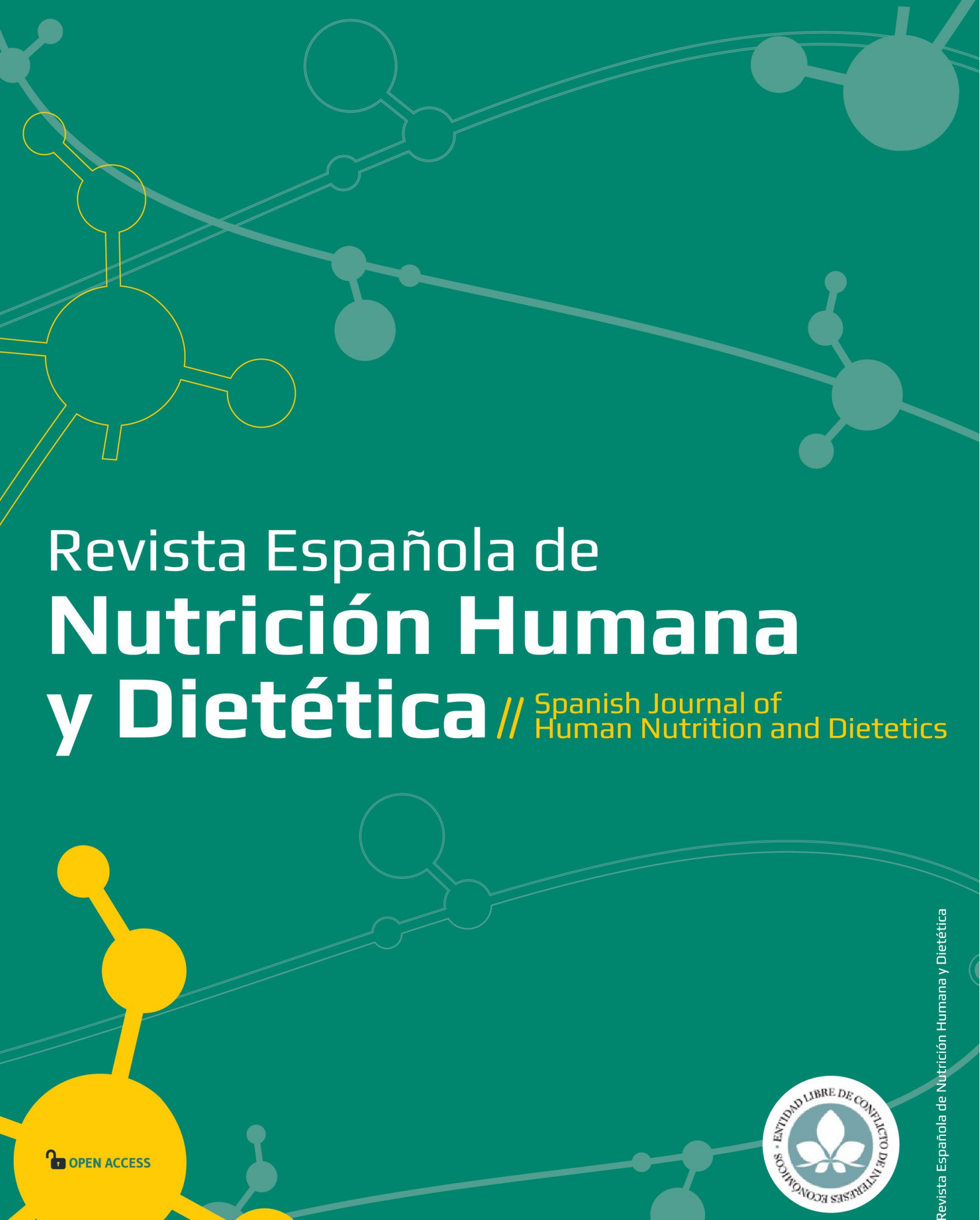




Revista Española de **Nutrición Humana y Dietética** // Spanish Journal of Human Nutrition and Dietetics

 OPEN ACCESS





Revista Española de Nutrición Humana y Dietética

Spanish Journal of Human Nutrition and Dietetics



ACADEMIA
ESPAÑOLA DE
NUTRICIÓN
Y DIETÉTICA



Miembro de:

AIBAN: Alianza Iberoamericana de Nutricionistas.

CIENTUT: Comité internacional por la Estandarización de la Nutriología.

EFAD: Federación Europea de Asociaciones de Dietistas.

ICDA: Confederación Internacional de Asociaciones de Dietistas.

COMITÉ EDITORIAL

Editor Jefe:

Macarena Lozano-Lorca
Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública,
Universidad de Granada, España.

Subdirector Editorial:

Manuel Reig García-Galbis
Departamento de Química Analítica, Nutrición y
Bromatología, Facultad de Ciencias, Universidad de
Alicante, España.

Editora Honoraria:

Nahyr Schinca Lecocq
Academia Española de Nutrición y Dietética, España.

Editores/as Asociados/as:

Rafael Almendra-Pegueros
Institut de Recerca de l'Hospital de la Santa Creu i
Sant Pau, Institut d'Investigació Biomèdica Sant Pau
(IIB SANT PAU), España.

Laura Álvarez Álvarez

Grupo de Investigación en Interacciones Gen-
Ambiente-Salud (GIGAS), Instituto de Biomedicina
(IBIOMED), Universidad de León, España

Evelia Apolinar Jiménez

Hospital Regional de Alta Especialidad del Bajío
adscrito a los Servicios de Salud del Instituto
Mexicano del Seguro Social para el Bienestar, IMSS-
Bienestar, León, Guanajuato, México.

María Victoria Aviles

Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos de
Entre Ríos, CONICET-UNER, Argentina.

Diego A. Bonilla

División de Investigación, Dynamical Business &
Science Society – DBSS International SAS, Colombia.

Rodrigo Daga

Centro de Salud Daniel Hernández, Red de Salud
Tayacaja, Huancavelica, Perú.

Tania Fernández-Villa

Departamento de Ciencias Biomédicas, Área de
Medicina Preventiva y Salud Pública, Universidad de
León, España.

Amparo Gamero Lluna

Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública,
Ciencias de la Alimentación, Toxicología y Medicina Legal,
Facultad de Farmacia, Universitat de València, España.

Joel Girón Hernández

Centro de los Biomateriales e Ingeniería Tisular,
Universitat Politècnica de València, España.

Ashuin Kammur García

Dirección de Investigación, Instituto Nacional de
Geriatría, Ciudad de México, México

Malak Kouiti

Departamento de Medicina Preventiva y Salud
Pública, Universidad de Granada, España.

Edna Judith Nava González

Facultad de Salud Pública y Nutrición, Universidad
Autónoma de Nuevo León, México.

Patricio Pérez-Armijo

Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Isabel
I, Burgos, España.

Édgar Pérez Esteve

Departamento de Tecnología de Alimentos,
Universitat Politècnica de València, España.

Cristina Ruano Rodríguez

Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de
Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), España.

Claudia Troncoso-Pantoja

Facultad de Medicina, Universidad Católica de la
Santísima Concepción, Chile.

CONSEJO EDITORIAL EJECUTIVO

Nutrición básica y aplicada:

Alfredo Martínez (coordinador)
Universidad de Navarra, Pamplona, España.

Itziar Zazpe García
Universidad de Navarra, Pamplona, España.

Marta Cuervo Zapatel
Universidad de Navarra, Pamplona, España.

Marta Garaulet Aza
Universidad de Murcia, España.

José Luis Santos (Chile)
Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

Nutrición clínica y hospitalaria:

María del Mar Ruperto López (coordinadora)
Universidad Alfonso X el Sabio, Madrid, España.

Violeta Moize Arcone
Grupo Hospitalario Quirón, España.

María Garriga García
Hospital Universitario Ramón y Cajal, España.

Emili Ros Rahola
Hospital Clínico de Barcelona, España.

Horacio González (Argentina)
Hospital de Niños Sor María Ludovica, Argentina.

Josefina Bressan (Brasil)
Universidad Federal de Viçosa, Brasil.

Educación alimentaria y sanitaria:

Manuel Moñino
Colegio Oficial de Dietistas-Nutricionistas de les Illes
Balears, España.

Edurne Simón
Universidad del País Vasco, España.

Francisco Gómez Pérez
Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, España.

Graciela González (Argentina)

Asociación Argentina de Dietistas y Nutricionistas,
Argentina.

Cultura alimentaria, sociología, antropología de la alimentación y psicología:

Elena Espeitx (coordinadora)
Universidad de Zaragoza, España.

Joy Ngo
Fundación para la Investigación Nutricional,
Barcelona, España.

Gemma López-Guimerá
Universidad Autónoma de Barcelona, España.

Pilar Ramos
Universidad de Sevilla, España.

Patricia Marcela Aguirre de Tarrab (Argentina)
Instituto de Altos Estudios Sociales (IDAES),
Argentina.

Cooperación Humanitaria y Nutrición:

José Miguel Soriano del Castillo (coordinador)
Universidad de Valencia, España.

Alma Palau Ferré
Colegio Oficial de Dietistas y Nutricionistas de la
Comunitat Valenciana, España.

Gloria Domènech
Universidad de Alicante, España.

Estefanía Custodio
Instituto de Salud Carlos III, España.

Faviola Susana Jiménez Ramos (Perú)
Red Peruana de Alimentación y Nutrición (RPAN),
Perú.

Hilda Patricia Núñez Rivas (Costa Rica)
Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza
en Nutrición y Salud (INCIENSA), Costa Rica.

Geraldine Maurer Fossa (Perú)
Alerta Nutricional, Perú.

Tecnología culinaria y gastronomía:

Giuseppe Russolillo (coordinador)
Asociación Española de Dietistas-Nutricionistas,
Barcelona, España.

Antonio Vercet
Universidad de Zaragoza, España.

Alicia Bustos
Universidad de Navarra, España.

Yolanda Sala
Asociación Española de Dietistas-Nutricionistas,
España.

Javier García-Luengo Manchado
Escuela Universitaria de Artes y Espectáculos,
Universidad Rey Juan Carlos, España.

Andoni Luís Aduriz
Mugaritz, España.

Bromatología, toxicología y seguridad alimentaria:

Iciar Astiasarán (coordinadora)
Universidad de Navarra, España.

Roncesvalles Garayoa
Universidad de Navarra, España.

Carmen Vidal Carou
Universidad de Barcelona, España.

Diana Ansorena
Universidad de Navarra, España.

María Teresa Rodríguez Estrada (Italia)
Universidad de Bologna, Italia.

Nutrición Comunitaria y Salud Pública:

Mª del Rocío Ortiz (coordinadora)
Universidad de Alicante, España.

Andreu Farran
Universidad de Barcelona, España.

Carlos Álvarez-Dardet
Universidad de Alicante, España.

Jesús Vioque

Universidad Miguel Hernández, España.

Odilia I. Bermúdez (Estados Unidos)

Tufts University School of Medicine, Estados Unidos.

Dietética Aplicada y Dietoterapia:

Julia Wärnberg
Universidad de Málaga, España.

Cleofé Pérez-Portabella Maristany
Hospital Vall d'Hebron, España.

Marina Torresani
Universidad de Buenos Aires, Argentina.

Laura López
Universidad de Buenos Aires, Argentina.

Consejo Editorial consultivo:

Josep Boatella
Universidad de Barcelona, España.

Pilar Cervera
Asociación Española de Dietistas-Nutricionistas,
España.

Margarita Jansà
Hospital Clínico de Barcelona, España.

Ana Pérez-Heras
Hospital Clínico de Barcelona, España.

Mercè Planas
Hospital Vall d'Hebron, España.

Ramón Tormo
Grupo Hospitalario Quirón, España.

Revista Española de Nutrición Humana y Dietética

Spanish Journal of Human Nutrition and Dietetics



ACADEMIA
ESPAÑOLA DE
NUTRICIÓN
Y DIETÉTICA



Miembro de:

AIBAN: Alianza Iberoamericana de Nutricionistas.

CIENUT: Comité internacional por la Estandarización de la Nutriología.

EFAD: Federación Europea de Asociaciones de Dietistas.

ICDA: Confederación Internacional de Asociaciones de Dietistas.

COMITÉ DIRECTIVO DE LA ACADEMIA

Giuseppe Russolillo Femenías
Presidente

Cleofé Pérez Portabella
Emérita y Vicepresidente Primera

Iva Marques Lopes
Miembro de Honor

Martina Miserachs Blasco
Vicepresidenta Segunda y Miembro de Honor

María Casadevall Moliner
Miembro de Honor

Nahyr Schinca Lecocq
Emérita y Editora Honoraria de Actividad Dietética

Yolanda Sala Vidal
Emérita de Honor

Antonio Valls
Secretario y Miembro de Honor

Alma Palau Ferré
Miembro de Honor

Academia Española de Nutrición y Dietética: C/ Luis Morondo, 4 • Oficina 5 • 31006 Pamplona (España).



Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0).

Todos los contenidos publicados en la Revista Española de Nutrición Humana y Dietética se distribuyen bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0).

Esto permite copiar, redistribuir, adaptar y reutilizar el material únicamente para fines no comerciales, siempre que se cite adecuadamente la fuente original y cualquier obra derivada se comparta bajo la misma licencia.

Licencia completa: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

La Academia Española de Nutrición y Dietética no tendrá responsabilidad alguna por las lesiones y/o daños sobre personas o bienes que sean el resultado de presuntas declaraciones difamatorias, violaciones de derechos de propiedad intelectual, industrial o privacidad, responsabilidad por producto o negligencia. Tampoco asumirán responsabilidad alguna por la aplicación o utilización de los métodos, productos, instrucciones o ideas descritos en el presente material. En particular, se recomienda realizar una verificación independiente de los diagnósticos y de las aplicaciones terapéuticas.

Diamond Open Access

La Revista Española de Nutrición Humana y Dietética sigue el modelo de Diamond Open Access, lo que significa que todos los contenidos se publican en acceso abierto inmediato y que no se cobran tasas de publicación (APC) a los autores ni costes de acceso a los lectores. La actividad editorial se sostiene gracias al trabajo voluntario del equipo editorial y de las personas revisoras, mientras que los costes de gestión y mantenimiento de la revista son financiados íntegramente por la Academia Española de Nutrición y Dietética. Este modelo permite garantizar la difusión abierta del conocimiento científico en nutrición humana y dietética sin barreras económicas para autores ni lectores.

Protección de datos:

La Academia Española de Nutrición y Dietética (la Academia) garantiza la protección de todos los datos de carácter personal que proporcione el Usuario y el cumplimiento de lo dispuesto en el Reglamento General de Protección de Datos (UE) 2016/679 de 27 de abril de 2016, del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE (en adelante RGPD); en la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre de Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD); en el reglamento de desarrollo de la LOPD, el RD 1720/2007 de 21 de diciembre y/o normativa española vigente que le sustituya en materia de protección y tratamiento de datos de carácter personal. Puede ver la Política de Privacidad y Protección de datos personales en la página web de la Academia <https://www.academianutricionydietetica.org/pro/politica-privacidad/>

Correo electrónico: j.manager@renhyd.org

Depósito legal: B-17288-2011

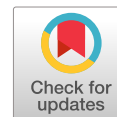
ISSN (print): 2173-1292 • ISSN (online): 2174-5145

Abreviatura: Rev Esp Nutr Hum Diet

DOI revista: 10.14306/renhyd

Revista Española de Nutrición Humana y Dietética

Spanish Journal of Human Nutrition and Dietetics



www.renhyd.org

EDITORIAL

Impacto de los incendios en la seguridad alimentaria y el acceso a una alimentación saludable

➤ Impact of Wildfires on Food Security and Access to a Healthy Diet

Laura Álvarez-Álvarez^{a,b,*}, Tania Fernández-Villa^{a,b}, Macarena Lozano-Lorca^{b,c,d}, Édgar Pérez-Esteve^e, Ashuin Kammar-García^f, Amparo Gamero^g, Fanny Petermann-Rocha^h, Claudia Troncoso-Pantoja^{i,j}, Patricio Pérez-Armijo^k, Diego A. Bonilla^{l,m}, Evelia Apolinar-Jiménezⁿ, Manuel Reig García-Galbis^o, Edna J. Nava-González^p

a Grupo de Investigación en Interacciones Gen-Ambiente y Salud (GIIGAS) / Instituto de Biomedicina (IBIOMED), Universidad de León, León, España.

b Centro de Investigación Biomédica en Red de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), Madrid, España.

c Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, Universidad de Granada, Granada, España.

d Instituto de Investigación Biosanitaria ibs.GRANADA, Granada, España.

e Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos FoodUPV, Universitat Politècnica de València, Valencia, España.

f Dirección de Investigación, Instituto Nacional de Geriátrica, Ciudad de México, México.

g Grupo de investigación Bionutest, Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, Ciencias de la Alimentación, Toxicología y Medicina Legal, Universitat de València, Valencia, España.

h Centro de Investigación Biomédica, Facultad de Medicina, Universidad Diego Portales, Santiago, Chile.

i Departamento de Salud Pública, Facultad de Medicina, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción, Chile.

j Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, Universidad Arturo Prat, Iquique, Chile.

k Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Isabel I, Burgos, España.

l Research Group in Sports Nutrition (DBSS-Nut), Dynamical Business & Science Society – DBSS International SAS, Bogotá, Colombia.

m Grupo de investigación Nutral, Facultad de Ciencias Alimentarias y Farmacéuticas, Universidad CES, Medellín, Colombia.

n Departamento de Investigación, Hospital Regional de Alta Especialidad del Bajío adscrito a los Servicios de Salud del Instituto Mexicano del Seguro Social para el Bienestar (IMSS-Bienestar), León, Guanajuato, México.

o Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología, Facultad de Ciencias, Universidad de Alicante, España.

p Facultad de Salud Pública y Nutrición, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.

