long-term risk of hypertension in the SU.VI.MAX study: Association with plasma antioxidant levels. *Journal of Hypertension*, 23(11), 2013-2018. <https://doi.org/10.1097/01.hjh.0000187259.94448.8a>
- D'Archivio, M., Filesi, C., Vari, R., Scazzocchio, B., & Masella, R. (2010). Bioavailability of the Polyphenols: Status and Controversies. *International Journal of Molecular Sciences*, 11(4), 1321-1342. <https://doi.org/10.3390/ijms11041321>
- Desch, S., Schmidt, J., Kobler, D., Sonnabend, M., Eitel, I., Sareban, M., Rahimi, K., Schuler, G., & Thiele, H. (2010). Effect of cocoa products on blood pressure: Systematic review and meta-analysis. *American Journal of Hypertension*, 23(1), 97-103. <https://doi.org/10.1038/ajh.2009.213>
- Doménech, M., Roman, P., Lapetra, J., García de la Corte, F. J., Sala-Vila, A., de la Torre, R., Corella, D., Salas-Salvadó, J., Ruiz-Gutiérrez, V., Lamuela-Raventós, R.-M., Toledo, E., Estruch, R., Coca, A., & Ros, E. (2014). Mediterranean diet reduces 24-hour ambulatory blood pressure, blood glucose, and lipids: One-year randomized, clinical trial. *Hypertension*, 64(1), 69-76. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.113.03353>
- Doménech, M., Serra-Mir, M., Roth, I., Freitas-Simoes, T., Valls-Pedret, C., Cofán, M., López, A., Sala-Vila, A., Calvo, C., Rajaram, S.,

- Sabaté, J., & Ros, E. (2019). Effect of a Walnut Diet on Office and 24-Hour Ambulatory Blood Pressure in Elderly Individuals. *Hypertension*, 73(5), 1049-1057. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.118.12766>
- Durand, M. J., & Gutterman, D. D. (2013). Diversity in mechanisms of endothelium-dependent vasodilation in health and disease. *Microcirculation*, 20(3), 239-247. <https://doi.org/10.1111/micc.12040>
- Elmarakby, A. A., Saad, K. M., Crislip, G. R., & Sullivan, J. C. (2023). Acute nitric oxide synthase inhibition induces greater increases in blood pressure in female versus male Wistar Kyoto rats. *Physiological Reports*, 11(15), e15771. <https://doi.org/10.14814/phy2.15771>
- Flieger, J., Flieger, W., Baj, J., & Maciejewski, R. (2021). Antioxidants: Classification, Natural Sources, Activity/Capacity Measurements, and Usefulness for the Synthesis of Nanoparticles. *Materials*, 14(15), 4135. <https://doi.org/10.3390/ma14154135>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations & World Health Organization. (2002). Chapter 7. Vitamin A. En *Human vitamin and mineral requirements: Report of a joint FAO/WHO expert consultation*. <https://www.fao.org/4/y2809e/y2809e0d.htm#bm13>
- Gajendragadkar, P. R., Hubsch, A., Mäki-Petäjä, K. M., Serg, M., Wilkinson, I. B., & Cheriyan, J. (2014). Effects of Oral Lycopene Supplementation on Vascular Function in Patients with Cardiovascular Disease and Healthy Volunteers: A Randomised Controlled Trial. *PLoS ONE*, 9(6), e99070. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0099070>
- Galleano, M., Pechanova, O., & Fraga, C. G. (2010). Hypertension, nitric oxide, oxidants, and dietary plant polyphenols. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 11(8), 837-848. <https://doi.org/10.2174/138920110793262114>
- Gebreyohannes, E. A., Bhagavathula, A. S., Abebe, T. B., Tefera, Y. G., & Abegaz, T. M. (2019). Adverse effects and non-adherence to antihypertensive medications in University of Gondar Comprehensive Specialized Hospital. *Clinical Hypertension*, 25(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s40885-018-0104-6>
- G. Fraga, C., D. Croft, K., O. Kennedy, D., & A. Tomás-Barberán, F. (2019). The effects of polyphenols and other bioactives on human health. *Food & Function*, 10(2), 514-528. <https://doi.org/10.1039/C8FO01997E>
- Griendling, K. K., Minieri, C. A., Ollerenshaw, J. D., & Alexander, R. W. (1994). Angiotensin II stimulates NADH and NADPH oxidase activity in cultured vascular smooth muscle cells. *Circulation Research*, 74(6), 1141-1148. <https://doi.org/10.1161/01.res.74.6.1141>
- Guan, Y., Dai, P., & Wang, H. (2020). Effects of vitamin C supplementation on essential hypertension: A systematic review and meta-analysis. *Medicine*, 99(8), e19274. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000019274>
- Guerrero, L., Castillo, J., Quiñones, M., Garcia-Vallvé, S., Arola, L., Pujadas, G., & Muguerza, B. (2012). Inhibition of Angiotensin-Converting Enzyme Activity by Flavonoids: Structure-Activity Relationship Studies. *PLoS ONE*, 7(11), e49493. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0049493>
- Harrison, D. G., Coffman, T. M., & Wilcox, C. S. (2021). Pathophysiology of Hypertension. *Circulation Research*, 128(7), 847-863. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.121.318082>
- Harrison, D. G., Gongora, M. C., Guzik, T. J., & Widder, J. (2007). Oxidative stress and hypertension. *Journal of the American Society of Hypertension*, 1(1), 30-44. <https://doi.org/10.1016/j.jash.2006.11.006>
- Holden, J. M., Eldridge, A. L., Beecher, G. R., Marilyn Buzzard, I., Bhagwat, S., Davis, C. S., Douglass, L. W., Gebhardt, S., Haytowitz, D., & Schakel, S. (1999). Carotenoid Content of U.S. Foods: An Update of the Database. *Journal of Food Composition and Analysis*, 12(3), 169-196. <https://doi.org/10.1006/jfca.1999.0827>
- Hool, L. C., & Corry, B. (2007). Redox control of calcium channels: From mechanisms to therapeutic opportunities. *Antioxidants & Redox Signaling*, 9(4), 409-435. <https://doi.org/10.1089/ars.2006.1446>
- Hosseinpour-Niazi, S., Hadaegh, F., Mirmiran, P., Daneshpour, M. S., Mahdavi, M., & Azizi, F. (2022). Effect of legumes in energy reduced dietary approaches to stop hypertension (DASH) diet on blood pressure among

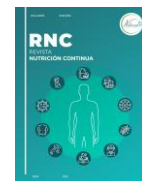
- overweight and obese type 2 diabetic patients: A randomized controlled trial. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, 14, 72. <https://doi.org/10.1186/s13098-022-00841-w>
- Hung, H.-C., Joshipura, K. J., Jiang, R., Hu, F. B., Hunter, D., Smith-Warner, S. A., Colditz, G. A., Rosner, B., Spiegelman, D., & Willett, W. C. (2004). Fruit and vegetable intake and risk of major chronic disease. *Journal of the National Cancer Institute*, 96(21), 1577-1584. <https://doi.org/10.1093/jnci/djh296>
- Islam, M., & Gracia, F. (2013). Los Antioxidantes para la Salud Óptima. *Revista Médico Científica*, 26(2). <https://www.revistamedicocientifica.org/index.php/rmc/article/view/371>
- Jimenez, R., Lopez-Sepulveda, R., Romero, M., Toral, M., Cogolludo, A., Perez-Vizcaino, F., & Duarte, J. (2015). Quercetin and its metabolites inhibit the membrane NADPH oxidase activity in vascular smooth muscle cells from normotensive and spontaneously hypertensive rats. *Food & Function*, 6(2), 409-414. <https://doi.org/10.1039/c4fo00818a>
- Jones, D. W., Ferdinand, K. C., Taler, S. J., Johnson, H. M., Shimbo, D., Abdalla, M., Altieri, M. M., Bansal, N., Bello, N. A., Bress, A. P., Carter, J., Cohen, J. B., Collins, K. J., Commodore-Mensah, Y., Davis, L. L., Egan, B., Lloyd-Jones, D. M., Melnyk, B. M., Mistry, E. A., ... Williamson, J. D. (2025). 2025 AHA/ACC/AANP/AAPA/ABC/ACCP/ACPM/AGS/AMA/ASPC/NMA/PCNA/SGIM Guideline for the Prevention, Detection, Evaluation and Management of High Blood Pressure in Adults: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*, 152(11). <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001356>
- Kaulmann, A., & Bohn, T. (2014). Carotenoids, inflammation, and oxidative stress—Implications of cellular signaling pathways and relation to chronic disease prevention. *Nutrition Research*, 34(11), 907-929. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2014.07.010>
- Kimura, S., Zhang, G.-X., Nishiyama, A., Shokoji, T., Yao, L., Fan, Y.-Y., Rahman, M., & Abe, Y. (2005). Mitochondria-Derived Reactive Oxygen Species and Vascular MAP Kinases. *Hypertension*, 45(3), 438-444. <https://doi.org/10.1161/01.HYP.0000157169.27818.ae>
- Kintscher, U. (2013). The burden of hypertension. *EuroIntervention: Journal of EuroPCR in Collaboration with the Working Group on Interventional Cardiology of the European Society of Cardiology*, 9 Suppl R, R12-15. <https://doi.org/10.4244/EIJV9SRA3>
- Laursen, J. B., Somers, M., Kurz, S., McCann, L., Warnholtz, A., Freeman, B. A., Tarpey, M., Fukai, T., & Harrison, D. G. (2001). Endothelial regulation of vasomotion in apoE-deficient mice: Implications for interactions between peroxynitrite and tetrahydrobiopterin. *Circulation*, 103(9), 1282-1288. <https://doi.org/10.1161/01.cir.103.9.1282>
- Lei, L., Hui, S., Chen, Y., Yan, H., Yang, J., & Tong, S. (2024). Effect of soy isoflavone supplementation on blood pressure: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrition Journal*, 23, 32. <https://doi.org/10.1186/s12937-024-00932-6>
- Leikert, J. F., Räthel, T. R., Wohlfart, P., Cheynier, V., Vollmar, A. M., & Dirsch, V. M. (2002). Red Wine Polyphenols Enhance Endothelial Nitric Oxide Synthase Expression and Subsequent Nitric Oxide Release From Endothelial Cells. *Circulation*, 106(13), 1614-1617. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000034445.31543.43>
- Li, L., Feng, D., Luo, Z., Welch, W. J., Wilcox, C. S., & Lai, E. Y. (2015). Remodeling of Afferent Arterioles From Mice With Oxidative Stress Does Not Account for Increased Contractility but Does Limit Excessive Wall Stress. *Hypertension*, 66(3), 550-556. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.115.05631>
- Li, M., Yan, S., Li, X., Jiang, S., Ma, X., Zhao, H., Li, J., Sun, C., Jin, L., Yao, Y., & Li, B. (2020). Association between blood pressure and dietary intakes of sodium and potassium among US adults using quantile regression analysis NHANES 2007-2014. *Journal of Human Hypertension*, 34(5), 346-354. <https://doi.org/10.1038/s41371-019-0224-9>
- Li, Q., Youn, J.-Y., & Cai, H. (2015). Mechanisms and consequences of endothelial nitric oxide synthase dysfunction in hypertension. *Journal of Hypertension*, 33(6), 1128-1136.