*laiva@unileon.es

Editor Asignado: Rafael Almendra-Pegueros, Institut de Recerca Sant Pau (IR SANT PAU), Barcelona, España

Recibido: 31/12/2025; Aceptado: 31/12/2025; Publicado: 31/12/2025

CITA

Álvarez-Álvarez L, Fernández-Villa T, Lozano-Lorca M, Pérez-Esteve E, Kammar-García A, Gamero A, Petermann-Rocha F, Troncoso-Pantoja C, Pérez-Armijo P, Bonilla DA, Apolinar-Jiménez E, Reig García-Galbis M, Nava-González EJ. Impacto de los incendios en la seguridad alimentaria y el acceso a una alimentación saludable. Rev Esp Nutr Hum Diet. 2025; 29(4): e2725.

doi: <https://doi.org/10.14306/renhyd.29.4.2725>



La creciente amenaza global de los incendios forestales se ha manifestado con severidad en Iberoamérica durante su estación seca de 2025. Como ejemplo reciente, durante el verano de 2025, España sufrió una ola de incendios forestales sin precedentes, con cerca de 400.000 hectáreas quemadas concentrándose principalmente en las provincias de León, Ourense y Zamora¹. Este daño ambiental podría convertirse en un problema de salud pública a corto y medio plazo si no se aborda mediante políticas integrales, ya que su impacto es multidimensional y afecta a la sostenibilidad alimentaria, la salud pública y el bienestar psicológico².

Frente a una emergencia de esta envergadura, la seguridad alimentaria se ve comprometida en todos sus pilares (disponibilidad, acceso físico, social y económico a alimentos en todo momento) ya que los incendios forestales destruyen cultivos, pastos e infraestructuras agrícolas, causan mortalidad en el ganado e interrumpen cadenas logísticas de almacenamiento y distribución. Además, el fuego altera la estructura y fertilidad del suelo, lo que puede disminuir la productividad de la tierra durante varios años³.

El resultado es un aumento del riesgo de malnutrición, especialmente en comunidades rurales dependientes de la producción local. Estas pérdidas disminuyen la oferta local de alimentos frescos y encarecen los precios, incrementando la dependencia de suministros externos. A pesar de que aún faltan estudios específicos sobre el estado nutricional de las poblaciones afectadas tras incendios forestales, la evidencia sobre sus efectos negativos en la accesibilidad y seguridad alimentaria es creciente⁴. Por otra parte, los incendios generan grandes cantidades de ceniza y compuestos tóxicos (partículas en suspensión que incluyen, hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAHs) y metales pesados) que pueden depositarse sobre suelos, cultivos y pastos, contaminándolos. Estas sustancias pueden alcanzar alimentos frescos y forrajes, entrando así en la cadena alimentaria tanto humana como animal. Estudios recientes muestran que los incendios aumentan la presencia de PAHs y otros compuestos tóxicos en suelos y agua, y alertan sobre riesgos para la seguridad alimentaria y la salud. Además, estas sustancias pueden desplazarse miles de kilómetros, lo que se ha relacionado con un mayor número de ingresos hospitalarios, partos prematuros e incluso bajo peso al nacer, tal y como indica la Sociedad Española de Epidemiología (SEE)⁴.

Los incendios y la exposición al humo también tienen un fuerte impacto psicológico. Las pérdidas materiales, las evacuaciones de pueblos enteros y la incertidumbre sobre el futuro generan ansiedad, insomnio y episodios depresivos⁵. A esta situación se suma la incertidumbre respecto a la seguridad y disponibilidad de alimentos tras las catástrofes naturales: el miedo a que los alimentos locales estén contaminados, la preocupación por el encarecimiento de la cesta básica y la pérdida de medios de vida agrarios⁶.

Teniendo en cuenta la estrecha relación entre la salud mental y la nutrición, esta situación de estrés puede traducirse en alteraciones del apetito y cambios en la conducta alimentaria. Esto conlleva un riesgo de desnutrición por ingesta insuficiente,

así como un empeoramiento en la calidad de las dietas debido a un mayor consumo de productos ultraprocesados (utilizados como mecanismo de afrontamiento) y a la evitación de ciertos productos locales⁷. Por otra parte, los trastornos del sueño, comunes tras catástrofes, desajustan los ritmos circadianos y alteran el metabolismo, lo que favorece la aparición de sobrepeso y enfermedades crónicas⁸.

Esta situación de inseguridad alimentaria puede suponer un mayor riesgo para ciertos grupos poblacionales como son los niños, mujeres embarazadas y lactantes, ancianos o personas con enfermedades crónicas. En estos colectivos, la pérdida de acceso a dietas variadas o la exposición a alimentos contaminados puede traducirse rápidamente en déficits de micronutrientes e incluso, en casos más graves, en anemias⁹.

Ante este escenario, resulta urgente implementar medidas integrales que incluyan: garantizar el suministro de emergencia de alimentos frescos y agua potable; realizar una evaluación rápida del territorio que incluya vigilancia alimentaria y del estado nutricional, con el fin de detectar tanto contaminantes derivados de los incendios (PAHs, metales pesados, etc.) como deficiencias nutricionales que puedan ser corregidas mediante intervenciones focalizadas, acompañadas de apoyo económico; integrar el apoyo psicosocial y la educación nutricional; e invertir en la reconstrucción agrícola y en una gestión forestal sostenible que reduzca la magnitud de futuros incendios.

Los incendios del último año no solo han quemado hectáreas de bosque en nuestro país, sino que también han dejado huellas menos visibles, como la alteración de hábitos alimentarios, la malnutrición y el impacto psicológico. Por ello, desde la Revista Española de Nutrición Humana y Dietética (RENHyD), remarcamos la importancia de apostar por un modelo de Salud Global (One Health), que integre la salud humana, el medio ambiente y la producción agroalimentaria, reconociendo que solo desde un enfoque holístico podremos garantizar el bienestar y la resiliencia de nuestras comunidades ante los retos climáticos del futuro cada vez más cercano.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Todos los autores participaron en la concepción, redacción del manuscrito y aprobaron la versión final del mismo.

FINANCIAMIENTO

No existió financiamiento para la redacción de este manuscrito.

CONFLICTOS DE INTERÉS

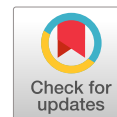
Los autores son editores asociados de la Revista Española de Nutrición Humana y Dietética (RENHYD).

REFERENCIAS

- (1) EFFIS - Statistics Portal [Internet]. Disponible en: <https://forest-fire.emergency.copernicus.eu/apps/effis.statistics/seasonaltrend>
- (2) Díaz J, Linares Gil C, López Bueno JA. Cómo afectan los incendios forestales a la salud de la población incluso en lugares alejados [Internet]. The Conversation España. 2025 Aug 28. Disponible en: <https://theconversation.com/como-afectan-los-incendios-forestales-a-la-salud-de-la-poblacion-incluso-en-lugares-alejados-263834>
- (3) O'Hara KC, Ranches J, Roche LM, Schohr TK, Busch RC, Maier GU. Impacts from Wildfires on Livestock Health and Production: Producer Perspectives. *Animals (Basel)*. 2021;11(11):3230. <https://doi.org/10.3390/ani11113230>
- (4) Press E. La SEE alerta de que el humo de los incendios forestales puede aumentar la mortalidad por causas respiratorias. Disponible en: <https://www.infosalus.com/actualidad/noticia-see-alerta-humo-incendios-forestales-puede-aumentar-mortalidad-causas-respiratorias-20250819114730.html>
- (5) To P, Eboreime E, Agyapong VIO. The Impact of Wildfires on Mental Health: A Scoping Review. *Behav Sci (Basel)*. 2021;11(9):126. <https://doi.org/10.3390/bs11090126>
- (6) Juarez R, Phankitnirundorn K, Ozorio Dutra SV, Bond-Smith D, Lee AG, et al. Health and Social Support in the Aftermath of the Maui Wildfires. *JAMA Netw Open*. 2025;8(8):e2525430. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2025.25430>
- (7) Chrzastek Z, Guligowska A, Sobczuk P, Kostka T. Dietary factors, risk of developing depression, and severity of its symptoms in older adults-A narrative review of current knowledge. *Nutrition*. 2023;106:111892. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2022.111892>
- (8) Isaac F, Toukhsati SR, Di Benedetto M, Kennedy GA. A Systematic Review of the Impact of Wildfires on Sleep Disturbances. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(19):10152. <https://doi.org/10.3390/ijerph181910152>
- (9) Lopes SO, Abrantes LCS, Azevedo FM, Morais NS, Morais DC, Gonçalves VSS, et al. Food Insecurity and Micronutrient Deficiency in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*. 2023;15(5):1074. <https://doi.org/10.3390/nu15051074>

Revista Española de Nutrición Humana y Dietética

Spanish Journal of Human Nutrition and Dietetics

www.renhyd.org

ARTÍCULO DE REVISIÓN

De la Microbiota a la Salud: Influencia de la Dieta, Métodos de Análisis y Retos Regulatorios

➤ From the Microbiota to Health: The Influence of Diet, Analytical Methods, and Regulatory Challenges

Martina Baizan-Urgell^a, Manuel Bernabeu^{a,*}, Ana Enríquez-Belenguer^a, Eduard Flores Ventura^{a,*}, Noemi Navarro-Lleó^a, Aroa Rodríguez^a, Anna Samarra^a, Anna Valls-Verdoy^a, Raúl Cabrera-Rubio^{a,*}

^a Departamento de Biotecnología, Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos – Consejo Superior de Investigaciones científicas (IATA-CSIC).

*mbernabeu@iata.csic.es; e.flores@iata.csic.es; rcabrerarubio@iata.csic.es

Editor Asignado: Rafael Almendra-Pegueros, Institut de Recerca Sant Pau (IR SANT PAU), Barcelona, España.

Recibido: 20/12/2024; Aceptado: 18/12/2025; Publicado: 21/12/2025

PALABRAS CLAVE

Microbioma
gastrointestinal

Disbiosis

Dieta mediterránea

Probióticos

Prebióticos

RESUMEN

El estudio de la microbiota intestinal tiene una gran relevancia en la comprensión de la salud humana y su relación con diversas enfermedades. La microbiota, compuesta por un complejo ecosistema de microorganismos, juega un papel crucial en funciones esenciales como la inmunomodulación y el metabolismo. Las alteraciones en este sistema, conocidas como disbiosis, están vinculadas a patologías como enfermedades inflamatorias intestinales, trastornos metabólicos y psiquiátricos. Avances recientes en herramientas analíticas han permitido no solo caracterizar la composición de la microbiota sino también entender su funcionalidad y las interacciones con el huésped. Este artículo examina las metodologías más recientes para el análisis de la microbiota, incluyendo la secuenciación de ARN ribosomal 16S, metagenómica completa, y técnicas como la metabolómica y la metaproteómica, destacando sus ventajas y limitaciones. Además, se discute el impacto significativo de la dieta en la composición y funcionalidad de la microbiota. Se abordan las influencias de los alimentos ultraprocesados y las dietas ricas en fibra, y cómo estas pueden modificar el equilibrio microbiano. Por otra parte, se explora la comercialización de análisis de microbiota que, pese a su popularidad y promesas de beneficios para la salud, enfrentan críticas por la falta de regulación y estandarización. Este escenario refuerza la necesidad de un marco regulatorio más estricto para garantizar la fiabilidad y seguridad de estos análisis. En conclusión, mientras que los estudios de microbiota ofrecen perspectivas prometedoras para el desarrollo de terapias personalizadas y la mejora de la salud intestinal y general, también presentan desafíos significativos que requieren un enfoque riguroso y regulado para maximizar su potencial clínico y terapéutico. El artículo subraya la importancia de un enfoque personalizado en el manejo de la microbiota, considerando la variabilidad individual y los factores ambientales.

KEYWORDS

Microbiome
Gastrointestinal
Dysbiosis
Mediterranean diet
Probiotics
Prebiotics

ABSTRACT

The study of the intestinal microbiota is highly relevant in understanding human health and its relationship with a wide range of diseases. The microbiota, consisting of a complex ecosystem of microorganisms, plays a crucial role in essential functions such as immunomodulation and metabolism. Alterations in this system, known as dysbiosis, are linked to pathologies such as inflammatory bowel diseases, metabolic disorders, and psychiatric conditions. Recent advances in analytical tools have not only allowed the characterization of the microbiota's composition but also an understanding of its functionality and interactions with the host. This article examines the latest methodologies for analysing the microbiota, including 16S ribosomal RNA sequencing, shotgun metagenomics, and techniques such as metabolomics and metaproteomics, highlighting their advantages and limitations. Additionally, the significant impact of diet on the composition and functionality of the microbiota is discussed. The influences of ultra-processed foods and fibre-rich diets, and how these can modify the microbial balance, are addressed. Furthermore, the commercialization of microbiota analysis is explored, which despite its popularity and promises of health benefits, faces criticism for the lack of regulation and standardization. This scenario reinforces the need for a stricter regulatory framework to ensure the reliability and safety of these analyses. In conclusion, while microbiota studies offer promising prospects for the development of personalized therapies and the improvement of intestinal and overall health, they also present significant challenges that require a rigorous and regulated approach to maximize their clinical and therapeutic potential. The article emphasizes the importance of a personalized approach in managing the microbiota, considering individual variability and environmental factors.

MENSAJES
CLAVE

1. La microbiota intestinal se ha consolidado como un marcador clave de salud y enfermedad, pero la elevada variabilidad interindividual limita todavía su uso como herramienta diagnóstica rutinaria.
2. La dieta, especialmente la adherencia a un patrón mediterráneo y el consumo de alimentos ultraprocesados, modula de forma profunda la composición y funcionalidad de la microbiota intestinal.
3. Las herramientas ómicas para el estudio del microbioma (metataxonomía, metagenómica, metabolómica y metaproteómica) ofrecen gran potencial para la medicina personalizada, pero los test comerciales carecen aún de suficiente estandarización y regulación.
4. Un abordaje personalizado que integre dieta, datos socioeconómicos, nutrición, probióticos y prebióticos, junto con datos ómicos es esencial para trasladar el conocimiento sobre microbiota a la práctica clínica de forma segura y basada en la evidencia.

CITA

Baizan-Urgell M, Bernabeu M, Enríquez-Belenguer A, Flores Ventura E, Navarro-Lleó N, Rodríguez A, Samarra A, Valls-Verdoy A, Cabrera-Rubio R. De la Microbiota a la Salud: Influencia de la Dieta, Métodos de Análisis y Retos Regulatorios. Rev Esp Nutr Hum Diet. 2025; 29(4): e2381.
doi: <https://doi.org/10.14306/renhyd.29.4.2381>

INTRODUCCIÓN

La microbiota intestinal ha emergido como un elemento clave para entender la fisiología humana y su relación con diversas enfermedades. Constituye un ecosistema dinámico de microorganismos que interactúan con el huésped, influyendo en funciones vitales como la inmunomodulación y el metabolismo¹. Las alteraciones en su composición, conocidas como disbiosis, están asociadas a múltiples condiciones patológicas, incluidas enfermedades inflamatorias intestinales, trastornos metabólicos como la obesidad y la diabetes tipo 2, así como trastornos psiquiátricos como la ansiedad y la depresión².

La investigación del microbioma se ha expandido gracias al desarrollo de herramientas analíticas avanzadas que permiten caracterizar no solo la composición, sino también la funcionalidad de este complejo sistema³. Complementariamente, otras metodologías nos permiten evaluar las interacciones funcionales entre los microorganismos y su huésped, proporcionando información crítica sobre las rutas metabólicas activas y la producción de metabolitos relevantes⁴.

El impacto de la dieta en la microbiota es un área de investigación fundamental, ya que los patrones alimenticios pueden alterar significativamente su composición y funcionalidad. Los genes bacterianos provenientes de alimentos representan hasta un promedio del 3 % del microbioma intestinal adulto⁵. Los alimentos ultraprocesados, ricos en grasas, azúcares y aditivos, se han vinculado con una disminución de la diversidad microbiana y un aumento de la permeabilidad intestinal, lo que favorece la inflamación y el desarrollo de enfermedades no transmisibles (ENTs)^{6,7}. Por otro lado, estrategias nutricionales enfocadas en el consumo de fibra, prebióticos y probióticos han mostrado ser efectivas en la restauración de la diversidad microbiana y en la promoción de un equilibrio funcional en el microbioma⁸.

Este artículo revisa las principales metodologías disponibles para el análisis de la microbiota, abordando sus ventajas, limitaciones y aplicaciones en el ámbito de la investigación y la clínica. Asimismo, explora las conexiones entre el microbioma y la salud, destacando su relevancia en el contexto de la dieta, las enfermedades crónicas y el desarrollo de terapias personalizadas.