- <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000000587>
- Liu, Y., Deng, J., Zhao, T., Yang, X., Zhang, J., & Yang, H. (2024). Bioavailability and mechanisms of dietary polyphenols affected by non-thermal processing technology in fruits and vegetables. *Current Research in Food Science*, 8, 100715. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2024.100715>
- Lopez-Miranda Gonzalez, V., & Aleixandre de Artiñano, A. (1999). Endothelial dysfunction and hypertensive vasoconstriction. *Pharmacological Research*, 40(2), 113-124. <https://doi.org/10.1006/phrs.1999.0481>
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2004). Polyphenols: Food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79(5), 727-747. <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.5.727>
- Maoka, T. (2020). Carotenoids as natural functional pigments. *Journal of Natural Medicines*, 74(1), 1-16. <https://doi.org/10.1007/s11418-019-01364-x>
- Martínez-Fernández, L., Pons, Z., Margalef, M., Arola-Arnal, A., & Muguerza, B. (2015). Regulation of vascular endothelial genes by dietary flavonoids: Structure-expression relationship studies and the role of the transcription factor KLF-2. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 26(3), 277-284. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2014.11.003>
- Młynarska, E., Biskup, L., Możdżan, M., Grygorcewicz, O., Możdżan, Z., Semeradt, J., Uramowski, M., Rysz, J., & Franczyk, B. (2024). The Role of Oxidative Stress in Hypertension: The Insight into Antihypertensive Properties of Vitamins A, C and E. *Antioxidants*, 13(7), 848. <https://doi.org/10.3390/antiox13070848>
- Murphy, M. P., Bayir, H., Belousov, V., Chang, C. J., Davies, K. J. A., Davies, M. J., Dick, T. P., Finkel, T., Forman, H. J., Janssen-Heininger, Y., Gems, D., Kagan, V. E., Kalyanaraman, B., Larsson, N.-G., Milne, G. L., Nyström, T., Poulsen, H. E., Radi, R., Van Remmen, H., ... Halliwell, B. (2022). Guidelines for measuring reactive oxygen species and oxidative damage in cells and in vivo. *Nature Metabolism*, 4(6), 651-662. <https://doi.org/10.1038/s42255-022-00591-z>
- Noh, H.-M., Park, S.-Y., Lee, H.-S., Oh, H.-Y., Paek, Y. J., Song, H. J., & Park, K. H. (2015). Association between High Blood Pressure and Intakes of Sodium and Potassium among Korean Adults: Korean National Health and Nutrition Examination Survey, 2007-2012. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 115(12), 1950-1957. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.04.021>
- O'Byrne, D., Grundy, S., Packer, L., Devaraj, S., Baldenius, K., Hoppe, P. P., Kraemer, K., Jialal, I., & Traber, M. G. (2000). Studies of LDL oxidation following alpha-, gamma-, or delta-tocotrienyl acetate supplementation of hypercholesterolemic humans. *Free Radical Biology & Medicine*, 29(9), 834-845. [https://doi.org/10.1016/s0891-5849\(00\)00371-3](https://doi.org/10.1016/s0891-5849(00)00371-3)
- Office of Dietary Supplements, National Institutes of Health. (2021). *Vitamin C: Fact sheet for health professionals*. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminC-HealthProfessional/>
- Olędzki, R. (2025). Polyphenolic Compounds in the Prevention and Treatment of Hypertension: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(21). <https://doi.org/10.3390/ijms262110665>
- OPS/OMS. (2025). *Hipertensión—OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud*. [https://www.paho.org/en/enlace/hypOrganización Panamericana de la Salud](https://www.paho.org/en/enlace/hypOrganizaciónPanamericana%20de%20la%20Salud). (2025). *Alimentación saludable*. <https://www.paho.org/es/temas/alimentacion-saludable>
- Organización Mundial de la Salud. (2025). *Hipertensión*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/hypertension>
- Organización Mundial de la Salud (s.f.). (s.f.). *Hypertension*. Recuperado 26 de febrero de 2026, de <https://www.who.int/health-topics/hypertension>
- Palmer, R. M. J., Rees, D. D., Ashton, D. S., & Moncada, S. (1988). L-arginine is the physiological precursor for the formation of nitric oxide in endothelium-dependent relaxation. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 153(3), 1251-1256. [https://doi.org/10.1016/S0006-291X\(88\)81362-7](https://doi.org/10.1016/S0006-291X(88)81362-7)
- Parker, R. S., Swanson, J. E., You, C. S., Edwards, A. J., & Huang, T. (1999). Bioavailability of

- carotenoids in human subjects. *The Proceedings of the Nutrition Society*, 58(1), 155-162. <https://doi.org/10.1079/pns19990021>
- Pavlov, T. S., & Staruschenko, A. (2017). Involvement of ENaC in the development of salt-sensitive hypertension. *American Journal of Physiology. Renal Physiology*, 313(2), F135-F140. <https://doi.org/10.1152/ajprenal.00427.2016>
- Pearson, J. F., Pullar, J. M., Wilson, R., Spittlehouse, J. K., Vissers, M. C. M., Skidmore, P. M. L., Willis, J., Cameron, V. A., & Carr, A. C. (2017). Vitamin C Status Correlates with Markers of Metabolic and Cognitive Health in 50-Year-Olds: Findings of the CHALICE Cohort Study. *Nutrients*, 9(8), 831. <https://doi.org/10.3390/nu9080831>
- Pennington, J. A. T., & Young, B. (1990). Iron, zinc, copper, manganese, selenium, and iodine in foods from the United States total diet study. *Journal of Food Composition and Analysis*, 3(2), 166-184. [https://doi.org/10.1016/0889-1575\(90\)90022-E](https://doi.org/10.1016/0889-1575(90)90022-E)
- Pourrajab, B., Harijani, A. M., Asghari, P., & Shidfar, F. (2025). Effect of the Mediterranean diet supplemented with olive oil versus the Mediterranean diet supplemented with mixed nuts on blood pressure and serum lipid indexes among adults: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 35(11). <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2025.104166>
- Qi, S., Luo, X., Liu, S., Ling, B., Si, M., & Jin, H. (2024). Effect of vitamin B2, vitamin C, vitamin D, vitamin E and folic acid in adults with essential hypertension: A systematic review and network meta-analysis. *BMJ Open*, 14(1), e074511. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2023-074511>
- Rajagopalan, S., Kurz, S., Münzel, T., Tarpey, M., Freeman, B. A., Griendling, K. K., & Harrison, D. G. (1996). Angiotensin II-mediated hypertension in the rat increases vascular superoxide production via membrane NADH/NADPH oxidase activation. Contribution to alterations of vasomotor tone. *The Journal of Clinical Investigation*, 97(8), 1916-1923. <https://doi.org/10.1172/JCI118623>
- Rajendran, P., Rengarajan, T., Thangavel, J., Nishigaki, Y., Sakthisekaran, D., Sethi, G., & Nishigaki, I. (2013). The vascular endothelium and human diseases. *International Journal of Biological Sciences*, 9(10), 1057-1069. <https://doi.org/10.7150/ijbs.7502>
- Rao, S. V., O'Donoghue, M. L., Ruel, M., Rab, T., Tamis-Holland, J. E., Alexander, J. H., Baber, U., Baker, H., Cohen, M. G., Cruz-Ruiz, M., Davis, L. L., de Lemos, J. A., DeWald, T. A., Elgendy, I. Y., Feldman, D. N., Goyal, A., Isiadinso, I., Menon, V., Morrow, D. A., ... Williams, M. S. (2025). 2025 ACC/AHA/ACEP/NAEMSP/SCAI Guideline for the Management of Patients With Acute Coronary Syndromes: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*, 151(13), e771-e862. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001309>
- Ried, K., Frank, O. R., & Stocks, N. P. (2009). Dark chocolate or tomato extract for prehypertension: A randomised controlled trial. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 9, 22. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-9-22>
- Rodrigo, R., González, J., & Paoletto, F. (2011). The role of oxidative stress in the pathophysiology of hypertension. *Hypertension Research: Official Journal of the Japanese Society of Hypertension*, 34(4), 431-440. <https://doi.org/10.1038/hr.2010.264>
- Romero, M., Jiménez, R., Sánchez, M., López-Sepúlveda, R., Zarzuelo, M. J., O'Valle, F., Zarzuelo, A., Pérez-Vizcaíno, F., & Duarte, J. (2009). Quercetin inhibits vascular superoxide production induced by endothelin-1: Role of NADPH oxidase, uncoupled eNOS and PKC. *Atherosclerosis*, 202(1), 58-67. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2008.03.007>
- Rongpan, S., Pocasap, P., Iampanichakul, M., Tong-Un, T., Maneesai, P., Kittipreeya, P., Prachaney, P., & Pakdeechote, P. (2025). Luteolin restores the renin-angiotensin system to alleviate blood pressure and cardiac changes in secondary hypertensive rats. *Journal of Functional Foods*, 134, 107075. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2025.107075>
- S, S., Hegde, S. V., Agarwal, S. V., NS, D., Pillai, A., Shah, S. N., & S, R. (2024). Biomarkers of