Microbiota y dieta

Las bacterias intestinales se adaptan a la dieta, por lo que cualquier variación en los nutrientes, incluso a corto plazo, alteran la composición de la microbiota, favoreciendo selectivamente que las bacterias puedan acceder y aprovechar mejor los nutrientes disponibles desde las primeras etapas de la vida⁹.

Desde la lactancia hasta la introducción de alimentos sólidos, los cambios en la alimentación modulan la diversidad microbiana, impactando directamente en la salud. En concreto, el periodo de lactancia está caracterizado por una baja diversidad microbiana (comparada con adultos) y una alta abundancia de *Bifidobacterium*¹⁰,

que desempeñan un papel esencial en la maduración del sistema inmune¹¹, son capaces de metabolizar los oligosacáridos de la leche materna (HMOs, por sus siglas en inglés) y tienen una mayor representación de genes que codifican enzimas implicadas en la biosíntesis de folato¹². La alimentación exclusiva con leche de fórmula, sin embargo, da lugar a una microbiota más diversa pero menos estable¹³, con una mayor prevalencia de *Clostridiales* y *Proteobacteria* en el microbioma intestinal¹⁴. Adicionalmente, la mayoría de estos infantes tiende a una mayor concentración de *Atopobium* y *Bacteroides* acompañado de un descenso de *Bifidobacterium* comparado con los niños que toman lactancia materna¹⁵. Esta diferencia en la composición de la microbiota se atribuye principalmente a la ausencia de HMOs en la leche de fórmula y un mayor contenido de proteínas, junto a fructo y galacto oligosacáridos complementarios que no son tan selectivos como los HMOs¹⁶. Estos oligosacáridos pueden estimular el crecimiento de varias especies bacterianas, lo que da lugar a una composición de la microbiota significativamente diferente a la observada en los bebés amamantados¹⁷.

El microbioma intestinal del lactante progresa en composición y función durante la introducción de alimentos sólidos a lo largo del primer año de vida. Este cambio alimentario provoca un aumento de la diversidad microbiana, lo que impulsa una estabilización progresiva hacia una estructura comunitaria similar a la del adulto, con una disminución de *Bifidobacterium* y un aumento de las bacterias productoras de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) como *Clostridium* spp y *Veillonellaceae*¹⁸. Este cambio en la abundancia, relativa a la funcionalidad y asignaciones taxonómicas, es de gran magnitud entre los 4 y 9 meses de edad, en comparación con el número de correlaciones observadas durante la diversificación continua de la dieta entre los 9 y 12 meses de edad¹⁸.

Una vez en la edad adulta, se consolidan distintos patrones dietéticos. Un ejemplo de ello es la dieta mediterránea, la cual se caracteriza por el alto consumo de frutas, verduras y cereales integrales, así como también el consumo moderado de pescado, marisco y lácteos y por un bajo consumo de carne y derivados, siendo las legumbres y frutos secos la principal fuente de proteína y el aceite de oliva la principal fuente de grasa¹⁹. Este tipo de dieta ha demostrado tener efectos beneficiosos sobre la salud, ayudando al control de la diabetes y la obesidad²⁰. Además, también se ha demostrado que la adherencia a la dieta mediterránea disminuye el riesgo cardiometabólico potencialmente a través de la microbiota, mediante la ausencia de *Prevotella copri*²¹. La adherencia a un estilo dietético mediterráneo se ha podido asociar a efectos significativos en los perfiles microbianos intestinales, asociándose positivamente con varios metabolizadores de fibra dietética y productores de AGCC, incluidos *F. prausnitzii*, *E. eligens* y *B. cellulosilyticus*²². Además, se han observado asociaciones inversas con especies como *R. torques*, *C. leptum* y *C. aerofaciens* vinculadas con dietas de estilo occidental y consumo de carne roja²³. La dieta mediterránea, debido al alto consumo de frutas y verduras

frescas, es rica en fibra y polifenoles²⁴, los cuales aumentan significativamente la abundancia de *Bacteroides*, *Bifidobacterium*, *Enterococci* y *Prevotella*, afectando a la producción de AGCC²⁵. Además, la fracción polifenólica parece tener efectos tanto prebióticos como antimicrobianos selectivos contra las bacterias patógenas intestinales²⁶.

Los patrones alimenticios típicos de las sociedades occidentales se caracterizan por un alto consumo de grasas, azúcares, calorías y alimentos ultraprocesados, vinculándose con alteraciones en la microbiota intestinal y el desarrollo de ENTs (alergias, diabetes, obesidad, hiperactividad, etc.)²⁷. Los alimentos ultraprocesados se definen como aquellos que contienen cinco o más ingredientes, entre los que se incluyen sal, aceites, azúcar, grasas y otros componentes como proteínas hidrolizadas, almidones modificados, espesantes y varios aditivos diseñados para mejorar el estímulo sensorial⁶. Se ha demostrado en estudios preclínicos que los aditivos alimentarios que se añaden habitualmente a los alimentos ultraprocesados, como emulsionantes, edulcorantes, colorantes y nanopartículas afectan al intestino, incluido el microbioma, la permeabilidad intestinal y la inflamación intestinal²⁸. Como ejemplo se encuentran los emulsionantes mono y diglicéridos (MDG), los cuales tienden a provocar la colonización bacteriana de la capa interna de la mucosidad intestinal, aumentando el potencial inflamatorio al aumentar los niveles de lipopolisacáridos circulantes⁷.

Por otra parte, la "germ-organ theory"²⁹ sugiere que la disbiosis podría ser una causa subyacente de las ENTs, al provocar cambios en la estructura de la comunidad microbiana de anaerobios obligados a facultativos, lo que sugiere que el oxígeno es un importante impulsor ecológico de la disfunción en la microbiota intestinal. La consiguiente alteración de la homeostasis intestinal puede conducir a ENTs porque los metabolitos derivados de la microbiota se agotan o se generan en concentraciones nocivas²⁹. La ingesta de grasas afecta la microbiota intestinal de manera personalizada, lo que sugiere que los efectos de las grasas en la microbiota son dependientes de factores individuales³⁰. Algo similar ocurre con las proteínas, especialmente las de origen animal, las cuales aumentan la abundancia de microorganismos tolerantes a la bilis (*Alistipes*, *Bilophila* y *Bacteroides*) y disminuyen los niveles de *Firmicutes* que metabolizan los polisacáridos vegetales de la dieta (*Roseburia*, *E. rectale* y *R. bromii*), lo que refleja compensaciones entre la fermentación de carbohidratos y proteínas³¹. En cambio, las proteínas vegetales, en concreto las proteínas alimentarias glicosiladas, afectan al crecimiento de bacterias comensales intestinales beneficiosas, particularmente del género *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, cuyos niveles aumentan significativamente. Esto provoca un cambio correspondiente en los metabolitos bacterianos, observando mayores niveles de AGCC (acetato, propionato, lactato y butirato) con un impacto beneficioso en el entorno intestinal y ejerciendo un efecto promotor de la salud en los seres humanos³². En cuanto a los carbohidratos, su impacto sobre la microbiota depende de su tipo y cantidad, afectando selectivamente a ciertos grupos bacterianos. Como ejemplo, la fibra dietética favorece la

proliferación de *Prevotella*³³ mientras que *Bifidobacterium*, el cual degrada arabinosilanos presentes en cereales, se encuentra en menor abundancia en personas que consumen dietas bajas en gluten³⁴. Asimismo, las dietas altas en carbohidratos no digeribles favorecen el crecimiento de especies de *Firmicutes*, mientras que dietas bajas en carbohidratos fermentables se asocian con una disminución de las bacterias productoras de butirato (ej. *E. rectale*, *R. intestinalis*), lo que tiene implicaciones para la salud intestinal³⁵. La relación entre la fibra dietética y la microbiota intestinal ha sido ampliamente documentada, evidenciando el impacto positivo de la fibra en la composición y funcionalidad de la microbiota. La fibra dietética, especialmente las fracciones fermentables como los polisacáridos no digeribles, actúa como sustrato para las bacterias comensales del colon, promoviendo la producción de metabolitos beneficiosos como los AGCC. Estos compuestos tienen un efecto crucial en la modulación de la inflamación intestinal, la mejora de la barrera epitelial y el mantenimiento de la homeostasis metabólica³⁶. Estudios recientes han demostrado que dietas ricas en fibra aumentan la abundancia de géneros bacterianos beneficiosos como *Bifidobacterium* y *Lactobacillus* y reducen las poblaciones de microorganismos asociados a estados inflamatorios o metabólicos adversos (*C. difficile*, *E. coli*)³⁷. Además, la fibra está influenciada por factores individuales, como la composición inicial de la microbiota, lo que resalta la necesidad de enfoques personalizados en la nutrición basada en fibra³⁸. Por tanto, la inclusión de fibra dietética constituye una estrategia esencial para promover un equilibrio microbiano saludable, mejorar la salud metabólica y prevenir enfermedades relacionadas con disbiosis intestinal.

Pese a los múltiples efectos demostrados que tienen ciertos componentes de la dieta sobre la microbiota, la relación entre microbiota-dieta-huésped aún no está completamente resuelta³⁹. Esto destaca la necesidad de más investigación en este campo, adoptando un enfoque personalizado⁴⁰.

Probióticos, prebióticos y simbióticos en la práctica clínica

La variabilidad interindividual también se observa en los tratamientos destinados a modular la microbiota intestinal, especialmente en el uso de probióticos, cuyos efectos resultan inconsistentes y dependen de múltiples factores. Diversos estudios han demostrado que los probióticos pueden inducir cambios significativos en la microbiota fecal y favorecer la salud intestinal; sin embargo, estos efectos no son uniformes en todos los individuos, probablemente debido a diferencias en la composición inicial de la microbiota, factores genéticos y ambientales, o la dieta habitual⁴¹. Esta heterogeneidad ha llevado incluso a distinguir entre individuos respondedores y no respondedores, reforzando la necesidad de plantear intervenciones personalizadas en lugar de aproximaciones universales.

En la práctica clínica, uno de los ejemplos mejor establecidos de modulación dirigida de la microbiota es el uso de probióticos durante tratamientos antibióticos⁴². Formulaciones específicas, como *Saccharomyces boulardii* o determinadas cepas de

Lactobacillus, han mostrado eficacia en la reducción del riesgo de diarrea asociada a antibióticos, ilustrando cómo la selección de cepas con respaldo científico puede aportar beneficios concretos en contextos bien definidos⁴³. Este tipo de intervenciones pone de relieve que el impacto clínico de los probióticos depende tanto de la cepa empleada como del perfil basal del huésped, apoyando de nuevo la necesidad de estrategias individualizadas.

Además, estudios en modelos animales han sugerido que cepas probióticas derivadas de especies como *A. muciniphila* podrían mitigar los efectos adversos de emulsionantes dietéticos al modular la microbiota intestinal. Los mecanismos propuestos incluyen la estimulación de la secreción de moco, que mejora la integridad de la barrera epitelial, y la activación de respuestas inmunes protectoras, lo que facilita el recambio de la mucosa intestinal y mejora la protección contra la inflamación⁴⁴.

Entre los prebióticos, oligosacáridos como la inulina, los fructooligosacáridos (FOS) o los galactooligosacáridos (GOS) favorecen el crecimiento de microorganismos beneficiosos de los géneros *Bifidobacterium* y *Lactobacillus*⁴⁵. Por su parte, los simbióticos combinan probióticos con prebióticos específicos para potenciar su eficacia; como es el caso de combinaciones de *Bifidobacterium breve* con FOS o *Lactobacillus rhamnosus* con inulina⁴⁶.

En conjunto, el uso clínico de probióticos, prebióticos y simbióticos se ha propuesto como herramienta clave para modular la microbiota intestinal y, con ello, influir en la salud del huésped^{41,47}.

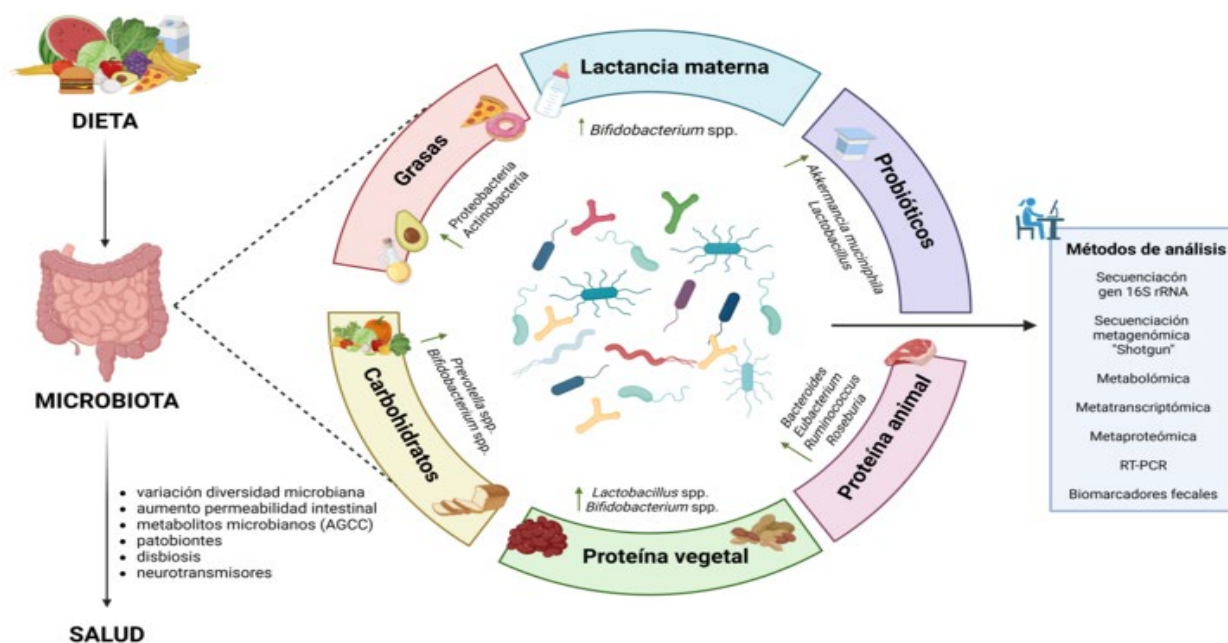
Además, revisiones sistemáticas y metaanálisis recientes han evaluado el uso clínico de pre-, pro- y simbióticos en distintas enfermedades cardiometabólicas⁴⁸ y patologías digestivas⁴⁹, como el síndrome de intestino irritable, mostrando beneficios modestos pero clínicamente relevantes en la mejoría global de los síntomas y del dolor abdominal con algunas formulaciones específicas. La evidencia sugiere que estos suplementos pueden desempeñar un papel coadyuvante en el manejo de determinados trastornos, siempre que se seleccionen cepas y combinaciones con respaldo científico y se integren en un abordaje dietético e individualizado.

Conexiones entre la microbiota y la salud durante la edad adulta

Es fundamental considerar la variabilidad interindividual y la influencia de factores como la genética, la dieta y el ambiente en la composición de la microbiota (Figura 1). Estos factores influyen en la respuesta a intervenciones terapéuticas y en la predisposición a enfermedades, lo que subraya la necesidad de un enfoque personalizado en el manejo y tratamiento basado en el microbioma⁵⁰.

Las conexiones entre la microbiota intestinal y diversas enfermedades como las alergias, condiciones inflamatorias crónicas y enfermedades autoinmunes (esclerosis múltiple y artritis reumatoide), reflejan un desequilibrio en la composición microbiana intestinal². Los mecanismos descritos hasta ahora

Figura 1. Relación entre la dieta, la microbiota y la salud, y métodos de análisis microbiológico.



involucran en gran medida la interacción de metabolitos microbianos, como los AGCC²⁸, que pueden regular la actividad de las células inmunitarias modulando la inflamación y fortaleciendo la función de la barrera intestinal⁵¹. Asimismo, se ha visto un efecto directo de estos metabolitos sobre la virulencia de algunos patógenos; por ejemplo, el butirato puede disminuir la invasión de *S. typhimurium* en las células epiteliales al suprimir la expresión de genes de virulencia⁵². Además, los cambios en la diversidad microbiana y en el perfil de AGCC pueden modificar el metabolismo energético y la sensibilidad a la insulina, lo que contribuye a la obesidad y aumento el riesgo de diabetes tipo 2⁵³.

Las bacterias, bajo ciertas condiciones, pueden actuar de manera oportunista como patobiontes, desarrollando características patogénicas⁵⁴. La proliferación de patobiontes, junto con una disminución de bacterias comensales y la consecuente alteración del metaboloma bacteriano, puede llevar a un estado de disbiosis persistente y un aumento de la permeabilidad intestinal, lo que facilita la invasión de bacterias como *E. coli*, exacerbando enfermedades como la enfermedad de Crohn y la colitis ulcerativa⁵⁵. Por otro lado, las conexiones entre el eje intestino-cerebro y el estado mental de los individuos siguen siendo un área de creciente interés. La producción de neurotransmisores y la modulación del sistema nervioso entérico por parte de la microbiota influyen en el comportamiento y en el desarrollo de trastornos psiquiátricos, como la depresión y la ansiedad⁵⁶. Cabe destacar que el 95% de la serotonina se almacena en las células enterocromafines y las neuronas entéricas, mientras que solo un 5% se encuentra en el sistema nervioso central⁵⁷. La microbiota también puede influir en la síntesis de serotonina, la barrera hematoencefálica y la inflamación cerebral, contribuyendo a las manifestaciones clínicas trastornos como la obesidad⁵⁸. En este contexto, se ha sugerido que la regulación de la serotonina periférica podría ser una estrategia eficaz para tratar la obesidad, al aumentar la sensibilidad a la insulina⁵⁹.