- Oxidative Stress and Their Clinical Relevance in Type 2 Diabetes Mellitus Patients: A Systematic Review. *Cureus*, 16(8), e66570. <https://doi.org/10.7759/cureus.66570>
- Sen, C. K., Khanna, S., & Roy, S. (2006). Tocotrienols: Vitamin E Beyond Tocopherols. *Life sciences*, 78(18), 2088-2098. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2005.12.001>
- Serban, M.-C., Sahebkar, A., Zanchetti, A., Mikhailidis, D. P., Howard, G., Antal, D., Andrica, F., Ahmed, A., Aronow, W. S., Muntner, P., Lip, G. Y. H., Graham, I., Wong, N., Rysz, J., Banach, M., & Lipid and Blood Pressure Meta-analysis Collaboration (LBPMC) Group. (2016). Effects of Quercetin on Blood Pressure: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of the American Heart Association*, 5(7), e002713. <https://doi.org/10.1161/JAHA.115.002713>
- Somers, M. J., Mavromatis, K., Galis, Z. S., & Harrison, D. G. (2000). Vascular superoxide production and vasomotor function in hypertension induced by deoxycorticosterone acetate-salt. *Circulation*, 101(14), 1722-1728. <https://doi.org/10.1161/01.cir.101.14.1722>
- Su, J., Xu, H.-T., Yu, J.-J., Gao, J.-L., Lei, J., Yin, Q.-S., Li, B., Pang, M.-X., Su, M.-X., Mi, W.-J., Chen, S.-H., & Lv, G.-Y. (2015). Luteolin Ameliorates Hypertensive Vascular Remodeling through Inhibiting the Proliferation and Migration of Vascular Smooth Muscle Cells. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine: eCAM*, 2015, 364876. <https://doi.org/10.1155/2015/364876>
- Sun, M., & Johnson, M. A. (2015). Measurement of total antioxidant capacity in sub-μL blood samples using craft paper-based analytical devices. *RSC Advances*, 5(69), 55633-55639. <https://doi.org/10.1039/C5RA06479A>
- Theodoridis, X., Chourdakis, M., Chrysoula, L., Chroni, V., Tiroidimos, I., Dipla, K., Gkaliagkousi, E., & Triantafyllou, A. (2023). Adherence to the DASH Diet and Risk of Hypertension: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*, 15(14), 3261. <https://doi.org/10.3390/nu15143261>
- Tindall, A. M., Petersen, K. S., Skulas-Ray, A. C., Richter, C. K., Proctor, D. N., & Kris-Etherton, P. M. (2019). Replacing Saturated Fat With Walnuts or Vegetable Oils Improves Central Blood Pressure and Serum Lipids in Adults at U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. (2019). *FoodData Central*. <https://fdc.nal.usda.gov/>
- Risk for Cardiovascular Disease: A Randomized Controlled-Feeding Trial. *Journal of the American Heart Association: Cardiovascular and Cerebrovascular Disease*, 8(9), e011512. <https://doi.org/10.1161/JAHA.118.011512>
- Valero Zanuy, M. Á. (2013). Nutrición e hipertensión arterial. *Hipertensión y Riesgo Vascular*, 30(1), 18-25. <https://doi.org/10.1016/j.hipert.2012.09.004>
- Valls, R. M., Pedret, A., Calderón-Pérez, L., Llauredó, E., Pla-Pagà, L., Companys, J., Moragas, A., Martín-Luján, F., Ortega, Y., Giral, M., Romeu, M., Rubió, L., Mayneris-Perxachs, J., Canela, N., Puiggrós, F., Caimari, A., Del Bas, J. M., Arola, L., & Solà, R. (2021). Effects of hesperidin in orange juice on blood and pulse pressures in mildly hypertensive individuals: A randomized controlled trial (Citrus study). *European Journal of Nutrition*, 60(3), 1277-1288. <https://doi.org/10.1007/s00394-020-02279-0>
- Vanhoutte, P. M. (1996). Endothelial dysfunction in hypertension. *Journal of Hypertension. Supplement: Official Journal of the International Society of Hypertension*, 14(5), S83-93.
- Vanhoutte, P. M., Feletou, M., & Taddei, S. (2005). Endothelium-dependent contractions in hypertension. *British Journal of Pharmacology*, 144(4), 449-458. <https://doi.org/10.1038/sj.bjp.0706042>
- Vendrame, S., Adekeye, T. E., & Klimis-Zacas, D. (2022). The Role of Berry Consumption on Blood Pressure Regulation and Hypertension: An Overview of the Clinical Evidence. *Nutrients*, 14(13), 2701. <https://doi.org/10.3390/nu14132701>
- Widjaja-Adhi, M. A. K., & Golczak, M. (2020). The molecular aspects of absorption and metabolism of carotenoids and retinoids in vertebrates. *Biochimica et biophysica acta. Molecular and cell biology of lipids*, 1865(11), 158571. <https://doi.org/10.1016/j.bbalip.2019.158571>
- Wolak, T., & Paran, E. (2013). Can carotenoids attenuate vascular aging? *Vascular Pharmacology*, 59(3-4), 63-66.

- <https://doi.org/10.1016/j.vph.2013.07.006>
Wołonciej, M., Milewska, E., & Roszkowska-Jakimiec, W. (2016). Trace elements as an activator of antioxidant enzymes. *Postepy Higieny I Medycyny Doswiadczałnej (Online)*, 70(0), 1483-1498.
<https://doi.org/10.5604/17322693.1229074>
- Wu, J., Saleh, M. A., Kirabo, A., Itani, H. A., Montaniel, K. R. C., Xiao, L., Chen, W., Mernaugh, R. L., Cai, H., Bernstein, K. E., Goronzy, J. J., Weyand, C. M., Curci, J. A., Barbaro, N. R., Moreno, H., Davies, S. S., Roberts, L. J., Madhur, M. S., & Harrison, D. G. (2016). Immune activation caused by vascular oxidation promotes fibrosis and hypertension. *The Journal of Clinical Investigation*, 126(1), 50-67. <https://doi.org/10.1172/JCI80761>
- Yamagata, K. (2019). Polyphenols Regulate Endothelial Functions and Reduce the Risk of Cardiovascular Disease. *Current Pharmaceutical Design*, 25(22), 2443-2458.
<https://doi.org/10.2174/1381612825666190722100504>
- Yang, W., & Xu, H. (2016). Industrial Fermentation of Vitamin C. En *Industrial biotechnology of vitamins, biopigments and antioxidant*. (First, Vol. 7, pp. 161-192).
<https://doi.org/10.1002/9783527681754.ch7>
(Obra original publicada en Erick J. Vandamme and José L.)
- Yoshioka, J., Schreiter, E. R., & Lee, R. T. (2006). Role of thioredoxin in cell growth through interactions with signaling molecules. *Antioxidants & Redox Signaling*, 8(11-12), 2143-2151.
<https://doi.org/10.1089/ars.2006.8.2143>
- Zhao, Y., Wang, J., Ballevre, O., Luo, H., & Zhang, W. (2012). Antihypertensive effects and mechanisms of chlorogenic acids. *Hypertension Research*, 35(4), 370-374.
<https://doi.org/10.1038/hr.2011.195>



Aplicaciones clínicas, limitaciones y valor pronóstico del análisis de bioimpedancia eléctrica en el paciente crítico: revisión narrativa.

Clinical applications, limitations and prognostic value of bioelectrical impedance analysis in critically ill patients: A narrative review.

Juan Ramón Ballesteros-Villascan^{1,2}, Luis Fernando Cruz-Hernández^{1,3}, Marycarmen Godínez-Victoria⁴, Nadia Carolina Rodríguez-Moguel¹, Alan García-Grimaldo^{1,4**}

1 Departamento de Nutrición Clínica, Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias "Ismael Cosío Villegas", Ciudad de México, México.

2 Facultad de Medicina, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.

3 Escuela de Ciencias de la Salud, Universidad del Valle de México, Ciudad de México, México.

4 Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Escuela Superior de Medicina, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México.

**Correspondencia: agarciag1716@gmail.com

Palabras claves	RESUMEN
Análisis de bioimpedancia eléctrica; Composición corporal; Estado Nutricional; Enfermedad crítica.	Introducción: El paciente crítico presenta alteraciones en la composición corporal, haciendo crucial su monitorización a lo largo de su estancia en la UCI. Esta revisión narrativa resume la literatura sobre las aplicaciones clínicas, las limitaciones y el valor pronóstico del análisis de bioimpedancia eléctrica (BIA) en cuidados intensivos. Métodos: Se realizó una búsqueda sistemática en PubMed, Cochrane Library y Google Scholar utilizando términos MeSH y palabras clave relacionadas con BIA, composición corporal, estado nutricional y enfermedad crítica. Se seleccionaron artículos científicos y capítulos de libros pertinentes a los subtemas de investigación. Resultados: La aplicación clínica de la BIA se centra en la interpretación de tres aspectos fundamentales: el monitoreo del estado de hidratación, la estimación de la composición corporal y el valor pronóstico de los parámetros celulares (resistencia, reactancia y vectores). Sin embargo, durante la enfermedad crítica, las ecuaciones predictivas tradicionales sobreestiman la masa libre de grasa debido a la reanimación hídrica y al edema. Por consiguiente, resulta necesario utilizar mediciones bioeléctricas directas; entre ellas, el ángulo de fase ha demostrado ser una herramienta altamente sensible para detectar el deterioro de la integridad celular y la pérdida de masa muscular. Discusión: La evidencia actual justifica emplear modelos de ajuste por sobrehidratación y priorizar parámetros celulares directos, como el análisis vectorial y el ángulo de fase, para evaluar la composición corporal en el paciente crítico. Interpretada con rigor metodológico, la BIA identifica la sobrehidratación, estratifica el riesgo de complicaciones y diagnostica fidedignamente las reservas corporales.
Keywords	ABSTRACT
Bioelectrical impedance analysis; Body composition; Nutritional status; Critical illness.	Introduction: Critically ill patients often experience alterations in body composition, making its monitoring crucial throughout their stay in the ICU. This narrative review summarizes the literature on the clinical applications, limitations, and prognostic value of bioelectrical impedance analysis (BIA) in intensive care. Methods: A systematic search was conducted in PubMed, the Cochrane Library, and Google Scholar using MeSH terms and keywords related to BIA, body composition, nutritional status, and critical illness. Scientific articles and book chapters relevant to the research subtopics were selected. Results: The clinical application of BIA focuses on the interpretation of three fundamental aspects: monitoring hydration status, estimating body composition, and the prognostic value of cellular parameters (resistance, reactance, and vectors). However, during critical illness, traditional predictive equations overestimate fat-free mass due to fluid resuscitation and edema. Therefore, the use of direct bioelectrical measurements is necessary. Among these, phase angle has proven to be a highly sensitive tool for detecting impaired cellular integrity and muscle mass loss. Discussion: Current evidence justifies the use of overhydration adjustment models and prioritizing direct cellular parameters, such as vector analysis and phase angle, to assess body composition in critically ill patients. When interpreted with methodological rigor, bioelectrical impedance analysis (BIA) identifies overhydration, stratifies the risk of complications, and reliably diagnoses body reserves.

INTRODUCCIÓN.

El paciente en estado crítico presenta una serie de alteraciones en la composición corporal durante la enfermedad (van Gassel et al., 2020). Estas alteraciones tienen una etiología multifactorial, mediada por la respuesta endocrino-metabólica al estrés, viéndose involucrados factores inflamatorios, proteólisis acelerada, la terapia farmacológica (uso de bloqueo neuromuscular y sedación), la falta de movilidad física, así como el

aporte de nutrientes a través de cualquier vía de alimentación (van Gassel et al., 2020). Dichos cambios se caracterizan por una pérdida exacerbada de masa muscular cercana al 1-2% por día (Fazzini et al., 2023; Garcia-Grimaldo et al., 2024), frecuentemente acompañada de mioesteatosis o infiltración de grasa al músculo, aspectos que impactan negativamente en los desenlaces clínicos (mortalidad, estancia hospitalaria, incidencia de infecciones nosocomiales) y en la recuperación funcional al

egreso hospitalario (Schefold et al., 2020).

Por lo anterior, la Sociedad Americana de Nutrición Enteral y Parenteral (ASPEN) y la Sociedad Europea de Nutrición Clínica y Metabolismo (ESPEN) han resaltado la importancia del monitoreo de la masa muscular durante la estancia en la unidad de cuidados intensivos (UCI) (Compher et al., 2022; Singer et al., 2023). Estas sociedades recomiendan el uso de técnicas de composición corporal, entre ellas la tomografía computarizada (TAC), absorciometría de rayos X de energía dual (DXA), ultrasonido muscular o el análisis de bioimpedancia eléctrica (BIA) (Barazzoni, Jensen, Correia, Gonzalez, Higashiguchi, Shi, Bischoff, Boirie, Carrasco, Cruz-Jentoft, Fuchs-Tarlovsky, Fukushima, Heymsfield, Mourtzakis, Muscaritoli, Norman, Nyulasi, Pisprasert, Prado, de van der Schuren, et al., 2022). En la UCI, la BIA representa una alternativa más viable en comparación con los otros métodos, al ser una herramienta no invasiva, portátil, disponible a pie de cama, que no implica exposición a radiación y cuyo costo operativo es menor respecto a las técnicas consideradas estándar de oro (TAC y DXA) (Looijaard et al., 2018).

La utilidad clínica de la BIA se centra en la interpretación de tres aspectos fundamentales: la determinación y monitoreo del estado de hidratación, la estimación de la composición corporal y el valor pronóstico de los parámetros celulares derivados de la BIA (resistencia, reactancia y vectores) (Dumitriu et al., 2025). Sin embargo, la técnica no está exenta de limitaciones, pues los modelos de estimación de la composición corporal se ven afectados por el estado de hidratación: la sobrehidratación y el edema provocan una sobreestimación de la MLG, mientras que la deshidratación induce a su subestimación (Dumitriu et al., 2025). Este sesgo puede evitarse al interpretar los valores de los parámetros resistencia, reactancia, y ángulo de fase, los cuales no se ven afectados en la misma magnitud por el peso corporal ni el grado de sobrehidratación (Malbrain et al., 2014).

El objetivo de esta revisión narrativa es recopilar y ampliar el conocimiento respecto a las aplicaciones clínicas, las limitaciones y el valor pronóstico del análisis por bioimpedancia eléctrica en el paciente

en estado crítico, fortaleciendo así el potencial para su aplicación y su uso generalizado en la práctica clínica.

METODOLOGÍA.

Se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos electrónicas PubMed, Cochrane Library y Google Scholar. El objetivo fue resumir la literatura publicada sobre las aplicaciones clínicas, las limitaciones y el valor pronóstico del análisis de bioimpedancia eléctrica en el paciente crítico. Se utilizó una combinación de los términos MeSH y palabras clave «bioelectrical impedance analysis», «body composition», «nutritional status», «malnutrition», «critical illness», «critical care», «total body water», «hydration status». Se seleccionaron artículos científicos (originales o de revisión) y capítulos de libros relevantes evaluando su pertinencia para los subtemas de la investigación.

RESULTADOS.

La BIA constituye un método de evaluación indirecta que no cuantifica de manera tangible la composición corporal, sino que la estima a partir de la medición de la impedancia total (Z) del organismo frente al paso de una corriente alterna (Akamatsu et al., 2022; Da Silva et al., 2022). Esta oposición al flujo se deriva de dos parámetros eléctricos: la resistencia (R), que refleja la oposición generada por los fluidos iónicos (intra y extracelulares), y la reactancia (Xc), que mide la resistencia adicional que oponen las membranas celulares intactas, las cuales actúan biológicamente como condensadores (Da Silva et al., 2022). Cuando la corriente atraviesa células sanas, el condensador de la membrana retrasa el flujo, generando una diferencia de fase entre la corriente y el voltaje. Esta diferencia, calculada como el arco tangente de la relación entre Xc y R, se denomina ángulo de fase (AF) (Da Silva et al., 2022), el cual no depende de ecuaciones predictivas y, al considerar parámetros celulares, refleja la salud y la integridad de las membranas (Akamatsu et al., 2022; Osuna-Padilla, Rodríguez-Moguel, Rodríguez-Llamazares, Aguilar-Vargas, et al., 2022) (Figura 1).

La forma en que la corriente se distribuye entre los compartimentos hídricos depende, ante todo, de la frecuencia con la que trabaja el equipo. A 50 kHz —la frecuencia típica de la BIA monofrecuencia (SF-BIA)— la membrana celular se comporta como un condensador que prácticamente no permite el paso de la corriente (Dumitriu et al., 2025). Por lo tanto, es imprecisa para medir el agua intracelular (AIC) y, en consecuencia, el agua corporal total (ACT) en pacientes críticos con sobrecarga hídrica, tendiendo a sobrestimar los cambios en el agua total. La BIA de multifrecuencia (MF-BIA) al utilizar un espectro amplio de frecuencias (desde 0-1 kHz hasta 500 kHz o incluso >1 MHz), logra atravesar la membrana celular, esto permite diferenciar los compartimentos intra y extracelulares (Dumitriu et al., 2025) (Figura 2).

Para estimar la composición corporal a partir de estas propiedades bioeléctricas, los algoritmos tradicionales de la BIA se basan en asunciones físicas ideales: asumen que el cuerpo humano se comporta como un modelo cilíndrico de composición tisular uniforme y suponen que la hidratación de la masa libre de grasa se mantiene constante en un 73% (Chamney et al., 2007; Dumitriu et al., 2025; Malbrain et al., 2014). Sin embargo, estas premisas no se adaptan al contexto del paciente en estado crítico. En la UCI, la variabilidad biológica, las asimetrías corporales, la fuga capilar y la reanimación hídrica alteran la distribución de los fluidos y la capacitancia de las membranas celulares. Dado que estas alteraciones desafían las premisas matemáticas del método, las ecuaciones predictivas genéricas resultan ineficaces en la enfermedad grave (Malbrain et al., 2014). Esto orilla al profesional de la salud a priorizar el análisis de parámetros celulares derivados de la BIA —como el AF o el análisis vectorial (BIVA), los cuales evalúan la integridad celular y la hidratación sin depender de asunciones teóricas poblacionales— y a emplear tecnologías de multifrecuencia que logran penetrar la célula para diferenciar directamente los compartimentos hídricos en estados fluctuantes (Marra et al., 2019; Mundi et al., 2019).

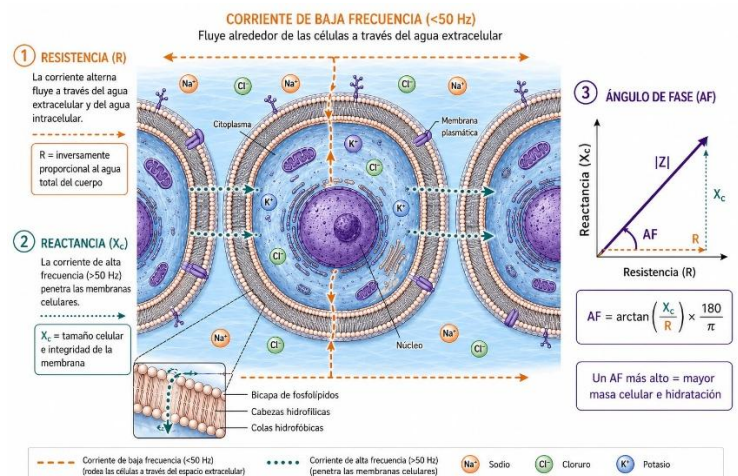


Figura 1. Parámetros medidos mediante la BIA: resistencia, reactancia y ángulo de fase. La generación gráfica se realizó con asistencia de inteligencia artificial (ChatGPT, OpenAI OpCo).

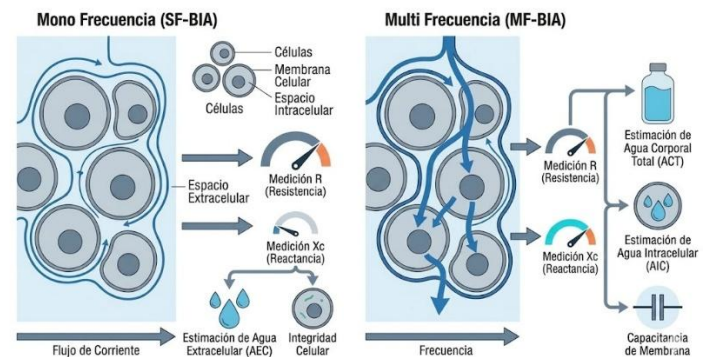


Figura 2. Diferencias en el funcionamiento del análisis mono frecuencia y multi frecuencia. La generación gráfica se realizó con asistencia de inteligencia artificial (Gemini, Google AI).

Evaluación de la composición corporal y del estado de hidratación mediante modelos predictivos.

Estado de hidratación.

El paciente en estado crítico se caracteriza por la presencia de alteraciones del estado de hidratación que a menudo se representa por el desplazamiento de líquidos hacia compartimentos donde usualmente no existiría una acumulación de ellos (Chamney et al., 2007; Malbrain et al., 2014). Esto resulta en un balance positivo de líquidos, edema y una distribución alterada del AIC y AEC.

Los aumentos bruscos en el AEC se asocian al diagnóstico de sepsis y a los cambios metabólicos ocurridos en las fases tempranas de la enfermedad crítica, provocando un mayor riesgo de derrame pleural, ascitis y un incremento en la mortalidad (Malbrain et al., 2014).

Existen distintos enfoques para evaluar el estado de hidratación, por ejemplo, los equipos multifrecuencia utilizan el cociente AEC/ACT y la relación AEC/AIC. Fisiológicamente, la proporción de AEC/AIC debería mantenerse por debajo de 1; elevaciones en el AIC pueden observarse en insuficiencia cardíaca, cirrosis hepática e insuficiencia renal crónica en etapa temprana, mientras que caídas en este compartimento responden a cambios osmóticos; por ejemplo, la hipernatremia que resulta del movimiento osmótico de agua a través de la membrana celular hacia el espacio intersticial produciendo disminución del volumen intracelular y depleción del volumen extracelular (Lee et al., 2025). Respecto al cociente AEC/ACT, diversos autores han definido un valor normal cercano a 0.385, reportando que cifras superiores se relacionan con una mayor probabilidad de muerte (Ait Hssain et al., 2023; Osuna-Padilla, Rodríguez-Moguel, Rodríguez-Llamazares, Aguilar-Vargas, et al., 2022). Clínicamente, un cociente AEC/ACT >0.40 define de manera objetiva la sobrehidratación. En pacientes críticos con COVID-19 bajo ventilación mecánica invasiva, un valor de AEC/ACT >0.394 incrementa de manera significativa la mortalidad de manera independiente a la edad, los niveles de albúmina y el diagnóstico de lesión renal aguda (Rodríguez-Moguel et al., 2024).

Con base en estos parámetros, se han propuesto algoritmos de intervención para el manejo de fluidos. Sin embargo, la prescripción de estrategias de depleción (como el uso de diuréticos en sobrehidratación) debe ejecutarse con extrema cautela y bajo un razonamiento hemodinámico integral (Basso et al., 2013). Con la BIA se puede monitorizar el incremento del AEC, pero no discrimina si dicho volumen se aloja en el espacio intravascular o en el intersticio. En el paciente crítico, el síndrome de fuga capilar, sumado a concentraciones bajas de albúmina y hemodilución, provoca una redistribución patológica donde los líquidos migran hacia el

espacio intersticial, dejando de ser parte de la circulación (Dumitriu et al., 2025; Sanson et al., 2024). En consecuencia, la BIA puede interpretar como “sobrehidratación” un estado de edema intersticial que coexiste con hipovolemia intravascular severa (Basso et al., 2013). Ante este fenotipo de sobrecarga con hipovolemia, la terapia diurética o de ultrafiltración resulta perjudicial al agravar la hipoperfusión orgánica y la lesión renal aguda (Sanson et al., 2024); por lo que el equipo médico debe abstenerse de forzar la diuresis hasta que se inicie la fase de resolución, garantizando el retorno del líquido al espacio intravascular mediante la estabilización endotelial y oncótica.

Composición corporal.

La detección de la pérdida exacerbada de masa muscular es una prioridad en la valoración nutricional en la UCI (Dumitriu et al., 2025; Prado et al., 2022). La BIA permite establecer un modelo multicompartmental que divide el cuerpo en masa grasa, agua, minerales y proteínas (Dumitriu et al., 2025). Mediante mediciones eléctricas directas (resistencia y reactancia), combinadas con variables antropométricas (peso, talla, edad y sexo), los dispositivos estiman los compartimentos corporales. Entre ellos destacan: la MLG, que comprende todos los componentes no grasos; así como la masa celular corporal, y la grasa corporal (Prado et al., 2022). En condiciones estables, la precisión de la BIA en la estimación de la composición corporal ha mostrado una excelente concordancia con la absorciometría de rayos X de energía dual (DXA), la cual depende del dispositivo y de los métodos predictivos empleados. En poblaciones específicas se ha documentado una diferencia de medias para la MLG de apenas 0.19 kg entre ambas técnicas (García Del Valle-Alegría et al., 2024), lo que sugiere que la BIA es una herramienta precisa para el monitoreo de cambios tisulares con un margen de error mínimo.