Los rasgos microbianos distintivos pueden ser útiles como indicadores tanto a nivel individual en la práctica clínica como en estudios epidemiológicos a nivel de población⁶⁰. La investigación en el campo del microbioma también contempla la necesidad de personalizar las intervenciones a diferentes niveles, desde el individuo hasta subgrupos, lo que requiere una selección cuidadosa de grupos de estudio para garantizar decisiones informadas, considerando la variabilidad interindividual en los rasgos microbianos⁶¹. Asimismo, la diversidad microbiana varía a lo largo de la vida, con fluctuaciones circadianas, lo que indica la complejidad de la microbiota humana y su potencial uso en clínica. Esto sugiere que la composición de la microbiota es un factor importante a considerar en la prevención y tratamiento de enfermedades, como refuerza la importancia de estrategias dietéticas y probióticas dirigidas a restaurar una microbiota saludable como medio para mejorar la salud metabólica y reducir el riesgo de trastornos crónicos⁶².

Metodologías actuales para analizar la Microbiota: Herramientas y Perspectivas

Ante la creciente evidencia de la relevancia de la microbiota intestinal, el desarrollo de metodologías precisas para analizarla se ha vuelto esencial tanto en la investigación como en la práctica clínica (Tabla 1). El análisis de la microbiota es una herramienta en auge en la última década, numerosos laboratorios han incorporado a sus catálogos los test de análisis de microbiota, ofreciendo a los usuarios la posibilidad de conocer la composición microbiana de su intestino con la promesa de mejorar o resolver algún problema de su salud digestiva. Estos test están dirigidos tanto a personas sanas interesadas en optimizar su bienestar como a pacientes que sufren alteraciones digestivas crónicas o transitorias, tales como disbiosis, dolor e hinchazón abdominal, problemas en el tránsito intestinal o malabsorción de nutrientes⁶³. Los laboratorios suelen presentar los resultados como una herramienta para personalizar dietas, suplementos probióticos o cambios en el estilo de vida, aunque la evidencia científica que respalda estas recomendaciones todavía es limitada.

Métodos empleados y su alcance

Los análisis comerciales de microbiota suelen incluir herramientas avanzadas como la secuenciación del gen 16S ARN ribosomal (rRNA) para identificar las especies bacterianas presentes en las muestras fecales y evaluar su diversidad. Además, algunas compañías complementan este análisis con la cuantificación de metabolitos clave, como los AGCC y la medición de biomarcadores como la zonulina o la calprotectina⁶⁴. Estas mediciones, realizadas mediante inmunoensayos como ELISA o técnicas de reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real (RT-PCR), pretenden ofrecer una visión integral del ecosistema intestinal.

Limitaciones y controversias en su efectividad. Falta de regulación

El auge de los test de microbiota comercializados ha generado inquietud debido a la posibilidad del enfoque comercial de algunos laboratorios, ya que tienden a extrapolar resultados preliminares de estudios científicos para ofrecer tratamientos o recomendaciones con una base científica insuficiente⁶⁵. Por ejemplo, aunque algunos estudios sugieren que la microbiota puede estar implicada en enfermedades inflamatorias como la enfermedad de Crohn, no existe consenso sobre cómo estos perfiles microbianos pueden ser utilizados de manera confiable para diagnosticar o tratar estas afecciones⁶⁶. Por otra parte, relacionado con la seguridad de los suplementos probióticos, se ha destacado la falta de garantías sobre la calidad de estos productos, señalando que algunos pueden estar contaminados o contener dosis incorrectas de bacterias beneficiosas^{67,68}. Además, los análisis de microbiota también se

Tabla 1. Metodologías actuales para analizar la microbiota

Metodología	Enfoque	Ventajas	Desventajas
Secuenciación del Gen 16S rRNA	Identificación de regiones conservadas y variables del gen 16S rRNA, permitiendo la clasificación de bacterias a nivel de género y, en algunos casos, de especie.	Costo relativamente bajo Simplicidad de los análisis.	La utilidad se restringe a la taxonomía. No ofrece información sobre la funcionalidad de los microorganismos. No permite un análisis detallado de hongos o virus.
Secuenciación Metagenómica completa	Visión global de la composición y funcionalidad.	Permite la identificación de genes relacionados con resistencia a antibióticos, producción de metabolitos y otras funciones críticas. Identificación de bacterias, arqueas, virus y eucariotas.	Mayor coste. Mayores recursos computacionales avanzados. Experiencia previa significativa en bioinformática.
Metabolómica	La identificación y cuantificación de estos compuestos se realiza mediante técnicas avanzadas como la espectrometría de masas y la resonancia magnética nuclear. Proporciona información valiosa sobre la actividad funcional del microbioma, crucial para entender su impacto fisiológico en el huésped.	Evalúa metabolitos producidos por la microbiota, como los AGCC, los cuales desempeñan un papel clave en la modulación de la inflamación y la función de la barrera intestinal.	La interpretación de los resultados puede ser compleja, ya que los metabolitos analizados están influenciados por múltiples factores externos, como la dieta y el estado de salud del paciente.
Metatranscriptómica	Esta metodología facilita la inferencia de funciones biológicas activas en un momento específico, diferenciando la presencia de los microorganismos y su actividad funcional.	Este enfoque permite evaluar cómo responde la comunidad microbiana a estímulos ambientales o cambios en el entorno.	El ARN es una molécula inestable que requiere un manejo cuidadoso, y los procesos de extracción y secuenciación pueden introducir sesgos.
Metaproteómica	La identificación de proteínas se realiza mediante cromatografía líquida y espectrometría de masas, proporcionando información sobre procesos metabólicos y rutas funcionales.	Proporciona datos directos sobre las funciones proteicas y sus implicaciones en la salud del huésped, analizando las proteínas expresadas por la microbiota y ofreciendo una visión funcional del microbioma en tiempo real.	Alta complejidad de las muestras. Dificultad para diferenciar proteínas homólogas de distintas especies. Variabilidad en las técnicas de procesamiento. Necesidad de bases de datos proteómicas completas para una identificación precisa.
PCR Cuantitativa (RT-PCR)	Permiten la cuantificación de genes específicos y la detección precisa de grupos microbianos.	Útiles en estudios de vigilancia de patógenos y análisis de genes de resistencia a antibióticos. Son altamente específicas y adecuadas para estudios dirigidos y de monitoreo clínico.	No permiten la evaluación de la diversidad completa del microbioma.
Biomarcadores Fecales y Evaluación de la Salud Intestinal	Da información clínica relevante y fácil de interpretar para la evaluación de la salud intestinal.	La calprotectina y la zonulina permite inferir la integridad de la barrera intestinal y la inflamación, sirviendo como indicadores de disbiosis y permeabilidad.	Pueden no capturar la diversidad y complejidad total de la microbiota.

Abreviaturas: AGCC: Ácidos Grasos de Cadena Corta; ARN: Ácido Ribonucleico; PCR: Reacción en Cadena de la Polimerasa; RT-PCR: PCR en Tiempo Real, técnica que permite la cuantificación del ADN generando un marcador fluorescente que se mide en tiempo real durante la reacción; rRNA: ARN ribosomal, utilizado para la identificación taxonómica de bacterias.

ven afectados por la falta de estandarización en la interpretación de los perfiles microbianos, lo que complica la identificación de lo que constituye una microbiota “normal” o “anómala”. Este vacío regulatorio no sólo limita la utilidad clínica de estos test, sino que también plantea riesgos éticos relacionados con la comercialización de productos basados en investigaciones científicas emergentes⁶⁹. Algunos expertos han señalado que estos test carecen de validez clínica y de una estandarización adecuada, lo que dificulta la interpretación de los resultados.

Por estos motivos, los consumidores podrían verse engañados por las promesas de estos servicios, ya que las afirmaciones sobre la mejora de la salud no están respaldadas por pruebas científicas sólidas, y muchos test ofrecen recomendaciones no reguladas, como suplementos dietéticos⁶⁷. Este escenario subraya la necesidad urgente de que los organismos reguladores implementen normativas que garanticen la fiabilidad y seguridad de estos test antes de que se comercialicen al público⁷⁰, así como la creación de estándares internacionales para la metodología de análisis microbiológicos y la interpretación de resultados⁶⁷.

Hacia un futuro más prometedor

A pesar de estas limitaciones, los test de análisis de microbiota tienen un gran potencial si se abordan con el rigor científico necesario. Los avances en metodologías y la integración de datos ómicos, junto con la generación de bases de datos más completas y representativas, podrían mejorar significativamente su precisión y utilidad clínica⁷¹. Además, sería esencial implementar regulaciones claras y fomentar la educación tanto para los profesionales de la salud como para los consumidores, con el fin de garantizar un uso más responsable y ético de estas herramientas.

CONCLUSIONES

El análisis de la microbiota intestinal, esencial en la medicina personalizada, continúa desvelando su potencial como biomarcador y herramienta terapéutica. Este campo, apoyado por avances en metataxonomía, metagenómica, metabolómica y metaproteómica, permite una comprensión integral de la diversidad, funcionalidad y dinámica del microbioma. Al combinar estas tecnologías se superan las limitaciones de métodos aislados y se mejoran las intervenciones personalizadas mediante probióticos y prebióticos específicos. Sin embargo, la variabilidad entre individuos y la falta de estandarización en los análisis representan retos significativos para su aplicación clínica. La dieta tiene un rol crucial desde el nacimiento en la colonización y el mantenimiento del microbioma intestinal, influenciando directamente nuestra salud intestinal y general. La adaptación de enfoques nutricionales personalizados, junto con avances tecnológicos y análisis computacionales, promete mejorar la gestión del microbioma. Este enfoque personalizado es vital para aprovechar plenamente los beneficios de la nutrición humana y optimizar la salud, subrayando la importancia de un manejo cuidadoso y basado en la evidencia del microbioma en la biomedicina moderna.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Los autores/as han leído, contribuido de forma equitativa y aprobado la versión final de este artículo.

CONFLICTO DE INTERESES

Todas y todos los autores declaran no tener conflictos de interés.

DISPONIBILIDAD DE DATOS

No aplica.

FINANCIACIÓN

Los autores agradecen las siguientes fuentes de financiación: M.B.U. agradece la financiación del proyecto “Estudio metagenómico y funcional del microbioma para el desarrollo de alimentos funcionales personalizados en la salud reproductiva” (INNEST/2023/337), vinculado a la línea de investigación del grupo de María Carmen Collado Amores y financiado por la Unión Europea a través del Programa Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) de la Comunitat Valenciana 2021–2027. M.B. agradece el contrato posdoctoral “Juan de la Cierva” (ref. JDC2022-050269-I), financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades / Agencia Estatal de Investigación (MCIU/AEI) y la Unión Europea “NextGenerationEU”/PRTR. A.E.B. agradece a la Generalitat Valenciana el contrato predoctoral CIPROM/2023/30-01 como parte del proyecto “MicroGLocal”. E.F.V. agradece la beca predoctoral concedida por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España y al Fondo Social Europeo Plus (FSE+) para la formación de doctores en el marco del Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2021–2023 (ref. CEX2021-001189-S-20-1). A.S. agradece la financiación de la Generalitat Valenciana – Fondo Social Europeo (ACIF/2021). A.V.V. agradece al Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades por el proyecto “PID2022-139475OB-I00” y el contrato predoctoral asociado al IATA-CSIC (PREP2022-000414). R.C.R. agradece el apoyo de la Generalitat Valenciana por la beca del proyecto del Plan GenT (CDEIGENT 2020). Los autores también agradecen al Gobierno de España (MCIN/AEI) la acreditación del Centro de Excelencia Severo Ochoa (CEX2021-001189-S / MCIN / AEI / 10.13039/501100011033). Este trabajo fue financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España y el Fondo Social Europeo Plus (FSE+) (subvención CEX2021-001189-S-20-1); por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades de España / Agencia Estatal de Investigación y la Unión Europea “NextGenerationEU”/PRTR (subvención JDC2022-050269-I); por la Generalitat Valenciana (CDEIGENT 2020, INNEST/2023/337, ACIF/2021) y por el programa Centro de Excelencia Severo Ochoa (CEX2021-001189-S / MCIN / AEI / 10.13039/501100011033).

REFERENCIAS

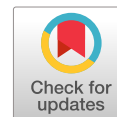
- (1) Marchesi F, Masi S, Summa V, Gumenyuk S, Merola R, Orlandi G, et al. Flow cytometry characterization in central nervous system and pleural effusion multiple myeloma infiltration: an Italian national cancer institute experience. *Br J Haematol*. 2016;172(6):980-2. <https://doi.org/10.1111/bjh.13549>
- (2) Belkaid Y, Hand TW. Role of the microbiota in immunity and inflammation. *Cell*. 2014;157(1):121-41. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2014.03.011>
- (3) Quince C, Walker AW, Simpson JT, Loman NJ, Segata N. Shotgun metagenomics, from sampling to analysis. *Nat Biotechnol*. 2017;35(9):833-44. <https://doi.org/10.1038/nbt.3935>
- (4) Franzosa EA, Morgan XC, Segata N, Waldron L, Reyes J, Earl AM, et al. Relating the metatranscriptome and metagenome of the human gut. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2014;111(22):E2329-2338. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319284111>
- (5) Carlino N, Blanco-Míguez A, Punčochář M, Mengoni C, Pinto F, Tatti A, et al. Unexplored microbial diversity from 2,500 food metagenomes and links with the human microbiome. *Cell*. 2024;187(20):5775-5795.e15. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2024.07.039>
- (6) Monteiro LJ, Varas-Godoy M, Monckeberg M, Realini O, Hernández M, Rice G, et al. Oral extracellular vesicles in early pregnancy can identify patients at risk of developing gestational diabetes mellitus. *PLoS One*. 2019;14(6):e0218616. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218616>
- (7) Panyod S, Wu W-K, Chang C-T, Wada N, Ho H-C, Lo Y-L, et al. Common dietary emulsifiers promote metabolic disorders and intestinal microbiota dysbiosis in mice. *Commun Biol*. 2024;7(1):1-14. <https://doi.org/10.1038/s42003-024-06224-3>
- (8) Sonnenburg JL, Sonnenburg ED. Vulnerability of the industrialized microbiota. *Science*. 2019;366(6464):eaaw9255. <https://doi.org/10.1126/science.aaw9255>
- (9) Zeng X, Xing X, Gupta M, Keber FC, Lopez JG, Lee Y-CJ, et al. Gut bacterial nutrient preferences quantified in vivo. *Cell*. 2022;185(18):3441-3456.e19. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2022.07.020>
- (10) Lozupone CA, Stombaugh JI, Gordon JI, Jansson JK, Knight R. Diversity, stability and resilience of the human gut microbiota. *Nature*. 2012;489(7415):220-30. <https://doi.org/10.1038/nature11550>
- (11) Henrick BM, Rodriguez L, Lakshmikanth T, Pou C, Henckel E, Arzoomand A, et al. Bifidobacteria-mediated immune system imprinting early in life. *Cell*. 2021;184(15):3884-3898.e11. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2021.05.030>
- (12) Yatsunenkov T, Rey FE, Manary MJ, Trehan I, Dominguez-Bello MG, Contreras M, et al. Human gut microbiome viewed across age and geography. *Nature*. 2012;486(7402):222-7. <https://doi.org/10.1038/nature11053>
- (13) Catassi G, Aloisi M, Giorgio V, Gasbarrini A, Cammarota G, Ianiro G. The Role of Diet and Nutritional Interventions for the Infant Gut Microbiome. *Nutrients*. 2024;16(3). <https://doi.org/10.3390/nu16030400>
- (14) Boudry G, Charton E, Le Huerou-Luron I, Ferret-Bernard S, Le Gall S, Even S, et al. The Relationship Between Breast Milk Components and the Infant Gut Microbiota. *Front Nutr*. 2021;8:629740. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.629740>
- (15) Ma J, Li Z, Zhang W, Zhang C, Zhang Y, Mei H, et al. Comparison of gut microbiota in exclusively breast-fed and formula-fed babies: a study of 91 term infants. *Sci Rep*. 2020;10:15792. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72635-x>
- (16) Borewicz K, Suarez-Diez M, Hechler C, Beijers R, de Weerth C, Arts I, et al. The effect of prebiotic fortified infant formulas on microbiota composition and dynamics in early life. *Sci Rep*. 2019;9:2434. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-38268-x>
- (17) Hill CJ, Lynch DB, Murphy K, Ulaszewska M, Jeffery IB, O'Shea CA, et al. Evolution of gut microbiota composition from birth to 24 weeks in the INFANTMET Cohort. *Microbiome*. 2017;5:4. <https://doi.org/10.1186/s40168-016-0213-y>
- (18) McKen S, Roy NC, Mullaney JA, Eriksen H, Lovell A, Kussman M, et al. Adaptation of the infant gut microbiome during the complementary feeding transition. *PLoS One*. 2022;17(7):e0270213. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0270213>
- (19) García-Gavilán JF, Atzeni A, Babio N, Liang L, Belzer C, Vioque J, et al. Effect of 1-year lifestyle intervention with energy-reduced Mediterranean diet and physical activity promotion on the gut metabolome and microbiota: a randomized clinical trial. *Am J Clin Nutr*. 2024;119(5):1143-54. <https://doi.org/10.1016/j.ajcnut.2024.02.021>
- (20) Pavlidou E, Papadopoulou SK, Fasoulas A, Papaliagkas V, Alexatou O, Chatzidimitriou M, et al. Diabetes and Dietary Interventions: Evaluating the Impact of Mediterranean Diet and Other Types of Diets on Obesity and Type 2 Diabetes Management. *Nutrients*. 2023;16(1):34. <https://doi.org/10.3390/nu16010034>
- (21) Wang DD, Nguyen LH, Li Y, Yan Y, Ma W, Rinott E, et al. The gut microbiome modulates the protective association between a Mediterranean diet and cardiometabolic disease risk. *Nat Med*. 2021;27(2):333-43. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-01223-3>
- (22) Chung WSF, Walker AW, Louis P, Parkhill J, Vermeiren J, Bosscher D, et al. Modulation of the human gut microbiota by dietary fibres occurs at the species level. *BMC Biol*. 2016;14:3. <https://doi.org/10.1186/s12915-015-0224-3>
- (23) Foerster J, Maskarinec G, Reichardt N, Tett A, Narbad A, Blaut M, et al. The Influence of Whole Grain Products and Red Meat on Intestinal Microbiota Composition in Normal Weight Adults: A Randomized Crossover Intervention Trial. *PLoS One*. 2014;9(10):e109606. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109606>
- (24) Yammine A, Namsi A, Vervandier-Fasseur D, Mackrill JJ, Lizard G, Latruffe N. Polyphenols of the Mediterranean Diet and Their Metabolites in the Prevention of Colorectal Cancer. *Molecules*. 2021;26(12):3483. <https://doi.org/10.3390/molecules26123483>
- (25) Maiuolo J, Bulotta RM, Ruga S, Nucera S, Macri R, Scarano F, et al. The Postbiotic Properties of Butyrate in the Modulation of the Gut Microbiota: The Potential of Its Combination with Polyphenols and Dietary Fibers. *Int J Mol Sci*. 2024;25(13):6971. <https://doi.org/10.3390/ijms25136971>
- (26) Zhao L, Zhang T, Zhang K. Pharmacological effects of ginseng and ginsenosides on intestinal inflammation and the immune system. *Front Immunol*. 2024;15:1353614. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2024.1353614>
- (27) Dai S, Wellens J, Yang N, Li D, Wang J, Wang L, et al. Ultra-processed foods and human health: An umbrella review and updated meta-analyses of observational evidence. *Clinical Nutrition*. 2024;43(6):1386-94. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2024.04.016>
- (28) Whelan K, Bancil AS, Lindsay JO, Chassaing B. Ultra-processed foods and food additives in gut health and disease. *Nat*