En el escenario del paciente críticamente enfermo, las fórmulas de estimación carecen de validez dado que son aplicadas fuera del contexto poblacional y fisiológico para el cual fueron diseñadas, además la precisión de las ecuaciones predictivas de la BIA se ve severamente afectada por la terapia de reanimación hídrica. Se ha documentado que el uso de soluciones intravenosas y la presencia de

edema provocan una sobreestimación de la MLG en función del grado de sobrehidratación del paciente (D. Kim et al., 2019; Yap et al., 2017). Derivado de esto, la interpretación de compartimentos como la MLG y el cociente AEC/ACT debe realizarse con cautela. A nivel técnico, la acumulación excesiva de líquidos en el tercer espacio modifica las mediciones de composición corporal y afecta la interpretación global de la BIA. Para disminuir este sesgo en la práctica clínica, se ha propuesto el uso de modelos de ajuste para el grado de sobrehidratación, planteados inicialmente por Chamney (Chamney et al., 2007), el cual optimiza la medición mediante un enfoque bicompartimental que cuantifica explícitamente el exceso de líquido integrando los parámetros de AEC, AIC y el peso corporal. Posteriormente, el modelo deriva una masa libre de grasa ajustada sustrayendo este excedente hídrico de la ecuación final. Al eliminar el sesgo del edema, la estimación refleja de manera más precisa la masa libre de grasa. En una cohorte prospectiva de pacientes críticos, se identificó que la BIA sobreestima 7.2 kg la MLG en comparación con la medición de TAC, disminuyendo la sobrestimación a 3.5 kg al utilizar estos modelos de ajuste (García-Grimaldo et al., 2025). De no ajustarse la MLG por sobrehidratación, la monitorización de las reservas musculares será errónea.

Actualmente, las directrices de la Iniciativa Global de Liderazgo en Desnutrición (GLIM) recomiendan el índice de masa libre de grasa (IMLG) como un criterio fenotípico prioritario para establecer la presencia y gravedad de la desnutrición (Barazzoni, Jensen, Correia, Gonzalez, Higashiguchi, Shi, Bischoff, Boirie, Carrasco, Cruz-Jentoft, Fuchs-Tarlovsky, Fukushima, Heymsfield, Mourtzakis, Muscaritoli, Norman, Nyulasi, Pisprasert, Prado, De Van Der Schueren, et al., 2022). Los valores diagnósticos sugeridos para indicar una depleción de masa muscular $<17 \text{ kg/m}^2$ en hombres y $<15 \text{ kg/m}^2$ en mujeres, además, la BIA permite conocer la masa muscular esquelética apendicular, esta debe ser reportada como índice de masa muscular esquelética apendicular y también se puede considerar como criterio fenotípico, los valores para diagnosticar baja masa muscular son $<7 \text{ kg/m}^2$ en hombres y $<5.7 \text{ kg/m}^2$ en mujeres. En el contexto de la UCI, la presencia de un IMLG disminuido (según los puntos de corte

antes mencionados), en conjunto con la presencia de inflamación grave aguda (proteína C reactiva $>5 \text{ mg/dL}$ al ingreso), se asocia con estancias en cuidados intensivos y hospitalizaciones significativamente más prolongadas en comparación con aquellos pacientes que ingresan con reservas corporales preservadas (Silva-García et al., 2025).

Evaluación gráfica de los parámetros celulares.

El análisis vectorial de impedancia bioeléctrica (BIVA, por sus siglas en inglés) constituye una herramienta de monitorización que supera las limitaciones convencionales de la evaluación de la composición corporal en el paciente en estado crítico. El BIVA es la representación gráfica directa de la R y Xc, ambas mediciones estandarizadas por la talla del paciente (R/H y Xc/H) para funcionar como la longitud del conductor, configurando así un vector bivariado en un plano cartesiano conocido como gráfico o nomograma RXc (Marra et al., 2019). La posición espacial y la longitud de este vector se interpretan mediante su comparación visual con las elipses de tolerancia o de confianza, trazadas habitualmente a los percentiles 50%, 75% y 95%, que delimitan la distribución bivariada normal de una población de referencia sana equiparable en edad, sexo y etnia (Lima et al., 2022). La superioridad clínica de la BIVA en los pacientes críticos radica en su total independencia de las variables como peso corporal del paciente y de las ecuaciones predictivas de regresión que suelen afectarse en estados de sobrehidratación (Dumitriu et al., 2025; Marra et al., 2019). La BIVA logra eludir este sesgo al depender exclusivamente de las propiedades eléctricas intrínsecas de los tejidos (Dumitriu et al., 2025; Marra et al., 2019). La interpretación clínica del BIVA se fundamenta en el análisis de las migraciones del vector de impedancia a lo largo de dos ejes direccionales en el plano. Las alteraciones en el estado de hidratación tisular, en ausencia de cambios en la masa celular, se asocian a un desplazamiento del vector a lo largo del eje mayor de las elipses de tolerancia (Marra et al., 2019). En este eje, un acortamiento del vector (migración hacia el polo inferior derecho) refleja objetivamente una disminución de la resistencia por acumulación de líquidos, lo que traduce una condición de

sobrecarga hídrica, edema intersticial o anasarca (Dumitriu et al., 2025). Por el contrario, el alargamiento del vector (migración hacia el polo superior izquierdo) es un indicador fidedigno de la contracción del espacio extracelular y de la deshidratación o depleción de volumen (Marra et al., 2019). Por otro lado, las variaciones en la integridad, cantidad y masa de los tejidos blandos metabólicamente activos (células) se manifiestan mediante traslaciones del vector en dirección al eje menor de las elipses (Marra et al., 2019; Moonen & Van Zanten, 2021). Un desplazamiento lateral hacia la izquierda evidencia una mayor reactancia y capacitancia de las membranas, lo que denota una abundante masa celular corporal y una adecuada integridad tisular (fenotipos atléticos o con obesidad, dependiendo del nivel de hidratación) (Marra et al., 2019; Moonen & Van Zanten, 2021). En contraparte, la migración del vector hacia la derecha del eje menor —acompañada del estrechamiento del ángulo de fase— evidencia una pérdida crítica de reactancia por lisis de membranas celulares y destrucción de proteínas estructurales, que se traduce en estados patológicos de desnutrición severa, caquexia o sarcopenia aguda (Marra et al., 2019; Moonen & Van Zanten, 2021). Es decir, los desplazamientos dinámicos del vector proporcionan información que permite a los especialistas evaluar y guiar estrategias de reanimación hídrica, ajustar diuréticos y definir las metas de ultrafiltración durante las terapias de reemplazo renal (Moonen & Van Zanten, 2021) (Figura 3).

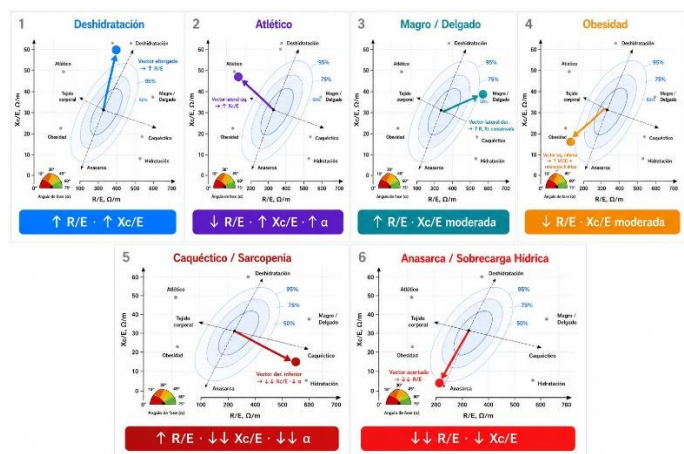


Figura 3. Trayectorias de las elipses de la BIVA. Figura generada a partir de Moonen HPFX. Curr Opin Crit Care. 2021 Aug;27(4):344–53. La generación gráfica se realizó con asistencia de inteligencia artificial (Claude, Lorka.ai).

La evidencia clínica reporta que los pacientes críticos que presentan vectores anormalmente acortados en los primeros días de ingreso —identificando sobrehidratación grave por fuera de los márgenes de tolerancia del 75% o 95%— presentan un riesgo significativamente mayor de desarrollar disfunción multiorgánica, mayor necesidad de ventilación mecánica, así como estancias más prolongadas tanto en la UCI como en el hospital, lo que en conjunto incrementa sustancialmente las tasas de mortalidad general a corto y mediano plazo (Dumitriu et al., 2025; Myatchin et al., 2020; Sanson et al., 2024).

Indicadores relacionados con los parámetros celulares.

Ángulo de fase.

El AF se ha consolidado como un biomarcador importante por su capacidad para reflejar directamente la capacitancia de la membrana celular y la proporción existente entre el agua intracelular y extracelular (Dumitriu et al., 2025; Lima et al., 2022). Fisiológicamente, un AF disminuido evidencia el daño estructural de las membranas, la alteración de su permeabilidad o la muerte celular inducidos por la respuesta aguda a la enfermedad grave (Dumitriu et al., 2025; Lima et al., 2022). En población en estado crítico, este parámetro se ha relacionado como un marcador de estrés metabólico e inflamación sistémica; esto se fundamenta en que las especies reactivas de oxígeno y las citocinas proinflamatorias (como la proteína C reactiva y la interleucina-6) alteran directamente las membranas celulares, lo que disminuye significativamente los valores del ángulo de fase y puede reflejar un estado de disfunción celular y apoptosis (Dumitriu et al., 2025; Lima et al., 2022; Prado et al., 2022; Zheng et al., 2023). La evidencia respalda la asociación predictiva del AF con desenlaces clínicos, lo que demuestra que los individuos con valores bajos al ingreso o durante su estancia presentan una progresión clínica notablemente más adversa. Diversos metaanálisis han revelado que un AF reducido incrementa el riesgo de mortalidad por todas las causas de manera independiente, reportando riesgos relativos (RR) de 1.82 a 2.45 veces mayores en comparación con aquellos con un AF normal, observándose de manera consistente que

los pacientes que sobreviven mantienen promedios significativamente más altos que los fallecidos (Lima et al., 2022; Zheng et al., 2023). Adicionalmente, valores bajos de este parámetro se correlacionan negativamente con la duración del soporte vital, lo que predice periodos más prolongados de ventilación mecánica invasiva y un incremento significativo en los días de estancia en la UCI (Lima et al., 2022; Osuna-Padilla, Rodríguez-Moguel, Rodríguez-Llamazares, Aguilar-Vargas, et al., 2022; Zheng et al., 2023). Se ha documentado que un AF al ingreso $<3.49^\circ$ incrementa sustancialmente la mortalidad a los 28 días en la UCI (Thibault et al., 2016), mientras que en pacientes críticos con neumonía por COVID-19, valores de $<3.85^\circ$ en mujeres y $<5.25^\circ$ en hombres han demostrado alta sensibilidad y especificidad para predecir la mortalidad a los 60 días (Osuna-Padilla, Rodríguez-Moguel, Rodríguez-Llamazares, Aguilar-Vargas, et al., 2022).