- Rev Gastroenterol Hepatol. 2024;21(6):406-27. <https://doi.org/10.1038/s41575-024-00893-5>
- (29) Byndloss MX, Bäumlér AJ. The germ-organ theory of non-communicable diseases. *Nat Rev Microbiol*. 2018;16(2):103-10. <https://doi.org/10.1038/nrmicro.2017.158>
- (30) Conlon MA, Bird AR. The impact of diet and lifestyle on gut microbiota and human health. *Nutrients*. 2014;7(1):17-44. <https://doi.org/10.3390/nu7010017>
- (31) David LA, Maurice CF, Carmody RN, Gootenberg DB, Button JE, Wolfe BE, et al. Diet rapidly and reproducibly alters the human gut microbiome. *Nature*. 2014;505(7484):559-63. <https://doi.org/10.1038/nature12820>
- (32) Świątecka D, Narbad A, Ridgway KP, Kostyra H. The study on the impact of glycosylated pea proteins on human intestinal bacteria. *Int J Food Microbiol*. 2011;145(1):267-72. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.01.002>
- (33) De Filippo C, Cavalieri D, Di Paola M, Ramazzotti M, Poullet JB, Massart S, et al. Impact of diet in shaping gut microbiota revealed by a comparative study in children from Europe and rural Africa. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2010;107(33):14691-6. <https://doi.org/10.1073/pnas.1005963107>
- (34) Hansen LBS, Roager HM, Søndergaard NB, Gøbel RJ, Kristensen M, Vålæs-Colomer M, et al. A low-gluten diet induces changes in the intestinal microbiome of healthy Danish adults. *Nat Commun*. 2018;9:4630. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07019-x>
- (35) Walker AW, Ince J, Duncan SH, Webster LM, Holtrop G, Ze X, et al. Dominant and diet-responsive groups of bacteria within the human colonic microbiota. *ISME J*. 2011;5(2):220-30. <https://doi.org/10.1038/ismej.2010.118>
- (36) Fusco W, Lorenzo MB, Cintoni M, Porcari S, Rinninella E, Kaitsas F, et al. Short-Chain Fatty-Acid-Producing Bacteria: Key Components of the Human Gut Microbiota. *Nutrients*. 2023;15(9). <https://doi.org/10.3390/nu15092211>
- (37) Makki K, Deehan EC, Walter J, Bäckhed F. The Impact of Dietary Fiber on Gut Microbiota in Host Health and Disease. *Cell Host Microbe*. 2018;23(6):705-15. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2018.05.012>
- (38) Valdes AM, Walter J, Segal E, Spector TD. Role of the gut microbiota in nutrition and health. *BMJ*. 2018;361:k2179. <https://doi.org/10.1136/bmj.k2179>
- (39) Maki KA, Sack MN, Hall KD. Ultra-processed foods: increasing the risk of inflammation and immune dysregulation? *Nat Rev Immunol*. 2024;24(7):453-4. <https://doi.org/10.1038/s41577-024-01049-x>
- (40) Fasano A, Chassaing B, Haller D, Flores Ventura E, Carmen-Collado M, Pastor N, et al. Microbiota during pregnancy and early life: role in maternal-neonatal outcomes based on human evidence. *Gut Microbes*. 2024;16(1):2392009. <https://doi.org/10.1080/19490976.2024.2392009>
- (41) Suez J, Zmora N, Segal E, Elinav E. The pros, cons, and many unknowns of probiotics. *Nat Med*. 2019;25(5):716-29. <https://doi.org/10.1038/s41591-019-0439-x>
- (42) Liao W, Chen C, Wen T, Zhao Q. Probiotics for the Prevention of Antibiotic-associated Diarrhea in Adults: A Meta-Analysis of Randomized Placebo-Controlled Trials. *J Clin Gastroenterol*. 2021;55(6):469-80. <https://doi.org/10.1097/MCG.0000000000001464>
- (43) Szajewska H, Kołodziej M. Systematic review with meta-analysis: *Saccharomyces boulardii* in the prevention of antibiotic-associated diarrhoea. *Aliment Pharmacol Ther*. 2015;42(7):793-801. <https://doi.org/10.1111/apt.13344>
- (44) Daniel N, Gewirtz AT, Chassaing B. Akkermansia muciniphila counteracts the deleterious effects of dietary emulsifiers on microbiota and host metabolism. *Gut*. 2023;72(5):906-17. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2021-326835>
- (45) Smolinska S, Popescu F-D, Zemelka-Wiacek M A. Review of the Influence of Prebiotics, Probiotics, Synbiotics, and Postbiotics on the Human Gut Microbiome and Intestinal Integrity. *J Clin Med*. 2025;14(11):3673. <https://doi.org/10.3390/jcm14113673>
- (46) De Giani A, Sandionigi A, Zampolli J, Michelotti A, Tursi F, Labra M, et al. Effects of Inulin-Based Prebiotics Alone or in Combination with Probiotics on Human Gut Microbiota and Markers of Immune System: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Study in Healthy Subjects. *Microorganisms*. 2022;10(6):1256. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10061256>
- (47) Flores Ventura E, Lane JA, Turjeman S, Vidra N, Weiss GA, Gross G, et al. ILSI Europe perspective review: site-specific microbiota changes during pregnancy associated with biological consequences and clinical outcomes: opportunities for probiotic interventions. *Gut Microbes*. 2025;17(1):2501186. <https://doi.org/10.1080/19490976.2025.2501186>
- (48) Liu N, Wang X, Wang M. The effect of pre/pro/synbiotics on cardiometabolic health in patients with polycystic ovary syndrome: A systematic review, meta-analysis and meta-evidence. *Journal of Functional Foods*. 2025;133:106996. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2025.106996>
- (49) Ford AC, Harris LA, Lacy BE, Quigley EMM, Moayyedi P. Systematic review with meta-analysis: the efficacy of prebiotics, probiotics, synbiotics and antibiotics in irritable bowel syndrome. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*. 2018;48(10):1044-60. <https://doi.org/10.1111/apt.15001>
- (50) Turnbaugh PJ, Quince C, Faith JJ, McHardy AC, Yatsunenko T, Niaz F, et al. Organismal, genetic, and transcriptional variation in the deeply sequenced gut microbiomes of identical twins. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2010;107(16):7503-8. <https://doi.org/10.1073/pnas.1002355107>
- (51) Holmes E, Li JV, Athanasiou T, Ashrafian H, Nicholson JK. Understanding the role of gut microbiome-host metabolic signal disruption in health and disease. *Trends Microbiol*. 2011;19(7):349-59. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2011.05.006>
- (52) Bronner DN, Faber F, Olsan EE, Byndloss MX, Sayed NA, Xu G, et al. Genetic Ablation of Butyrate Utilization Attenuates Gastrointestinal Salmonella Disease. *Cell Host Microbe*. 2018;23(2):266-273.e4. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2018.01.004>
- (53) Cani PD, Delzenne NM, Amar J, Burcelin R. Role of gut microflora in the development of obesity and insulin resistance following high-fat diet feeding. *Pathol Biol (Paris)*. 2008;56(5):305-9. <https://doi.org/10.1016/j.patbio.2007.09.008>
- (54) Kamada N, Chen GY, Inohara N, Núñez G. Control of Pathogens and Pathobionts by the Gut Microbiota. *Nat Immunol*. 2013;14(7):685-90. <https://doi.org/10.1038/ni.2608>
- (55) Gilliland A, Chan JJ, De Wolfe TJ, Yang H, Vallance BA. Pathobionts in Inflammatory Bowel Disease: Origins, Underlying Mechanisms, and Implications for Clinical Care. *Gastroenterology*. 2024;166(1):44-58. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2023.09.019>

- (56) Cryan JF, Dinan TG. Mind-altering microorganisms: the impact of the gut microbiota on brain and behaviour. *Nat Rev Neurosci*. 2012;13(10):701-12. <https://doi.org/10.1038/nrn3346>
- (57) Kim DY, Camilleri M. Serotonin: a mediator of the brain-gut connection. *Am J Gastroenterol*. 2000;95(10):2698-709. <https://doi.org/10.1111/j.1572-0241.2000.03177.x>
- (58) Bastiaanssen TFS, Cryan JF. The Microbiota-Gut-Brain Axis in Mental Health and Medication Response: Parsing Directionality and Causality. *International Journal of Neuropsychopharmacology*. 2021;24(3):216-20. <https://doi.org/10.1093/ijnp/pyaa088>
- (59) Namkung J, Kim H, Park S. Peripheral Serotonin: a New Player in Systemic Energy Homeostasis. *Mol Cells*. 2015;38(12):1023-8. <https://doi.org/10.14348/molcells.2015.0258>
- (60) Gacesa R, Kurilshikov A, Vich Vila A, Sinha T, Klaassen MAY, Bolte LA, et al. Environmental factors shaping the gut microbiome in a Dutch population. *Nature*. 2022;604(7907):732-9. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04567-7>
- (61) Quinn-Bohmann N, Wilmanski T, Sarmiento KR, Levy L, Lampe JW, Gurry T, et al. Microbial community-scale metabolic modelling predicts personalized short-chain fatty acid production profiles in the human gut. *Nat Microbiol*. 2024;9(7):1700-12. <https://doi.org/10.1038/s41564-024-01728-4>
- (62) Derrien M, van Hylckama Vlieg JET. Fate, activity, and impact of ingested bacteria within the human gut microbiota. *Trends Microbiol*. 2015;23(6):354-66. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2015.03.002>
- (63) Lynch SV, Pedersen O. The Human Intestinal Microbiome in Health and Disease. *N Engl J Med*. 2016;375(24):2369-79. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1600266>
- (64) Costea PI, Zeller G, Sunagawa S, Pelletier E, Alberti A, Levenez F, et al. Towards standards for human fecal sample processing in metagenomic studies. *Nat Biotechnol*. 2017;35(11):1069-76. <https://doi.org/10.1038/nbt.3960>
- (65) Porcari S, Mullish BH, Asnicar F, Ng SC, Zhao L, Hansen R, et al. International consensus statement on microbiome testing in clinical practice. *Lancet Gastroenterol Hepatol*. 2024:S2468-1253(24)00311-X. [https://doi.org/10.1016/S2468-1253\(24\)00311-X](https://doi.org/10.1016/S2468-1253(24)00311-X)
- (66) Gevers D, Kugathasan S, Denson LA, Vázquez-Baeza Y, Van Treuren W, Ren B, et al. The treatment-naïve microbiome in new-onset Crohn's disease. *Cell Host Microbe*. 2014;15(3):382-92. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2014.02.005>
- (67) Solomon MZ, Jennings B. Bioethics and Populism: How Should Our Field Respond? *Hastings Cent Rep*. 2017;47(2):11-6. <https://doi.org/10.1002/hast.684>
- (68) Ji J, Jin W, Liu S, Jiao Z, Li X. Probiotics, prebiotics, and postbiotics in health and disease. *MedComm* (2020). 2023;4(6):e420. <https://doi.org/10.1002/mco2.420>
- (69) Ejtahed HS, Parsa M, Larijani B. Ethical challenges in conducting and the clinical application of human microbiome research. *J Med Ethics Hist Med*. 2023;16:5. <https://doi.org/10.18502/jmehm.v16i5.13313>
- (70) Thanush D, Basavaraj HC, Gowrav MP. Current Regulation and Initial Considerations for Successful Development and Commercialization of Microbiome Therapies. *Advanced Gut & Microbiome Research*. 2023;2023(1):6657515. <https://doi.org/10.1155/2023/6657515>
- (71) The Integrative Human Microbiome Project. *Nature*. 2019;569(7758):641-8. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1238-8>

Revista Española de Nutrición Humana y Dietética

Spanish Journal of Human Nutrition and Dietetics

www.renhyd.org

RESEARCH ARTICLE

Association of body composition, growth, and maturation status with physical activity and adherence to the Mediterranean diet in youth triathletes: research protocol

➤ Asociación de la composición corporal, el crecimiento y el estado de maduración con la actividad física y la adherencia a la dieta mediterránea en triatletas jóvenes: protocolo de investigación

Erika Meléndez-Oliva^{a,b}, David Romero-García^{a,b}, José Miguel Martínez-Sanz^{b,c,*}, Ana Cifuentes^{a,b}, Marco Antonio Hernández-Lepe^{d,e} & Eva Ausó^{a,b}

a Optics, Pharmacology and Anatomy Department. Faculty of Sciences, University of Alicante, Alicante, Spain.

b Applied Dietetics, Nutrition and Body Composition Research Group (DANUC), University of Alicante, Alicante, Spain.

c Department of Nursing, Faculty of Health Sciences, University of Alicante, Spain.

d Conahcyt National Laboratory of Body Composition and Energetic Metabolism (LaNCoCoME), Tijuana 22390, Mexico.

e Medical and Psychology School, Autonomous University of Baja California, Tijuana 22390, Mexico.

*josemiguel.ms@ua.es

Assigned Editor: Diego A Bonilla, División de Investigación, Dynamical Business & Science Society – DBSS International SAS, Bogotá, Colombia

Received: 04/04/2025; Accepted: 08/10/2025; Published: 26/11/2025

KEYWORDS

Triathlon
Biological maturation
Anthropometry
Body composition
Mediterranean diet
Physical activity

➤ ABSTRACT

Introduction: Triathlon combines swimming, cycling, and running. Performance is influenced by body composition, nutrition, physical activity, and biological maturation. Excess body fat has been linked to reduced performance, but due to the novelty of triathlon in youth, data on body composition are limited. During maturation, increased metabolic demands highlight the need for proper nutrition to support growth and recovery. In children and adolescents, adherence to the Mediterranean diet is associated with healthier habits and better quality of life. This study aims to determine whether physical activity and adherence to the Mediterranean diet influence body composition, growth, and maturation in young triathletes.

Methodology: A six-year prospective analytical observational dynamic cohort study will be conducted with triathletes aged 5–17 from the ADESAVI school (San Vicente del Raspeig, Spain). Body composition and biological maturation will be assessed using anthropometric measures. Dietary habits will be evaluated with the KIDMED test, and physical activity level with the APALQ test. Assessments will occur twice a year: pre-season and post-season.