Evaluar los valores basales es importante, pero el monitoreo continuo del AF resulta vital. Se ha demostrado que una caída mayor al 22.2% en el AF durante los primeros 14 días en la UCI aumenta, de forma independiente, el riesgo de mortalidad a los 90 días (HR 2.20; IC 95% 1.71-6.60; $p = 0.04$) (García-Grimaldo et al., 2024). Esta disminución refleja el severo catabolismo proteico y el rápido desgaste muscular típicos de la fase temprana de la enfermedad crítica (García-Grimaldo et al., 2024; Dumitriu et al., 2025).

Por otro lado, el AF también ha demostrado ser un marcador subrogado útil para evaluar la masa muscular en el entorno de cuidados intensivos. Se ha reportado que los pacientes diagnosticados con reservas musculares conservadas mediante TAC presentan valores de AF significativamente más elevados que los individuos con depleción del tejido magro (Osuna-Padilla, Rodríguez-Moguel, Rodríguez-Llamazares, Orsso, et al., 2022). Al evaluar el rendimiento diagnóstico del AF frente a la TAC como estándar de oro, el uso de puntos de corte predefinidos ($<3.85^\circ$ en mujeres y $<5.25^\circ$ en hombres) ha mostrado una capacidad discriminativa moderada (Osuna-Padilla, Rodríguez-Moguel, Rodríguez-Llamazares, Orsso, et al., 2022).

Estudios recientes de validación imagenológica

evidencian que los valores del AF correlacionan fuertemente tanto con el área transversal del músculo esquelético como con su densidad (un indicador de calidad muscular libre de infiltración grasa) medidas mediante TAC a nivel de la tercera vértebra lumbar (Looijaard et al., 2020; Moonen & Van Zanten, 2021; Prado et al., 2022). Esto evidencia que el AF refleja de manera confiable la atrofia muscular, estableciéndose como un método subrogado ideal a utilizar a pie de cama para diagnosticar y monitorizar el desgaste muscular en un entorno clínico donde el balance de fluidos varía (Dumitriu et al., 2025; Moonen & Van Zanten, 2021).

Más allá de la supervivencia global, el impacto de la alteración de la composición corporal se extiende a complicaciones funcionales del síndrome post-UCI, como la disfagia post-extubación (Reyes-Torres et al., 2022) y la debilidad adquirida en la UCI (García-Grimaldo et al., 2025). Se ha documentado una asociación directa entre el AF y la disfunción deglutoria; de hecho, los pacientes que desarrollan esta complicación presentan valores de AF significativamente más bajos que los de aquellos que conservan la función deglutoria. En el análisis multivariado, un AF $<4.8^\circ$ se asoció con disfagia post-extubación y con una menor tasa de recuperación de la deglución al alta hospitalaria (Reyes-Torres et al., 2022). Respecto a la debilidad adquirida en la UCI, los pacientes que desarrollan esta condición clínica presentan valores de AF significativamente inferiores en comparación con aquellos que mantienen una fuerza muscular dentro de la normalidad (García-Grimaldo et al., 2025). Se observaron medias de $4.7 \pm 1.0^\circ$ frente a $5.2 \pm 1.07^\circ$ ($p = 0.02$) desde el ingreso a cuidados intensivos. Esta diferencia en el AF se mantuvo a lo largo de la hospitalización, evidenciando un desgaste muscular continuo y una pérdida de integridad de membrana mucho más acentuada al momento del egreso en la cohorte que desarrolló debilidad ($3.9 \pm 0.8^\circ$ frente a $4.6 \pm 1.1^\circ$; $p < 0.01$) (García-Grimaldo et al., 2025).

Limitaciones, sesgos y consideraciones prácticas.

En el paciente en estado crítico, la variabilidad biológica extrema actúa como una variable de confusión ineludible que distorsiona las mediciones

bioeléctricas primarias. Las ecuaciones de la BIA asumen una distribución hídrica estable y propiedades dieléctricas constantes; sin embargo, condiciones como la inestabilidad hemodinámica y el consecuente uso de soporte farmacológico, como los vasopresores, impactan los resultados al registrarse en estados donde las alteraciones o deficiencias en la perfusión periférica tisular modifican de manera localizada la conductividad eléctrica de los tejidos (Jones et al., 2015; Malbrain et al., 2014). Sumado a estas alteraciones de la microcirculación, existen factores intercurrentes durante el estado de choque, tales como fluctuaciones en la temperatura cutánea y ambiental, fiebre o sudoración profusa, los cuales afectan directamente la resistencia de la piel e interfieren con la obtención de los parámetros celulares (Malbrain et al., 2014; Moonen & Van Zanten, 2021).

El manejo avanzado de fluidos representa otro reto, especialmente en pacientes con requerimiento de terapia de reemplazo renal. Las alteraciones dinámicas y los desplazamientos masivos de líquidos intra y extracelulares generados por estas terapias provocan incrementos drásticos en la resistencia tisular, tanto en bajas como en altas frecuencias, impactando significativamente y de forma inmediata la estimación predictiva de la masa libre de grasa (Ismael et al., 2014). En este complejo escenario, el momento preciso de la medición es fundamental; las evaluaciones deben realizarse de forma seriada y en periodos de relativa estabilidad volémica y hemodinámica, programándolas idealmente a la misma hora cada día y antes de iniciar intervenciones disruptivas como el soporte nutricional o la administración de expansores plasmáticos (cristaloides hipertónicos o coloides) (Dumitriu et al., 2025; Ismael et al., 2014).

Los estados de sobrecarga hídrica severa, manifestados como anasarca, edema generalizado, ascitis o derrames pleurales, distorsionan la asunción teórica de que el agua se distribuye uniformemente (Malbrain et al., 2014; Moonen & Van Zanten, 2021). Dado que los modelos de la BIA asumen al cuerpo como un conductor cilíndrico homogéneo y son mucho más sensibles a las fluctuaciones de volumen en las extremidades que en el tronco, la retención de

líquidos o edema intersticial induce a una subestimación de la resistencia y conduce a una sobreestimación de la masa muscular (Malbrain et al., 2014; Moonen & Van Zanten, 2021). Esta imprecisión se exacerba ante alteraciones electrolíticas severas, ya que las variaciones agudas en las concentraciones tisulares de sodio incrementan la conductividad y disminuyen la resistencia del compartimento extracelular de forma intrínseca, introduciendo sesgos independientes al volumen hídrico real (Moonen & Van Zanten, 2021).

La BIA segmental utiliza ocho electrodos para modelar el cuerpo en cinco compartimentos independientes, lo cual incrementa notablemente su precisión (Moonen & Van Zanten, 2021). Por el contrario, en el paciente crítico, los dispositivos de frecuencia única (SF-BIA) y los modelos bipolares periféricos (pie-pie o mano-mano) resultan ineficientes tanto para la investigación como para la toma de decisiones clínicas (Dumitriu et al., 2025). Estos métodos de menor precisión presentan graves sesgos frente a la variabilidad biológica del paciente grave, ya que son incapaces de diferenciar una expansión de líquidos extracelular asimétrica al no poder realizar un análisis segmental de los líquidos (Samoni & Bonilla-Resnéndiz, 2019).

A pie de cama, estos desafíos exigen consideraciones metodológicas estrictas para garantizar la reproducibilidad de la señal eléctrica. La postura física es primordial, aunque la recomendación exige el decúbito supino horizontal para la correcta ecualización de los fluidos, la elevación de la cabecera —común en pacientes bajo ventilación mecánica— altera, por la gravedad, la distribución del agua corporal, comprometiendo la credibilidad de la medición (Malbrain et al., 2014; Moonen & Van Zanten, 2021). Finalmente, debe prevenirse la interferencia del entorno físico, asegurando que el paciente esté aislado de los marcos o superficies metálicas de la cama (Jones et al., 2015; Malbrain et al., 2014; Sanson et al., 2024).

La validez de la BIA en el paciente en cuidados intensivos depende de la implementación de protocolos de medición meticulosamente estandarizados. Es un error metodológico asumir

que distintos dispositivos de BIA proporcionan resultados equivalentes; la evidencia demuestra que equipos con especificaciones y esquemas de medición similares exhiben diferencias clínicas significativas en su desempeño analítico. El uso de equipos sin calibrar compromete sustancialmente la fiabilidad de los datos, documentando desviaciones entre un 22% y un 50% en las mediciones de la impedancia y reactancia del tronco, induciendo márgenes de error inaceptables en el cálculo del agua corporal total (D. B. Kim et al., 2026). Reducir el sesgo inter e intraobservador requiere que cada evaluación se ejecute bajo condiciones posturales, ambientales y temporales altamente reproducibles, controlando estrictamente las variables metodológicas (Dumitriu et al., 2025).

Checklist para la implementación exitosa de la BIA en el paciente crítico: control de varianza preanalítica para la medición en la UCI.

Preparación del paciente y el entorno.

Estandarizar el posicionamiento e inclinación: asegurar que el paciente se encuentre en decúbito supino tras un periodo de reposo absoluto sin movilizaciones (idealmente de 5 a 10 minutos previos). Permitir una pequeña elevación de la cabecera de la cama menor a 20° o una inclinación máxima de hasta 30°-45° (según requerimientos ventilatorios), siempre y cuando se repliquen exactamente los mismos grados en las mediciones subsecuentes. Evitar la elevación no estandarizada del tronco, ya que la gravedad altera de forma aguda la distribución del agua corporal (Dupertuis et al., 2025; Looijaard et al., 2020; Malbrain et al., 2014). Es necesario evitar la presencia de agua en la cama (la cual altera la conducción eléctrica).

Garantizar que las extremidades no se toquen entre sí: separar los brazos del tronco en un ángulo aproximado de 30° y separar las piernas entre sí en un ángulo aproximado de 45° para prevenir que la piel se toque y se generen interferencias en la conducción eléctrica (Lima et al., 2022; Sanson et al., 2024).

Aislar de superficies metálicas: evitar cualquier contacto de las extremidades o el cuerpo del paciente con los barandales, marcos metálicos de

la cama u otros equipos conductores. En pacientes con obesidad puede ser necesario colocar material aislante (ej. una toalla seca) entre los brazos y el tronco, y entre los muslos, rodillas y tobillos (Samoni & Bonilla-Reséndiz, 2019; Sanson et al., 2024).

Controlar las variables hemodinámicas y el momento de medición: programar la evaluación a la misma hora todos los días. Realizar la medición estrictamente antes de intervenciones como la administración de bolos de fluidos intravenosos o el inicio del soporte nutricional (Dumitriu et al., 2025; Moonen & Van Zanten, 2021).

Verificar la estabilidad hemodinámica: confirmar que no se hayan introducido ni se hayan modificado las dosis de fármacos vasoactivos (vasopresores) en las 4 horas previas a la medición, ya que estos alteran significativamente la microcirculación y la perfusión periférica (Ismael et al., 2014).

Colocación técnica y medición.

Calibración del equipo de BIA: para garantizar un nivel de confianza adecuado, los equipos deben calibrarse utilizando, de preferencia, simuladores de impedancia corporal estándar o medidores LCR. Esto permite obtener una medición estandarizada con un alto nivel de confianza. (D. B. Kim et al., 2026).