Expected Results: We expect to identify associations between adherence to the Mediterranean diet, physical activity, and outcomes like body composition, growth, and somatic maturation. Specifically, higher adherence to the Mediterranean diet and higher physical activity levels are expected to relate to lower fat mass, greater muscle mass, and more favorable maturation patterns. The findings may help tailor nutritional and training strategies for young athletes and provide valuable longitudinal data to support future interventions in youth endurance sports.

Funding: This project has no funding but falls within the research activity contract between the University of Alicante and ADESAVI (REF: ADESAVI1-22X).

Protocol registration/publishing: *ClinicalTrials.gov*: NCT06534567 (August 2024).



RESUMEN

PALABRAS CLAVE

Triatlón
Maduración biológica
Antropometría
Composición corporal
Dieta mediterránea
Actividad física

Introducción: El triatlón combina natación, ciclismo y carrera a pie. El rendimiento en este deporte está influido por la composición corporal, la nutrición, la actividad física y la maduración biológica. Se ha relacionado un exceso de grasa corporal con un menor rendimiento; sin embargo, debido a la reciente incorporación del triatlón en edades tempranas, existen pocos datos sobre la composición corporal en triatletas jóvenes. Durante la maduración, el aumento de las demandas metabólicas resalta la necesidad de una nutrición adecuada que apoye el crecimiento y la recuperación. En niños y adolescentes, la adherencia a la dieta mediterránea se asocia con hábitos de vida más saludables y una mejor calidad de vida. Este estudio tiene como objetivo determinar si la actividad física y la adherencia a la dieta mediterránea influyen en la composición corporal, el crecimiento y la maduración de triatletas jóvenes.

Metodología: Se llevará a cabo un estudio de cohorte dinámico, analítico, observacional y prospectivo con una duración de seis años, con triatletas de entre 5 y 17 años de la escuela ADESAVI (San Vicente del Raspeig, España). La composición corporal y la maduración biológica se evaluarán mediante medidas antropométricas. Los hábitos alimentarios se valorarán con el test KIDMED y el nivel de actividad física con el test APALQ. Las evaluaciones se realizarán dos veces al año: en pretemporada y en posttemporada.

Resultados esperados: Se espera identificar asociaciones entre la adherencia a la dieta mediterránea, el nivel de actividad física y variables como la composición corporal, el crecimiento y la maduración somática. En concreto, se prevé que una mayor adherencia a la dieta mediterránea y un mayor nivel de actividad física se relacionen con una menor masa grasa, una mayor masa muscular y patrones de maduración más favorables. Los resultados podrían contribuir a personalizar estrategias nutricionales y de entrenamiento para jóvenes deportistas, además de aportar datos longitudinales valiosos para futuras intervenciones en deportes de resistencia en población infantil y adolescente.

Financiación: Este proyecto no cuenta con financiación, pero se enmarca en el contrato de actividad investigadora entre la Universidad de Alicante y ADESAVI (REF: ADESAVI1-22X).

Registro/publicación del protocolo: ClinicalTrials.gov: NCT06534567 (agosto de 2024)

KEY MESSAGES

1. Body composition, physical activity, and the Mediterranean diet influence the performance of young triathletes. Understanding and addressing these variables can help prevent fatigue and injuries, improving overall performance.
2. Understanding the maturational status of triathletes aged 5 to 17 will allow for training adaptations to develop specific skills appropriate to their stage of maturity, optimizing their performance.
3. Assessing and working on the nutritional habits of young triathletes enables training adjustments to optimize sports performance while reducing the risk of injuries.
4. The data obtained will provide scientific evidence on the interaction between nutrition, exercise, and growth in the context of youth triathlon.

CITATION

Meléndez-Oliva E, Romero-García D, Martínez-Sanz JM, Cifuentes A, Hernández-Lepe MA, Ausó E. Association of body composition, growth, and maturation status with physical activity and adherence with mediterranean diet in youth triathletes: research protocol Rev Esp Nutr Hum Diet. 2025; 29(4): e2456.
doi: <https://doi.org/10.14306/renhyd.29.4.2456>

INTRODUCTION

Background

Triathlon is an individual, multidisciplinary endurance sport that combines swimming, cycling, and running. Since its Olympic debut in Sydney 2000, various race distances have emerged, such as the Sprint (750 m swim, 7 km cycle, 2 km run), Half (1.9 km swim, 90 km cycle, 21 km run), and Full (3.8 km swim, 180 km cycle, 42 km run), all of which impose high physiological demands on athletes¹⁻³. In this context, achieving optimal performance in triathlon depends on multiple interrelated factors, including body composition, biological maturation, physical activity level, and nutritional status⁴. These determinants must be assessed together, as they play a critical role in performance and long-term athlete development. Among these, body composition is particularly relevant. A higher percentage of body fat is associated with poorer performance in weight-bearing sports like triathlon, where success is often linked to low fat mass and greater relative muscle mass^{7,8}. The ideal triathlete typically presents with low fat levels, moderate body weight, and a mesomorphic somatotype^{7,8}. In young populations, BMI z-scores are often used to assess nutritional status, though they must be interpreted cautiously given interindividual variability in growth⁹. Biological maturation, which encompasses hormonal and anatomical changes over time, also affects athletic performance¹⁰⁻¹². Classifying athletes by maturation stage (early, on-time, or late) provides valuable insight for tailoring training and nutritional strategies¹²⁻¹⁴. Nutrition is a key component of athletic development, particularly during childhood and adolescence^{15,16}. The Mediterranean diet, rich in plant-based, minimally processed foods, has been associated with improved cardiovascular function, endurance, and recovery, making it an appropriate model for young athletes¹⁵⁻¹⁸. However, recent shifts in dietary patterns among youth raise concerns about nutritional adequacy and long-term health risks¹⁹. Physical activity level is another well-established determinant of both health and performance in young populations²⁰. Validated tools like the Spanish version of the Assessment of Physical Activity Levels Questionnaire (APALQ) enable its accurate monitoring in children and adolescents^{21,24}.

Rationale

Despite the growing interest in youth triathlons, longitudinal data are lacking on how diet and physical activity interact with biological maturation and body composition across development. Integrating these variables is essential to support evidence-based strategies that promote healthy growth and optimal performance in young athletes.

Objective

This observational study aims to examine whether adherence to the Mediterranean diet and physical activity level influence body composition, growth, and maturation in young triathletes. Participants will be assessed longitudinally over 6 years, using validated measures of diet, physical activity, and anthropometric outcomes.

METHODOLOGY

Study Design

This study follows a six-year prospective analytical observational dynamic cohort design and adheres to the STROBE-nut guidelines for nutritional epidemiology²², an extension of the general STROBE recommendations for observational research. The protocol was registered on [ClinicalTrials.gov](https://clinicaltrials.gov) (NCT06534567) and is being conducted under a collaboration agreement between the University of Alicante and the ADESAVI Triathlon School (REF: ADESAVI1-22X), with the objective of monitoring the anthropometric evolution, body composition, and biological development of young triathletes aged 5 to 17.

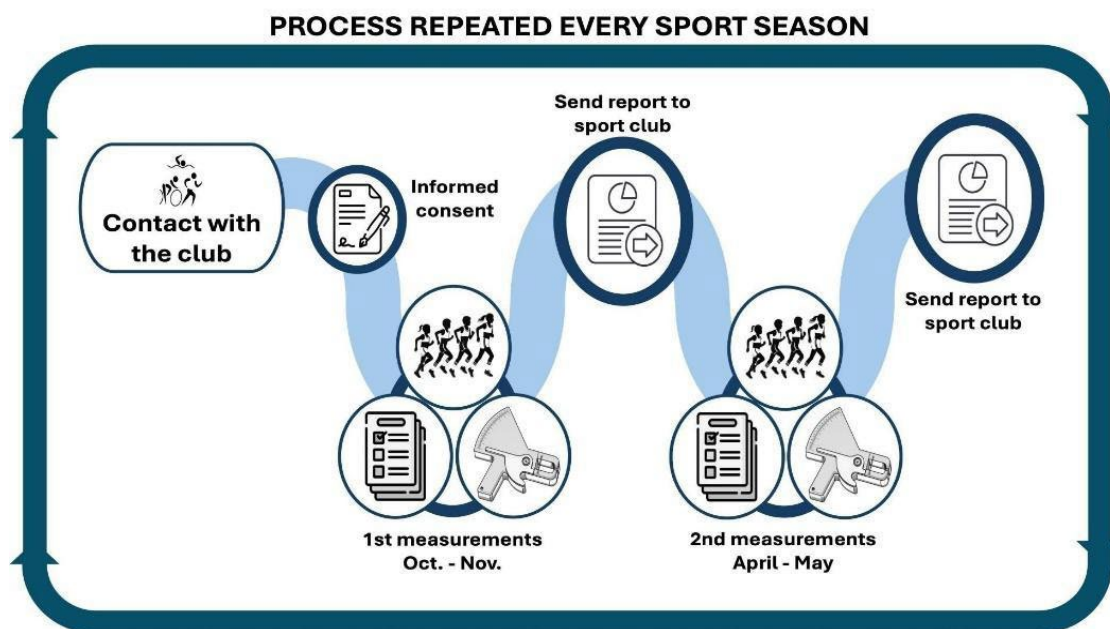
[Figure 1](#) presents the overall study design.

Settings

The study is being conducted at the ADESAVI Triathlon School, located in San Vicente del Raspeig (Alicante, Spain), which offers structured training programs in swimming, cycling, and running for children and adolescents aged 5 to 17.

Data collection started in September 2022 and is expected to conclude in June 2028, resulting in a six-year follow-up period. Participants are being assessed twice a year—pre-season and post-season—through standardized anthropometric measurements, the KIDMED questionnaire to assess dietary habits²⁵, the APALQ questionnaire to estimate physical activity level²⁴, and the calculation of peak height velocity to determine somatic maturation¹¹ ([Figures 1 and 2](#)).

To analyze the evolution of these variables and their influence on growth and body composition, participants will be classified into three groups according to the specific objective of each analysis: Mediterranean diet adherence, physical activity level, or biological maturation status. Diet adherence will be categorized as low (0–3 points), intermediate (4–7), or high (8–12) based on the KIDMED score; physical activity level as sedentary (5–10 points), moderately active (11–16), or highly active (≥ 17) based on the APALQ; and maturation as early, on-time, or late based on the timing of peak height velocity. This classification will allow the examination of longitudinal changes and

Figure 1. Study design

group-by-time interactions in the variables of interest once follow-up is completed.

All assessments are conducted on-site at the school's facilities, in a familiar and controlled environment. To ensure participant comfort and data standardization, anthropometric measurements are taken in a dedicated room with stable conditions of temperature, lighting, and privacy. Data collection is integrated into the athletes' regular training schedule to minimize disruption and encourage participation. Dietary and physical activity questionnaires are completed by legal guardians via an online form (Google Forms) sent in advance of each assessment round. Clear written instructions are provided to ensure proper understanding of the questions and to reduce potential reporting errors or bias.

This setting allows for consistent and high-quality data collection and supports participant retention throughout the follow-up period.

Study Population

Population Sample

The study sample will be selected through non-probabilistic convenience sampling at the ADESAVI Triathlon School, located in San Vicente del Raspeig (Alicante), where athletes aged 5 to 17 train in triathlon. The following inclusion and exclusion criteria will be applied for athlete eligibility:

Inclusion criteria:

- Enrollment in the ADESAVI Triathlon School.
- Age between 5 and 17 years.
- Parental acceptance of the informed consent form.

Exclusion criteria:

- Absence on the scheduled day(s) for anthropometric measurements.
- Reporting less than 80% attendance at physical activity sessions as recorded by the coach.

New participants who meet the eligibility criteria will be included each year, ensuring a dynamic sample throughout the study.

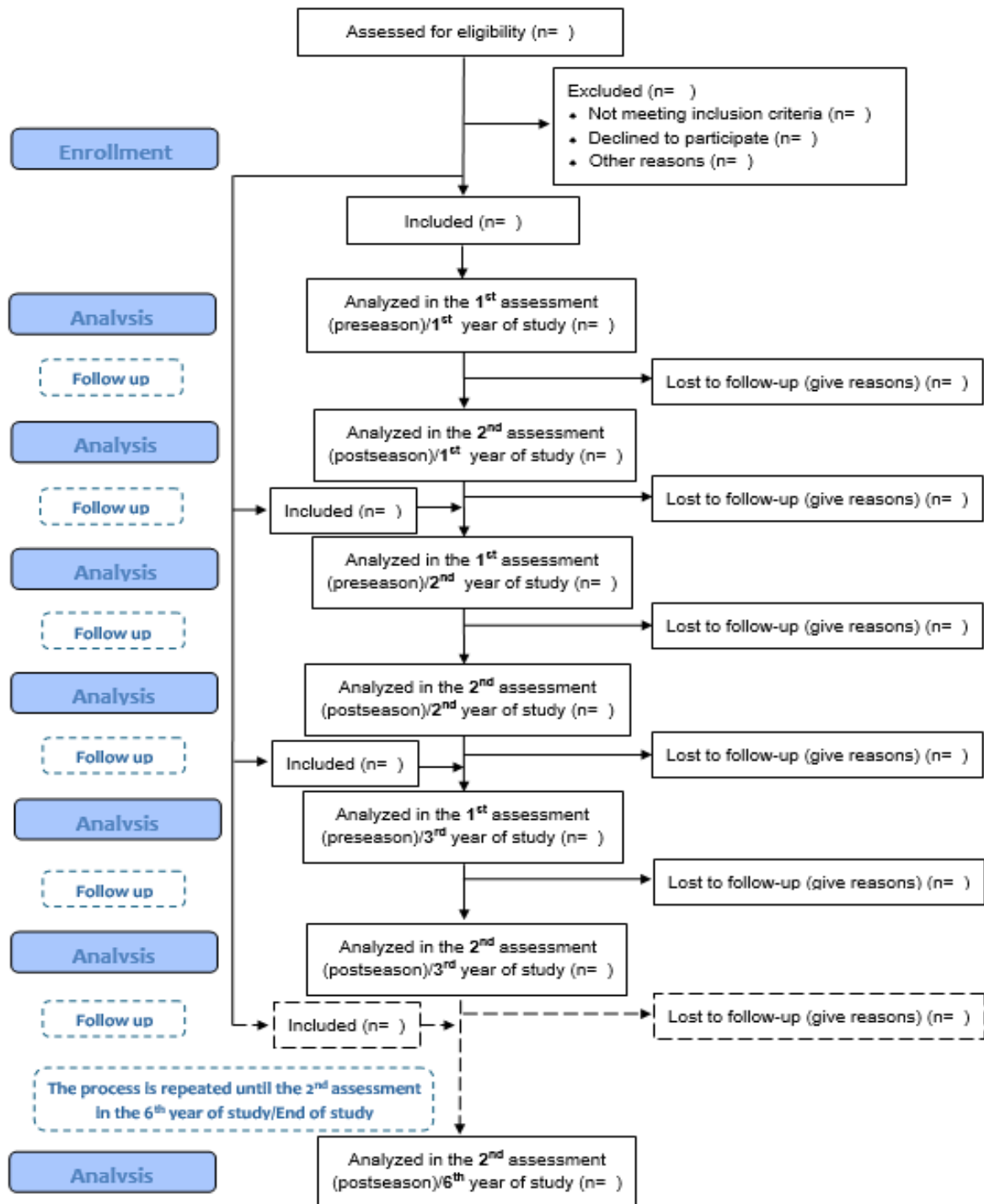
Procedure

Two annual assessments will be conducted for the triathletes participating in the study. These assessments will include anthropometric measurements for body composition analysis, dietary habit evaluation, physical activity level assessment, and somatic maturation analysis. These evaluations will take place consecutively over six years.

Before the study begins, ADESAVI triathlon club officials will be informed about the objectives, protocol, and procedures of the project. Parents and/or legal guardians of the triathletes must sign the informed consent form and the patient information sheet before data collection. Additionally, the anthropometrist will inform each participant about the techniques to be performed and the steps to follow, ensuring that the information is clear and fully understood.

A few days before the anthropometric measurements, to assess adherence to the Mediterranean diet (KIDMED test) and physical activity level (questionnaire), participants and/or their parents or legal guardians will receive a Google Forms link for access and completion. Subsequently, anthropometric measurements will

Figure 2. Participant flowchart. Dynamic cohort study



be taken during the pre-season (October/November) and post-season (April/May).

Once the measurements are completed, all data will be analyzed, and a report on anthropometric, nutritional, and somatic maturation assessments will be provided to the athletes and/or their legal guardians. This will help optimize the sports performance of the participants.

Several strategies will be implemented to minimize losses during follow-up. Evaluations will be scheduled at convenient times within the athletes' usual training environment to encourage participation, and flexible rescheduling will be offered in case of absence. Regular communication with families will be maintained throughout the study to strengthen engagement and address any concerns. Additionally, the estimated sample size has been increased by 10% to compensate for potential dropouts over time.

Study Variables

All information related to the study variables is available on the data collection sheet ([Supplementary Material](#)).

Assessment of Dietary Patterns

Adherence to the Mediterranean diet among triathletes will be assessed using the Mediterranean Diet Adherence Questionnaire for children and adolescents (KIDMED), a widely validated instrument commonly used in children and adolescents²⁵. The questionnaire consists of 16 questions with qualitative variables, with a final score ranging from 0 to 12 points. Among these questions, 12 have a positive nature, adding +1 point for each affirmative answer, while the remaining 4 have a negative nature, where an affirmative response deducts -1 point. Negative responses do not modify the score, regardless of whether the question is positive or negative²⁵. Before completing the questionnaire, specialized professionals explained its content to family members to ensure proper understanding of the questions.

The KIDMED index classifies adherence to the Mediterranean Diet into three categories based on the obtained score: high (optimal) adherence is considered with a score between 8 and 12 points; intermediate adherence, which requires improvement in dietary habits, ranges between 4 and 7 points; and low adherence, reflecting a low-quality diet, corresponds to a score of 0 to 3 points^{25,26}.

To evaluate the internal consistency of the KIDMED questionnaire within this study population, Cronbach's alpha will be calculated using baseline responses. A value of $\alpha \geq 0.70$ will be considered indicative of acceptable internal reliability.

Assessment of Physical Activity Level

The physical activity level was assessed using the Assessment Physical Activity Levels Questionnaire (APALQ), validated for the Spanish population²⁴. This questionnaire consists of five items with four or five response categories evaluating various aspects of physical activity: 1) Participation in extracurricular organized sports;

2) Unstructured physical activity; 3) Weekly frequency of intense physical activity (≥ 20 minutes); 4) Intensity of physical activity; and 5) Competitive participation. Each item is scored on a scale of 1 to 4 or 5 points, depending on the question. The total score classifies participants into three categories: sedentary (5-10 points), moderately active (11-16 points), and highly active (≥ 17 points).

Assessment of Body Composition

Anthropometric measurements will be carried out by certified anthropometrists accredited by the International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) following standardized guidelines (ISO 7250-1:2017 and ISAK)²⁷. The measurements taken will include body mass (kg), stretch stature (cm), sitting height (cm), arm span (cm), skinfold of the triceps, thigh, and calf (cm), girths of the arm relaxed, arm flexed and tensed, thigh middle, calf, and waist (cm), and breadth of femur, bi-styloid, and antero-posterior abdominal depth (cm). Using regression formulas, the four body components (muscle mass, fat mass, bone mass, and residual mass) will be calculated.

According to standard procedures, a mean technical error measurement (TEM) of less than 1% will be assumed for perimeters and diameters and 5% for skinfold²⁷. All measurements will be conducted under standardized conditions, in the same location, and at room temperature, following the ISAK protocol.

The anthropometric measurement equipment will be tested and calibrated before taking measurements. This equipment includes a scale (accuracy: 100 g), a wall stadiometer (accuracy: 1 mm), an AVANUTRI segmometer (accuracy: 1 mm), a CESCORF small-branch caliper (accuracy: 1 mm), a RealmetBCN large-branch caliper (accuracy: 1 mm), a HOLTAIN skinfold caliper (accuracy: 0.2 mm), and a CESCORF measuring tape (accuracy: 1 mm).

The following anthropometric indices will be calculated: BMI, fat mass index, waist-to-height ratio, cormic index (relative sitting height), skeletal index, relative lower limb length, and relative arm span. The BMI Z-score will also be calculated using the WHO AnthroPlus software from the World Health Organization (WHO, 2007). Based on the obtained values and WHO criteria, athletes will be classified into: undernutrition ($ZS \leq -2$), underweight ($ZS \leq -1$), normal weight ($ZS = -1$ to 1), overweight ($ZS \geq 1$), and obesity ($ZS \geq 2$)⁹.

For body composition analysis, the kilograms and percentages of fat mass, muscle mass, and bone mass will be estimated using the equations of Slaughter²⁸, Poortmans²⁹, and Von Döbeln⁸, respectively.

Assessment of Somatic Maturation

To determine the subjects' somatic maturation, a calculation based on various variables such as sex, age (date of birth), measurement date, height (cm), sitting height (cm), subischial leg length (cm), and body mass (kg) will be used¹⁰. These variables will estimate the age at which the peak height velocity (PHV) will occur, the chronological moment when an individual reaches their maximum growth velocity in height and body mass. To estimate

this, the formula proposed by Mirwald et al. will be applied, as they demonstrated that PHV can be accurately predicted by considering height, sitting height, body mass, and age³⁰. This non-invasive technique classifies athletes into eight levels, ranging from -4 to 3, where zero corresponds to the exact moment of reaching PHV³¹. The PHV calculation will allow athletes to be classified as early, normal, or late maturers based on their sex. Additionally, proximity to PHV will be predicted using a scale ranging from -4 to 4. On this scale, negative values indicate the years remaining until PHV is reached, zero represents the exact moment of PHV, and positive values reflect the years elapsed since PHV was surpassed³². Calculating these variables will also help estimate adult height and the approximate age at which it will be reached using mathematical formulas¹⁰. In the sports field, this information is highly valuable for designing optimal training programs and enhancing athletes' performance.

Bias

To minimize potential sources of bias, several methodological safeguards will be implemented. Selection bias will be addressed by including all athletes from the ADESAVI School who meet the inclusion criteria, with rolling enrolment of newly eligible participants each year. Measurement bias will be reduced through the application of standardized anthropometric protocols, calibrated equipment, and assessments conducted by ISAK-certified anthropometrists. Evaluations will consistently occur during the same seasonal periods to reduce temporal variability and participant reactivity.

Dietary and physical activity data will be collected using the KIDMED and APALQ questionnaires, completed by legal guardians via an online platform in a familiar, low-pressure setting. Detailed written instructions will be provided to minimize comprehension errors and social desirability bias. Given the self-reported nature of these instruments, potential recall bias will be mitigated by using concise and clearly worded items and encouraging accurate responses. No data imputation will be performed; only complete and internally consistent questionnaires will be included in the analysis.

Participant flow will be documented throughout the study, including numbers assessed for eligibility, enrolled, retained at follow-up, and included in final analyses. Reasons for non-participation (e.g., absence or withdrawal of consent) will be recorded when available. A flow diagram, following STROBE-nut guidelines, will illustrate recruitment, retention, and exclusion. The number of participants excluded due to missing or implausible questionnaire data will be explicitly reported to ensure transparency in data handling.

Sample Size

The sample size was calculated using G*Power software, based on a two-way mixed ANOVA design with three groups and twelve repeated

measurements, corresponding to two evaluations per year over six years. The main interaction of interest is group $\times$ time. Assuming a medium effect size ($f = 0.25$), a significance level of $\alpha = 0.05$, and a statistical power of 80% ($1 - \beta = 0.80$), the required sample size is approximately 54 participants (18 per group).

This calculation corresponds to the "Repeated measures, between-within interaction" model in G*Power. To compensate for potential dropouts during follow-up, the sample size will be increased by 10%, yielding a final estimated sample of 60 participants (20 per group), with efforts to maintain gender balance across groups.

Participant classification into three groups will be based on predefined categories of Mediterranean diet adherence, physical activity level, or somatic maturation status, depending on the specific analytical focus. This stratification will be applied in the mixed ANOVA group $\times$ time model to examine longitudinal effects.

Statistical Analysis

Statistical analyses will be performed using SPSS v23.0 for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). The number of participants with missing data for each variable will be reported transparently, and no data imputation will be performed. Follow-up time will be summarized as both the average and total duration per participant, consistent with STROBE recommendations for cohort studies.

Quantitative variables will be presented as mean and standard deviation or as median and interquartile range (P25–P75), depending on the distribution of the data, which will be assessed using the Shapiro–Wilk test. Categorical variables will be expressed as absolute and relative frequencies. Statistical significance will be set at $p < 0.05$ (two-tailed).

The primary analysis will involve a two-way mixed ANOVA (group $\times$ time) to assess the effects of Mediterranean diet adherence and physical activity level on body composition and somatic maturation over six years. When the sphericity assumption is violated, robust corrections such as Greenhouse–Geisser or Huynh–Feldt will be applied. If normality assumptions are not met, non-parametric alternatives such as the Mann–Whitney U test or the Friedman test (for repeated measures) will be used. Bonferroni correction will be applied for multiple comparisons.

To complement null hypothesis significance testing and enhance robustness, effect sizes will be calculated using Cohen's d or partial eta squared, depending on the statistical test applied. Correlations will be examined using Pearson's or Spearman's coefficients according to data distribution. For categorical variables, the Chi-square test will be used, along with post hoc residual analysis and Cramér's V to assess effect strength.

Subgroup and interaction analyses will be conducted to explore differential effects based on sex, biological maturation, or other relevant factors. Additionally, sensitivity analyses will be performed by excluding statistical outliers to verify the stability of the findings.

Ethical Considerations

The project has been approved by the Ethics Committee of the University of Alicante (File UA-2021-11-17; verification code: XJ+CQBRTRPVUA4C6ZWDR) and complies with the ethical standards outlined in the World Medical Association codes and the Declaration of Helsinki.

Informed consent will be obtained from all participants after providing them with a detailed explanation of the study objectives, procedures, potential benefits, and risks. Additionally, participants will be informed about their right to withdraw at any time without suffering negative consequences.

Confidentiality and privacy of participants will be ensured through strict data protection measures, in compliance with the General Data Protection Regulation (GDPR) and applicable national legislation. To protect participant identity, all personal information and collected data will be anonymized before analysis. This data will be securely stored, with restricted access exclusively for authorized research personnel, and will be retained only for the duration necessary for study purposes. After this period, any identifiable data will be deleted following the data protection policies of the University of Alicante and applicable regulations.

Expected Results

Based on literature and study design, we expect to observe significant associations between adherence to the Mediterranean diet, physical activity levels, and the body composition, growth, and somatic maturation of youth triathletes. Specifically, higher adherence to the Mediterranean diet and greater physical activity levels are anticipated to correlate with more favorable body composition parameters (lower fat mass and higher muscle mass) and with patterns of growth and maturation consistent with optimal athletic development. These findings are expected to differ by sex and age group and may vary across different stages of biological maturation.

The longitudinal design will allow us to analyze trends over time and better understand how nutritional and physical activity habits influence athletic development during critical stages of growth. The results may contribute to improved training and nutritional strategies for youth athletes, supporting their health, performance, and long-term development.

DISCUSSION

Key Results

This study addresses a gap in longitudinal evidence regarding how body composition, physical activity, and adherence to the Mediterranean diet interact in youth triathletes. Beyond identifying cross-sectional associations, the cohort design will allow us to explore change trajectories across different stages of growth and biological

maturation. The added value of this research lies in its capacity to integrate multiple dimensions of child and adolescent athletic development, providing information that can inform decision-making in training, prevention, and health promotion contexts.

Limitations

Although the study began in 2022, this protocol is published after the completion of the initial recruitment and methodological consolidation phase. We consider its dissemination at this stage to be timely and valuable, as follow-up will continue until 2028. This publication strengthens methodological transparency, enables the sharing of instruments and procedures used, and aligns with international recommendations for best practices in observational studies, such as those outlined in the STROBE-nut extension. Furthermore, it will support the replicability of the study design and facilitate future comparisons with other youth athletic populations. Among the inherent limitations of study design is the risk of participant dropout over time, particularly in a child and adolescent cohort exposed to multiple personal, academic, and athletic transitions. To mitigate this, retention strategies and ongoing contact with families have been planned. Additionally, the use of self-administered questionnaires—although validated and adapted to the target population—may introduce recall or social desirability bias. These potential sources of bias will be addressed through standardized instructions, supervised completion, and appropriate statistical analyses.

Interpretation

The results should be interpreted within the broader context of holistic development in young athletes, taking into account the complexity of growth and maturation processes. Adherence to the Mediterranean diet, in combination with adequate levels of physical activity, may have synergistic effects on body composition, athletic performance, and overall well-being. These interactions—modulated by factors such as sex, chronological age, and biological maturation stage—highlight the relevance of the longitudinal approach adopted. Moreover, the study is expected to provide applicable evidence to guide the design of integrated training and nutritional education strategies tailored to the developmental needs of youth triathletes.

Generalizability

Although the study is conducted among triathletes from a single sports school in southeastern Spain, its findings may be extrapolated to other youth sports settings with similar characteristics, particularly those focused on endurance disciplines. The use of validated instruments, the structured follow-up, and stratified analyses by age and maturation stage enhance its applicability to comparable contexts. However, caution should be

exercised when generalizing the results to non-athletic populations or to settings with different sociocultural profiles, as factors such as family environment, socioeconomic status, access to healthy food, and training structure may influence the observed outcomes.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank Escuela de Triatlón Adesavi for their collaboration and willingness to support this study.

AUTHORSHIP CONTRIBUTION

Conceptualización, J.M.M.-S., E.A., M.A.H.-L. and D.R.-G.; metodología, J.M.M.-S., E.A., E.M.-O., A.C. and D.R.-G.; visualización, J.M.M.-S., M.A.H.-L., E.A. y D.R.-G.; redacción—preparación del borrador original, E.M.-O., E.A., D.R.-G., A.C. and J.M.M.-S.; redacción—revisión y edición, E.M.-O., E.A., D.R.-G., A.C., M.A.H.-L. and J.M.-S.; Todos los autores revisaron críticamente esta y las versiones anteriores del documento.

FUNDING

The authors declare that there was no funding for this study, which falls within the research activity contract between the University of Alicante and ADESAVI (REF: ADESAVI1-22X).

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that there are no conflicts of interest in writing this manuscript.

DATA AVAILABILITY

The data collection sheet is available in [Supplementary Material](#).

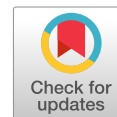
REFERENCES

- (1) Bunc V, Heller J, Horcic J, Novotny J Physiological profile of best Czech male and female young triathletes. *J Sports Med Phys Fitness*. 1996;36(4):265-70.
- (2) Cushman DM, Dowling N, Ehn M, Kotler DH Triathlon Considerations. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2022;33(1):81-90. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2021.08.006>
- (3) Ambrosini L, Presta V, Galli D, Mirandola P, Vitale M, Gobbi G, et al. Interlink Between Physiological and Biomechanical Changes in the Swim-to-Cycle Transition in Triathlon Events: A Narrative Review. *Sports Medicine - Open*. 2022;8(1):129. <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00521-z>
- (4) Albaladejo-Saura M, Vaquero-Cristóbal R, González-Gálvez N, Esparza-Ros F. Relationship between Biological Maturation, Physical Fitness, and Kinanthropometric Variables of Young Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Jan 5;18(1):328. <https://doi.org/10.3390/ijerph18010328>. PMID: 33466291; PMCID: PMC7795393
- (5) Kerkick CM, Wilborn CD, Roberts MD, Smith-Ryan A, Kleiner SM, Jäger R, et al. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *J Int Soc Sports Nutr*. 2018;15(1):38. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0242-y>
- (6) Schütz EDSF, Machado JM, Bresciani MVJ, Costa CG da, Ruschel C, Pereira SM Biological maturity status and chronological age in young triathletes: a first approach to bio-banding in triathlon. *Retos*. 2025;68:790-802. <https://doi.org/10.47197/retos.v68.109869>
- (7) Lenis AMM, García-Chaves DC, Corredor-Serrano LF, Forero SA, Arboleda-Franco SA Relación entre composición corporal y desempeño físico en triatletas aficionados de media distancia. *Biotechnia*. 2024;26:e2283-e2283. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v26.2283>
- (8) Esparza Ros F, Cabañas Armesilla MD Compendio de cineantropometría. Madrid: CBO; 2009.
- (9) Growth reference 5-19 years - BMI-for-age (5-19 years) [Internet]. [citado 23 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.who.int/tools/growth-reference-data-for-5to19-years/indicators/bmi-for-age.s.f>
- (10) Gómez-Campos R, Arruda M de, Hobold E, Abella CP, Camargo C, Martínez Salazar C, et al. Valoración de la maduración biológica: usos y aplicaciones en el ámbito escolar. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*. 2013;6(4):151-60.
- (11) Albaladejo-Saura M, Vaquero-Cristóbal R, Esparza-Ros F. Métodos de estimación de la maduración biológica en deportistas en etapa de desarrollo y crecimiento: Revisión bibliográfica. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 17(53): 65-75, Julio-Septiembre 2022. <https://doi.org/10.12800/ccd.v17i53.1925>
- (12) Ferriz Valero, A.; Sellés Pérez, S.; García Jaén, M.; Cejuela Anta, R. Relative age effect for talents' development in young triathletes. *Retos*. 2020;37:27-32. <https://doi.org/10.47197/retos.v37i37.67384>
- (13) Baker ME, DeCesare KN, Johnson A, Kress KS, Inman CL, Weiss EP Short-Term Mediterranean Diet Improves Endurance Exercise Performance: A Randomized-Sequence Crossover Trial. *J Am Coll Nutr*. 2019;38(7):597-605. <https://doi.org/10.1080/07315724.2019.1568322>
- (14) Ferriz-Valero A, García Martínez S, Olaya-Cuartero J, García-Jaén M Sustainable Sport Development: The Influence of Competitive-Grouping and Relative Age on the Performance of Young Triathletes. *Sustainability*. 2020;12(17):6792. <https://doi.org/10.3390/su12176792>
- (15) López-Gil JF, Victoria-Montesinos D, García-Hermoso A Effects of lifestyle-based interventions to improve Mediterranean diet adherence among the young population: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutr Rev*. 2024;82(7):849-60. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuad107>
- (16) Amawi A, AlKasasbeh W, Jaradat M, Almasri A, Alobaidi S, Hammad AA, et al. Athletes' nutritional demands: a narrative review of nutritional requirements. *Front Nutr*. 2024;10:1331854. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1331854>
- (17) Bianchi E, Erbasan H, Riso P, Perna S Impact of the Mediterranean Diet on Athletic Performance, Muscle Strength, Body Composition, and Antioxidant Markers in Both Athletes and Non-Professional Athletes: A Systematic Review of Intervention Trials. *Nutrients*. 2024;16(20):3454. <https://doi.org/10.3390/nu16203454>