Preparar y asear adecuadamente la piel: limpiar la piel en los sitios anatómicos de colocación de los electrodos utilizando alcohol (70% o isopropílico) o solución salina. Frotar con una torunda y secar completamente la superficie antes de la adhesión de los sensores para eliminar la sudoración y reducir la resistencia cutánea (Dupertuis et al., 2025; Samoni & Bonilla-Reséndiz, 2019; Thibault et al., 2016).

Posicionar los electrodos bajo métrica estandarizada: utilizar electrodos adhesivos desechables y asegurarse de que el área de gel conductivo sea de al menos 400 mm². Mantener una separación de al menos 5 cm entre el electrodo emisor (señal) y el electrodo detector (voltaje) ubicados en el dorso de la mano/muñeca y el pie/tobillo ipsilateral (Dupertuis et al., 2025; Looijaard et al., 2020; Sanson et al., 2024).

Evitar lesiones cutáneas y catéteres periféricos: evitar posicionar electrodos sobre zonas con edema altamente localizado, apósitos, heridas, fracturas o extremidades amputadas (Ismael et al., 2014; Sanson et al., 2024; Thibault et al., 2016).

Cuando NO medir o interpretar con extrema cautela Pérdida de la integridad cutánea y quemaduras: La medición está contraindicada si los sitios anatómicos para la colocación de electrodos presentan quemaduras, lesiones severas y pérdida de continuidad dérmica (D. B. Kim et al., 2026; Sanson et al., 2024).

Retrasar la medición ante la terapia de reemplazo renal continua o diálisis: no evaluar al paciente durante sesiones de terapias extracorpóreas debido a las fluctuaciones hídricas. Ejecutar la medición en dos tiempos: inmediatamente antes de iniciar la terapia, y postergar la segunda evaluación hasta al menos 30 minutos después de finalizada la sesión para permitir el reequilibrio y la recirculación de los compartimentos hídricos (Ismael et al., 2014; Jones et al., 2015). Si el analizador de bioimpedancia cuenta con la función específica de "diálisis", se recomienda activarla y realizar la medición siguiendo estrictamente las indicaciones del fabricante.

Interferencias relacionadas a dispositivos médicos: En la UCI, los equipos eléctricos, como los dispositivos de monitorización y los ventiladores mecánicos, pueden alterar la medición de la bioimpedancia debido a la interferencia electromagnética. Mientras que algunos reportes advierten que la interferencia de frecuencias entre distintos sistemas bioeléctricos compromete la calidad de la señal, otros ensayos clínicos prospectivos han demostrado que la presencia de cables de monitorización cardíaca continua o sensores transcutáneos de oxígeno no genera diferencias estadísticamente significativas en los valores de resistencia y reactancia. Ante esta incertidumbre, el control de calidad exige no la contraindicación absoluta del método, pero sí la estandarización estricta del entorno: el profesional de la salud debe documentar el soporte vital activo y asegurar que las evaluaciones seriadas intra-sujeto se realicen bajo las mismas condiciones de instrumentación periférica (Comym et al., 2016; Jacobs et al., 2026).

Verificar presencia de dispositivos cardíacos eléctricos: no medir a pacientes con dispositivos como marcapasos o desfibriladores automáticos implantables debido al riesgo teórico de inducir descargas o una respuesta incorrecta, a menos que un protocolo institucional de seguridad cardiológica avale específicamente su uso (Ismael et al., 2014; Jones et al., 2015; Malbrain et al., 2014).

Posicionamiento en decúbito prono: La BIA debe realizarse con el paciente en posición supina, permitiendo una elevación máxima del tronco de 30° a 45°, ya que elevaciones mayores alteran la distribución del agua por gravedad (Sanson et al., 2024; Malbrain et al., 2014). La medición carece de validez en pacientes sometidos a ventilación en decúbito prono (frecuente en el síndrome de dificultad respiratoria aguda severo). En esta posición, el desplazamiento de fluidos hacia la región ventral altera la geometría cilíndrica del conductor que asumen los algoritmos del dispositivo, corrompiendo la estimación de los compartimentos (Malbrain et al., 2014).

REFERENCIAS.

- Ait Hssain, A., Farigon, N., Merdji, H., Guelon, D., Bohé, J., Cayot, S., Chabanne, R., Constantin, J.-M., Pereira, B., Bouvier, D., Andant, N., Roth, H., Thibault, R., Sapin, V., Hasselmann, M., Souweine, B., Cano, N., Boirie, Y., & Dupuis, C. (2023). Body composition and muscle strength at the end of ICU stay are associated with 1-year mortality, a prospective multicenter observational study. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 42(10), 2070–2079.
<https://doi.org/10.1016/j.clnu.2023.09.001>
- Akamatsu, Y., Kusakabe, T., Arai, H., Yamamoto, Y., Nakao, K., Ikeue, K., Ishihara, Y., Tagami, T., Yasoda, A., Ishii, K., & Satoh-Asahara, N. (2022). Phase angle from bioelectrical impedance analysis is a useful indicator of muscle quality. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 13(1), 180–189.
<https://doi.org/10.1002/jcsm.12860>
- Barazzoni, R., Jensen, G. L., Correia, M. I. T. D., Gonzalez, M. C., Higashiguchi, T., Shi, H. P.,

- Bischoff, S. C., Boirie, Y., Carrasco, F., Cruz-Jentoft, A., Fuchs-Tarlovsky, V., Fukushima, R., Heymsfield, S., Mourtzakis, M., Muscaritoli, M., Norman, K., Nyulasi, I., Pisprasert, V., Prado, C., ... Compher, C. (2022). Guidance for assessment of the muscle mass phenotypic criterion for the Global Leadership Initiative on Malnutrition (GLIM) diagnosis of malnutrition. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 41(6), 1425–1433.
<https://doi.org/10.1016/j.clnu.2022.02.001>
- Barazzoni, R., Jensen, G. L., Correia, M. I. T. D., Gonzalez, M. C., Higashiguchi, T., Shi, H. P., Bischoff, S. C., Boirie, Y., Carrasco, F., Cruz-Jentoft, A., Fuchs-Tarlovsky, V., Fukushima, R., Heymsfield, S., Mourtzakis, M., Muscaritoli, M., Norman, K., Nyulasi, I., Pisprasert, V., Prado, C., ... Compher, C. (2022). Guidance for assessment of the muscle mass phenotypic criterion for the Global Leadership Initiative on Malnutrition (GLIM) diagnosis of malnutrition. *Clinical Nutrition*, 41(6), 1425–1433.
<https://doi.org/10.1016/j.clnu.2022.02.001>
- Basso, F., Berdin, G., Virzì, G. M., Mason, G., Piccinni, P., Day, S., Cruz, D. N., Wjewodzka, M., Giuliani, A., Brendolan, A., & Ronco, C. (2013). Fluid Management in the Intensive Care Unit: Bioelectrical Impedance Vector Analysis as a Tool to Assess Hydration Status and Optimal Fluid Balance in Critically Ill Patients. *Blood Purification*, 36(3–4), 192–199.
<https://doi.org/10.1159/000356366>
- Chamney, P. W., Wabel, P., Moissl, U. M., Müller, M. J., Bosy-Westphal, A., Korth, O., & Fuller, N. J. (2007). A whole-body model to distinguish excess fluid from the hydration of major body tissues. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 85(1), 80–89.
<https://doi.org/10.1093/ajcn/85.1.80>
- Compher, C., Bingham, A. L., McCall, M., Patel, J., Rice, T. W., Braunschweig, C., & McKeever, L. (2022). Guidelines for the provision of nutrition support therapy in the adult critically ill patient: The American Society for Parenteral and Enteral Nutrition. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 46(1), 12–41.
<https://doi.org/10.1002/jpen.2267>
- Comym, V. C., Macedu, Y. S., Neves, E. K. P. B., Bueno, A. C., Fernandez, H. C., Moreira, M. E. L., & Vieira, A. A. (2016). Interference of heart and transcutaneous oxygen monitoring in the measurement of bioelectrical impedance analysis in preterm newborns. *Jornal de Pediatria (Versão em Português)*, 92(5), 528–531.
<https://doi.org/10.1016/j.jpedp.2016.05.013>
- Da Silva, B. R., Gonzalez, M. C., Cereda, E., & Prado, C. M. (2022). Exploring the potential role of phase angle as a marker of oxidative stress: A narrative review. *Nutrition*, 93, 111493.
<https://doi.org/10.1016/j.nut.2021.111493>
- Dumitriu, A. M., Cobilinschi, C., Dumitriu, B., Vâlcea, S., Ungureanu, R., Popa, A., Ene, R., Țincu, R., Grințescu, I. M., & Mirea, L. (2025). Advancing Nutritional Care Through Bioelectrical Impedance Analysis in Critical Patients. *Nutrients*, 17(3), 380.
<https://doi.org/10.3390/nu17030380>
- Dupertuis, Y. M., Jimaja, W., Beardsley Levoy, C., & Genton, L. (2025). Bioelectrical impedance analysis instruments: How do they differ, what do we need for clinical assessment? *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 28(5), 379–387.
<https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000001142>
- Fazzini, B., Märkl, T., Costas, C., Blobner, M., Schaller, S. J., Prowle, J., Puthuchery, Z., & Wackerhage, H. (2023). The rate and assessment of muscle wasting during critical illness: A systematic review and meta-analysis. *Critical Care (London, England)*, 27(1), 2.
<https://doi.org/10.1186/s13054-022-04253-0>
- García Del Valle-Alegría, G. R., Osuna-Padilla, I. A., Gómez-Rodríguez, A. L., Alarcón-Dionet, A., Rodríguez-Díaz, Z., & Buendía-Roldán, I. (2024). Validity of bioelectric impedance analysis for body composition assessment in interstitial lung disease patients. *Nutrición Hospitalaria*, 41(4), 810–814.
<https://doi.org/10.20960/nh.04882>
- García-Grimaldo, A., Rodríguez-Moguel, N. C.,

- Godínez-Victoria, M., Rodríguez-Llamazares, S., Ríos-Ayala, M. A., Cadeza-Aguilar, J. D., & Osuna-Padilla, I. A. (2025). Associations between Intensive care unit acquired weakness with post-extubation dysphagia and other clinical outcomes-a cohort study in critically ill respiratory patients. *Clinical Nutrition ESPEN*, 66, 194–201. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2025.01.044>
- García-Grimaldo, A., Rodríguez-Moguel, N. C., Hernández-Cárdenas, C. M., & Osuna-Padilla, I. A. (2025). Comparison of fat-free mass adjusted for overhydration obtained by bioelectrical impedance and computed tomography in critically ill patients with COVID-19: A secondary analysis of a prospective cohort. *Nutrition in Clinical Practice*, ncp.70081. <https://doi.org/10.1002/ncp.70081>
- García-Grimaldo, A., Rodríguez-Moguel, N. C., Ríos-Ayala, M. A., Hernández-Cárdenas, C. M., Pensado-Piedra, L., & Osuna-Padilla, I. A. (2024). Muscle wasting in ICU-patients with COVID-19—Descriptive analysis and risk factors identification. *Medicina Intensiva*, 48(8), 487–490. <https://doi.org/10.1016/j.medine.2024.04.010>
- García-Grimaldo, A., Trujillo-Mercado, A. S., Rodríguez-Moguel, N. C., Ríos-Ayala, M. A., Hernández-Cardenas, C. M., & Osuna-Padilla, I. A. (2024). Association between longitudinal changes in phase angle and mortality rate in adults critically ill with COVID-19: A retrospective cohort study. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 48(8), 974–981. <https://doi.org/10.1002/jpen.2685>
- Ismael, S., Savalle, M., Trivin, C., Gillaizeau, F., D'Auzac, C., & Faisy, C. (2014). The consequences of sudden fluid shifts on body composition in critically ill patients. *Critical Care*, 18(2), R49. <https://doi.org/10.1186/cc13794>
- Jacobs, I., Lowe, A., Garcia, L., & Zhang, H. (2026). Advancing physical activity monitoring through bioimpedance measurement: A review. *Progress in Biomedical Engineering*, 8(2), 022002. <https://doi.org/10.1088/2516-1091/ae3671>
- Jones, S. L., Tanaka, A., Eastwood, G. M., Young, H., Peck, L., Bellomo, R., & Mårtensson, J. (2015). Bioelectrical impedance vector analysis in critically ill patients: A prospective, clinician-blinded investigation. *Critical Care*, 19(1), 290. <https://doi.org/10.1186/s13054-015-1009-3>
- Kim, D. B., Shin, S. S., & Kim, W.-S. (2026). Assessment of bioelectrical impedance analysis devices for data reliability of body impedance measurements. *Frontiers in Nutrition*, 12, 1705346. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1705346>
- Kim, D., Sun, J. S., Lee, Y. H., Lee, J. H., Hong, J., & Lee, J.-M. (2019). Comparative assessment of skeletal muscle mass using computerized tomography and bioelectrical impedance analysis in critically ill patients. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 38(6), 2747–2755. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.12.002>
- Lee, K.-E., Lee, J., Lee, S.-M., Oh, D. K., Lee, S. Y., Hyun, D.-G., Park, M. H., Lim, C.-M., Lee, H. Y., & on behalf of the Korean Sepsis Alliance (KSA) Investigators. (2025). Hyperosmolar Dehydration in Sepsis: Implications for Initial Fluid Management. *Critical Care Medicine*, 53(12), e2583–e2595. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000000689>
- Lima, J., Eckert, I., Gonzalez, M. C., & Silva, F. M. (2022). Prognostic value of phase angle and bioelectrical impedance vector in critically ill patients: A systematic review and meta-analysis of observational studies. *Clinical Nutrition*, 41(12), 2801–2816. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2022.10.010>
- Looijaard, W. G. P. M., Molinger, J., & Weijs, P. J. M. (2018). Measuring and monitoring lean body mass in critical illness. *Current Opinion in Critical Care*, 24(4), 241–247. <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000051>
- Looijaard, W. G. P. M., Stapel, S. N., Dekker, I. M., Rusticus, H., Remmelzwaal, S., Girbes, A. R. J., Weijs, P. J. M., & Oudemans-van Straaten, H. M. (2020). Identifying critically ill patients

- with low muscle mass: Agreement between bioelectrical impedance analysis and computed tomography. *Clinical Nutrition*, 39(6), 1809–1817. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2019.07.020>
- Malbrain, M. L. N. G., Huygh, J., Dabrowski, W., De Waele, J. J., Staelens, A., & Wauters, J. (2014). The use of bio-electrical impedance analysis (BIA) to guide fluid management, resuscitation and deresuscitation in critically ill patients: A bench-to-bedside review. *Anestezjologia Intensywna Terapia*, 46(5), 381–391. <https://doi.org/10.5603/AIT.2014.0061>
- Marra, M., Sammarco, R., De Lorenzo, A., Iellamo, F., Siervo, M., Pietrobelli, A., Donini, L. M., Santarpia, L., Cataldi, M., Pasanisi, F., & Contaldo, F. (2019). Assessment of Body Composition in Health and Disease Using Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) and Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DXA): A Critical Overview. *Contrast Media & Molecular Imaging*, 2019, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2019/3548284>
- Moonen, H. P. F. X., & Van Zanten, A. R. H. (2021). Bioelectric impedance analysis for body composition measurement and other potential clinical applications in critical illness. *Current Opinion in Critical Care*, 27(4), 344–353. <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000840>
- Mundi, M. S., Patel, J. J., & Martindale, R. (2019). Body Composition Technology: Implications for the ICU. *Nutrition in Clinical Practice*, 34(1), 48–58. <https://doi.org/10.1002/ncp.10230>
- Myatchin, I., Abraham, P., & Malbrain, M. L. N. G. (2020). Bio-electrical impedance analysis in critically ill patients: Are we ready for prime time? *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, 34(3), 401–410. <https://doi.org/10.1007/s10877-019-00439-0>
- Osuna-Padilla, I. A., Rodríguez-Moguel, N. C., Rodríguez-Llamazares, S., Aguilar-Vargas, A., Casas-Aparicio, G. A., Ríos-Ayala, M. A., & Hernández-Cardenas, C. M. (2022). Low phase angle is associated with 60-day mortality in critically ill patients with COVID-19. *JPEN. Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 46(4), 828–835. <https://doi.org/10.1002/jpen.2236>
- Osuna-Padilla, I. A., Rodríguez-Moguel, N. C., Rodríguez-Llamazares, S., Orsso, C. E., Prado, C. M., Ríos-Ayala, M. A., Villanueva-Camacho, O., Aguilar-Vargas, A., Pensado-Piedra, L. E., Juárez-Hernández, F., & Hernández-Cárdenas, C. M. (2022). Low muscle mass in COVID-19 critically-ill patients: Prognostic significance and surrogate markers for assessment. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 41(12), 2910–2917. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2022.02.019>
- Prado, C. M., Landi, F., Chew, S. T. H., Atherton, P. J., Molinger, J., Ruck, T., & Gonzalez, M. C. (2022). Advances in muscle health and nutrition: A toolkit for healthcare professionals. *Clinical Nutrition*, 41(10), 2244–2263. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2022.07.041>
- Reyes-Torres, C. A., Flores-López, A., Osuna-Padilla, I. A., Hernández-Cárdenas, C. M., & Serralde-Zúñiga, A. E. (2022). Phase angle and overhydration are associated with post-extubating dysphagia in patients with COVID-19 discharged from the ICU. *Nutrition in Clinical Practice*, 37(1), 110–116. <https://doi.org/10.1002/ncp.10781>
- Rodríguez-Moguel, N., Osuna-Padilla, I. A., Piekarska, K. B., Negrete-García, M.-F., Hernández-Muñoz, A., Contreras-Marín, J. A., Montaña-Mattar, R., & Casas-Aparicio, G. (2024). Fluid Status Assessment in Critically Ill Patients with COVID-19: A Retrospective Cohort Study. *Journal of Clinical Medicine*, 13(2), 540. <https://doi.org/10.3390/jcm13020540>
- Samoni, S., & Bonilla-Reséndiz, L. I. (2019). Noninvasive Methods of Fluid Status Assessment in Critically Ill Patients. En *Critical Care Nephrology* (pp. 821-825.e2). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-44942-7.00135-7>
- Sanson, G., Doriguzzi, L., Garbari, P., Ruggiero, M. J., Valentinuzzo, I., Mettullo, T., Stofa, E.,

- Fisicaro, M., Vecchiet, S., Mazzaro, E., Zanetti, M., & Fabiani, A. (2024). The severity of early fluid overload assessed by bioelectrical vector impedance as an independent risk factor for longer patient care after cardiac surgery. *Clinical Nutrition*, 43(3), 803–814. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2024.02.007>
- Schefold, J. C., Wollersheim, T., Grunow, J. J., Luedi, M. M., Z'Graggen, W. J., & Weber-Carstens, S. (2020). Muscular weakness and muscle wasting in the critically ill. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 11(6), 1399–1412. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12620>
- Silva-García, J., García-Grimaldo, A., Rodríguez-Moguel, N. C., Gómez-Rodríguez, A. L., Ríos-Ayala, M. A., Hernández-Cardenas, C. M., Cadeza-Aguilar, J. D., & Osuna-Padilla, I. A. (2025). Malnutrition is associated with clinical outcomes in mechanically ventilated patients with pneumonia and other lung manifestations: A retrospective cohort study. *Nutrition in Clinical Practice: Official Publication of the American Society for Parenteral and Enteral Nutrition*, 40(4), 870–879. <https://doi.org/10.1002/ncp.11269>
- Singer, P., Blaser, A. R., Berger, M. M., Calder, P. C., Casaer, M., Hiesmayr, M., Mayer, K., Montejo-Gonzalez, J. C., Pichard, C., Preiser, J.-C., Szczeklik, W., Van Zanten, A. R. H., & Bischoff, S. C. (2023). ESPEN practical and partially revised guideline: Clinical nutrition in the intensive care unit. *Clinical Nutrition*, 42(9), 1671–1689. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2023.07.011>
- Thibault, R., Makhlof, A.-M., Mulliez, A., Cristina Gonzalez, M., Kekstas, G., Kozjek, N. R., Preiser, J.-C., Rozalen, I. C., Dadet, S., Krznaric, Z., Kupczyk, K., Tamion, F., Cano, N., Pichard, C., Phase Angle Project Investigators, Graf, S., Heidegger, C. P., Guerreiro, M., Orlandi, S., ... Kunovic, A. (2016). Fat-free mass at admission predicts 28-day mortality in intensive care unit patients: The international prospective observational study Phase Angle Project. *Intensive Care Medicine*, 42(9), 1445–1453. <https://doi.org/10.1007/s00134-016-4468-3>
- van Gassel, R. J. J., Baggerman, M. R., & van de Poll, M. C. G. (2020). Metabolic aspects of muscle wasting during critical illness. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 23(2), 96–101. <https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000628>
- Yap, J., Rafii, M., Azcue, M., & Pencharz, P. (2017). Effect of Intravenous Infusion Solutions on Bioelectrical Impedance Spectroscopy. *JPEN. Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 41(4), 641–646. <https://doi.org/10.1177/0148607115619598>
- Zheng, W.-H., Zhao, Y.-H., Yao, Y., & Huang, H.-B. (2023). Prognostic role of bioelectrical impedance phase angle for critically ill patients: A systemic review and meta-analysis. *Frontiers in Medicine*, 9, 1059747. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.1059747>

Contribuciones de los autores.

J.R.B.V. y L.F.C.H. contribuyeron de manera equitativa en la realización de esta revisión narrativa al realizar la conceptualización, revisión de literatura (estado del arte) y metodología; M.G.V. y N.C.R.M. metodología, redacción-elaboración del borrador original y validación; A.G.G. escritura-revisión y edición.

Financiamiento.

El presente trabajo no recibió financiamiento del sector público ni del privado para su realización.

Conflicto de intereses.

A.G.G. declara tener una relación con Nestlé HealthCare Nutrition Inc. que incluye honorarios por conferencias y ponencias. Los otros autores, declaran no tener intereses financieros ni relaciones personales que pudieran haber influido en el trabajo presentado en este artículo.

Declaración sobre inteligencia artificial

Durante la redacción de este trabajo, los autores utilizaron NootebookLM (Google AI) para mejorar la legibilidad y el lenguaje del manuscrito. Tras utilizar

esta herramienta, los autores revisaron y editaron el contenido según fue necesario y asumen la total responsabilidad del contenido de la publicación final.