- (18) Calella P, Gallè F, Di Onofrio V, Cerullo G, Liguori G, Valerio G Adherence to Mediterranean diet in athletes: a narrative review. *Sport Sci Health*. 2022;18(4):1141-8. <https://doi.org/10.1007/s11332-022-00899-z>
- (19) Medicina y ciencias del deporte y actividad física. Ergon. s. f., Disponible en: <https://libros.ergon.es/producto/medicina-y-ciencias-del-deporte-y-actividad-fisica/>
- (20) Moral-García JE, Arroyo-Del Bosque R, Jiménez-Eguizábal A. Level of physical condition and practice of physical activity in adolescent schoolchildren. *Apunts Educ Fís Deporte*. 2021;143:1-8. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2021/1\).143.01](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2021/1).143.01)
- (21) Martínez-Lemos RI, Ayán Pérez C, Sánchez Lastra A, Cancela Carral JM, Valcarce Sánchez R Cuestionarios de actividad física para niños y adolescentes españoles: una revisión sistemática. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*. 2016;39(3):417-28.
- (22) Lachat C, Hawwash D, Ocké MC, Berg C, Forsum E, Hörnell A, et al. Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology-Nutritional Epidemiology (STROBE-nut): An Extension of the STROBE Statement. *PLoS Med*. 2016;13(6):e1002036. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002036>
- (23) Galan-Lopez P, Sanchez-Oliver AJ, Pihu M, Gísladóttir T, Domínguez R, Ries F Association between Adherence to the Mediterranean Diet and Physical Fitness with Body Composition Parameters in 1717 European Adolescents: The AdolesHealth Study. *Nutrients*. 2019;12(1):77. <https://doi.org/10.3390/nu12010077>
- (24) Zaragoza J, Aznar S, Abarca-Sos A, Julián J, Mota J Validation of a short physical activity recall questionnaire completed by Spanish adolescents. *European Journal of Sport Science - EUR J SPORT SCI*. 2012;12:283-91. <https://doi.org/10.1080/17461391.2011.566357>
- (25) Serra-Majem L, Ribas L, Ngo J, Ortega RM, García A, Pérez-Rodrigo C, et al. Food, youth and the Mediterranean diet in Spain. Development of KIDMED, Mediterranean Diet Quality Index in children and adolescents. *Public Health Nutr*. 2004;7(7):931-5. <https://doi.org/10.1079/phn2004556>
- (26) Ayechu A, Durá T Calidad de los hábitos alimentarios (adherencia a la dieta mediterránea) en los alumnos de educación secundaria obligatoria. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*. 2010;33(1):35-42.
- (27) Esparza-Ros F, Vaquero-Cristóbal R, Marfell-Jones M. *International Standards for Anthropometric Assessment*. International Society for Advancement of Kinanthropometry; 2019.
- (28) Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, Van Loan MD, et al. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol*. 1988;60(5):709-23.
- (29) Poortmans JR, Boisseau N, Moraine J-J, Moreno-Reyes R, Goldman S Estimation of total-body skeletal muscle mass in children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37(2):316-22. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000152804.93039.ce>
- (30) Mirwald RL, Baxter-Jones ADG, Bailey DA, Beunen GP An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34(4):689-94. <https://doi.org/10.1097/00005768-200204000-00020>
- (31) Costa Marinho JL Maduración somática, morfología, condición física, técnica, táctica y motivacional de jóvenes futbolistas españoles en una temporada de entrenamiento y competición. <http://purl.org/dc/dcmitype/Text>, Universidad Autónoma de Madrid, 2022
- (32) Silvia AV, Romina BN, Ezequiel SG Estado Madurativo, Masa Muscular Y Su Impacto En El Rendimiento Físico De Adolescentes Deportistas De La Provincia De San Luis- Argentina. *International Journal of Kinanthropometry*. 2021;1(1):22-30. <https://doi.org/10.34256/ijk2115>

Revista Española de Nutrición Humana y Dietética

Spanish Journal of Human Nutrition and Dietetics

www.renhyd.org

RESEARCH ARTICLE

Muscle and cardiometabolic health in community-living adults with type 2 diabetes

➤ Salud muscular y cardiometabólica en adultos con diabetes tipo 2 que viven en la comunidad

Allison Espinoza Ribadenera^a, Javier Gálvez-Celi^a, Cecilia Arteaga-Pazmiño^{a§,*}, Evelyn Frías-Toral^{b,c§}

^a Carrera de Nutrición y Dietética, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

^b Universidad Espíritu Santo, Escuela de Medicina, Samborondón, 0901952, Ecuador.

^c Division of Research, Texas State University, 601 University Dr, San Marcos, TX 78666, United States.

§ Co-last author.

*ceciliaarteagap@gmail.com

Assigned Editor: Rafael Almendra-Pegueros, Institut de Recerca de l'Hospital de la Santa Creu i Sant Pau. Sant Pau Biomedical Research Institute (IIB Sant Pau), Barcelona, España

Received: 04/04/2025; Accepted: 21/08/2025; Published: 26/11/2025

KEYWORDS

Type 2 diabetes
Muscle mass
Handgrip strength
Dynapenia
Cardiometabolic risk

➤ ABSTRACT

Introduction: Type 2 diabetes (T2DM) is a chronic disease associated with alterations in muscle quantity and quality. The aim of this study was to evaluate metabolic and muscular health indicators in adults with T2DM.

Methods: Cross-sectional study conducted in outpatients of a primary care health center diagnosed with T2DM. The muscle health indicators were muscle mass (MM) and handgrip strength (HGS). MM was assessed through calf circumference (CC) corrected by body mass index (BMI); low muscle MM was determined with values ≤ 34 cm for men and ≤ 33 cm for women. HGS was assessed with a digital dynamometer and dynapenia was identified with values below the 10th percentile of HGS for age and sex. The cardiometabolic health indicators were waist-to-height ratio (WHtR) and neck circumference (NC). Cardiometabolic risk was identified as an WHtR ≥ 0.5 and/or a NC of 39.0 and 32.9 cm for men and women, respectively.

Results: A total of 60 participants with a mean age of 50.98 ± 11.86 years were evaluated. 67% (n=40) were female. 98.33% (n=59) and 65% (n=39) presented high cardiometabolic risk according to WHtR and NC, respectively. 73.33% (n=44) presented low MM and 28.33% (n=17) had dynapenia. A positive and significant correlation was found between NC and BMI ($r=0.342$; $p < 0.001$) and between NC and waist circumference ($r = 0.486$; $p < 0.001$).

Conclusion: A high cardiometabolic risk profile according to the NC and the WHtR, as well as a high prevalence of low MM and dynapenia was found in this studied population.

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

Diabetes mellitus tipo 2

Masa muscular

Fuerza de prensión manual

Dinapenia

Riesgo cardiometabólico

Introducción: La diabetes tipo 2 (DM2) es una enfermedad crónica asociada a alteraciones en la cantidad y calidad muscular. El objetivo de este estudio fue evaluar indicadores de salud metabólica y muscular en adultos con DM2.

Metodología: Estudio transversal realizado en pacientes ambulatorios de un centro de salud de primer nivel de atención en salud con diagnóstico de DM2. Los indicadores de salud muscular fueron la masa muscular (MM) y la fuerza de prensión manual (FPM). La MM se valoró a través de la circunferencia de pantorrilla (CP) corregida por índice de masa corporal (IMC); la baja MM muscular se determinó con valores ≤ 34 cm para hombres y ≤ 33 cm para mujeres. La FPM se valoró con un dinamómetro digital y se identificó dinapenia con valores menores al percentil 10 de la FPM para la edad y el sexo. Los indicadores de salud cardiometabólica fueron el índice cintura-altura (ICA) y la circunferencia de cuello (CCu). Se identificó como riesgo cardiometabólico un ICA $\geq 0,5$ y/o una CCu 39,0 y 32,9 cm para hombres y mujeres, respectivamente.

Resultados: Se evaluó a un total de 60 participantes con edad media de $50,98 \pm 11,86$ años. El 67% (n=40) fueron de sexo femenino. El 98,33% (n=59) y el 65% (n=39) presentó alto riesgo cardiometabólico según el ICA y la CCu, respectivamente. El 73,33% (n=44) presentó baja MM y el 28,33% (n=17) tuvo dinapenia. Se encontró una correlación positiva y significativa entre la CCu y el IMC ($r=0,342$; $p < 0,001$) y entre la CCu y la circunferencia de cintura ($r = 0,486$; $p < 0,001$).

Conclusiones: La población estudiada presenta un perfil de riesgo cardiometabólico elevado según la CCu y el ICA, así como una alta prevalencia de baja MM y dinapenia.

Financiación: Este proyecto fue autofinanciado por los autores.

KEY MESSAGES

1. Subjects with type 2 diabetes mellitus (T2DM) present metabolic alterations that may affect cardiometabolic health and muscular.
2. More than half of the subjects were living with obesity according to the body mass index (BMI) and 98.33% showed cardiometabolic risk according to the waist-to-height ratio (WHtR).
3. 73.33% of participants had low muscle mass and 28.33% showed dynapenia.
4. Neck circumference was positively correlated with BMI and waist circumference.

CITATION

Espinoza Ribadenera A, Gálvez-Celi J, Arteaga-Pazmiño C, Frías-Toral E. Muscle and cardiometabolic health in community-living adults with type 2 diabetes. Rev Esp Nutr Hum Diet. 2025; 29(4): e2457.
doi: <https://doi.org/10.14306/renhyd.29.4.2457>

INTRODUCTION

Type 2 diabetes mellitus (T2DM) is a chronic disease that accounts for 90% of all diabetes cases worldwide¹. The World Health Organization (WHO) estimates that currently 422 million people are diagnosed with T2DM worldwide, and projections indicate that by 2040, this number is expected to rise to 109 million cases². T2DM is distinguished by a series of metabolic alterations that include insulin resistance, inflammation, advanced accumulation of insulin end products, advanced glycation, unbalanced protein turnover and increased oxidative stress³. These abnormalities adversely affect musculoskeletal health, reducing muscle mass and function⁴. Additionally, poorer glycemic control, as well as inadequate diet, aging, and excess ectopic fat could promote the deterioration of muscle health, which may contribute to the development and progression of T2DM⁵.

Thus, the coexistence of T2DM and the loss of muscle tissue and weakness have become increasingly frequent phenomena⁶. The progressive and generalized loss of muscle mass is known as presarcopenia, while low muscle strength is called dynapenia⁷. The coexistence of both conditions, low muscle mass and low muscle strength is defined as sarcopenia, and have been associated with increased hospitalization, cardiovascular events, and mortality in subjects with T2DM⁸.

On the other hand, excessive accumulation of fat in the body is a risk factor for the development of cardiometabolic diseases such as T2DM. In this sense, anthropometric indicators such as waist circumference (WC) and body mass index (BMI) have generally been used to assess cardiometabolic risk. However, the waist-to-height ratio (WHtR) and neck circumference (NC) have been proposed as simple and useful indicators for assessing cardiometabolic risk in individuals with non-communicable chronic diseases⁹.

Despite the impact of T2DM on muscle mass and cardiometabolic risk, its assessment and management are still scarce at the primary level of healthcare. This gap in care may hinder the effective prevention and management of this condition in adults, highlighting a clear need for addressing this issue in medical care. The aim of this study was to assess muscle and cardiometabolic health indicators in community-dwelling adults with T2DM.

METHODOLOGY

Study design

A cross-sectional observational study was conducted.

Context

Data collection was carried out at the Centro de Salud 29 de Noviembre, located in the province of El Oro, Ecuador, between the months of April and June 2024.

Population and sample

The population consisted of subjects diagnosed with T2DM who regularly attended outpatient consultations for the control of their underlying pathology. Individuals between the ages of 18 and 64 who agreed to participate in the study were included. Subjects undergoing cancer treatment, with degenerative disorders related to cognitive or motor function that could affect the outcome of the study, such as Alzheimer's disease, multiple sclerosis, advanced dementia, pregnant or breastfeeding women, cardiac, respiratory, or renal failure, or those who could not undergo anthropometric evaluations or could not perform the muscle strength test were excluded. The subjects who took part in the study signed an informed consent form prior to the assessment of their variables.

Study variables

Sociodemographic variables

The sociodemographic variables included age (years), marital status (married, in a free union, separated, divorced, widowed, single), educational level (none, basic education, middle or high school, higher education), residential area (urban, rural), and ethnicity (indigenous, Afro-Ecuadorian, Montubia, other).

Anthropometric variables

Weight (kg), height (cm), WC (cm), and CC (cm) were assessed. The WC was obtained by measuring from the midpoint between the lower costal margin and the iliac crest. From the weight and height, the BMI was calculated and classified according to the cut-off points of the WHO: $<18.5 \text{ kg/m}^2$ = underweight, between 18.5 and 24.9 kg/m^2 = normal range, $25.0 - 29.9 \text{ kg/m}^2$ = overweight, $30.00 - 34.9 \text{ kg/m}^2$ = class I obesity, $35.0 - 39.9 \text{ kg/m}^2$ = class II obesity, and $\geq 40 \text{ kg/m}^2$ = class III obesity.

Cardiometabolic health indicators

Waist-to-Height Ratio (WHtR): The WHtR was obtained by dividing the waist circumference in centimeters by the height in centimeters, and classified as no cardiometabolic risk < 0.50 and cardiometabolic risk with a value ≥ 0.50 ¹⁰.

Neck circumference (NC): The NC was measured with the individual seated, using a metal tape measure immediately above the cricoid cartilage and perpendicular to the long axis of the neck. A value of 39.0 and 32.9 cm was considered an indicator of cardiometabolic risk for men and women, respectively¹¹.

Muscle health indicators

Muscle mass: Muscle mass was assessed through CC adjusted for BMI, for which 3, 7, or 12 cm (BMI 25–29, 30–39, and ≥ 40 , respectively) were subtracted from the initial calf circumference measurement. In subjects with a BMI $< 18.5 \text{ kg/m}^2$, this adjustment was not made because it is not applicable in cases of underweight or suspected weight loss or muscle atrophy. Based on the corrected

CC, low muscle mass was determined with values ≤ 34 cm for men and ≤ 33 cm for women¹².

Muscle function: Muscle function was assessed using the HGS with a Camry® digital dynamometer model EH101 with a grip capacity of up to 90 kg¹³. Each participant was asked to sit with their arm extended and their elbow close to the trunk at a 90° angle, with their forearm, wrist, and shoulders in a neutral position. Subsequently, they were asked to hold the dynamometer in their dominant hand, exerting maximum effort against the device to accurately determine muscle strength with a minimum grip duration of 3 seconds. Three measurements were taken for each participant, and the average of the measurements was obtained.

Dynapenia was determined when the HGS value was below the 10th percentile of the sex- and age-specific mean according to the cohort points of the Colombian population¹⁴.

Sarcopenia was diagnosis with low muscle mass (CC ≤ 34 cm for men and ≤ 33 cm for women) and low HGS (below the 10th percentile of the sex- and age-specific mean).

Sarcopenic obesity was identified with the coexistence of sarcopenia and obesity according of BMI.

Data sources/measurements

The data were obtained through the assessment of sociodemographic, anthropometric, and muscle function variables in the participants.

Biases

The possible biases of this study include sample selection and the use of international cut-off points to identify low muscle mass and function.

Sample size

The sample was selected through non-probabilistic sampling and consisted of a total of 60 participants. [Figure 1](#) shows the flowchart of the sample selection.

Statistical analysis

The statistical package SPSS version 25 was used for data analysis. Numerical variables are represented as mean $\pm$ standard deviation (SD). Numerical variables are presented as mean and standard deviation if their distribution was normal and as median and interquartile range if the distribution was skewed. Categorical variables are presented as absolute frequencies and percentages. The relationship between categorical variables was analyzed using Pearson's Chi-square test, while the correlation between numerical variables was tested through Pearson's correlation coefficient. A p-value < 0.05 was considered statistically significant.

Ethical aspects

The research topic was approved by the Research Council, Management of the Knowledge and Postgraduate Studies of the Faculty of Medical Sciences of the Universidad de Guayaquil (No UG-CIGCP-02-08-2024-R). For this research, the ethical principles of the 1964 Declaration of Helsinki were followed.

RESULTS

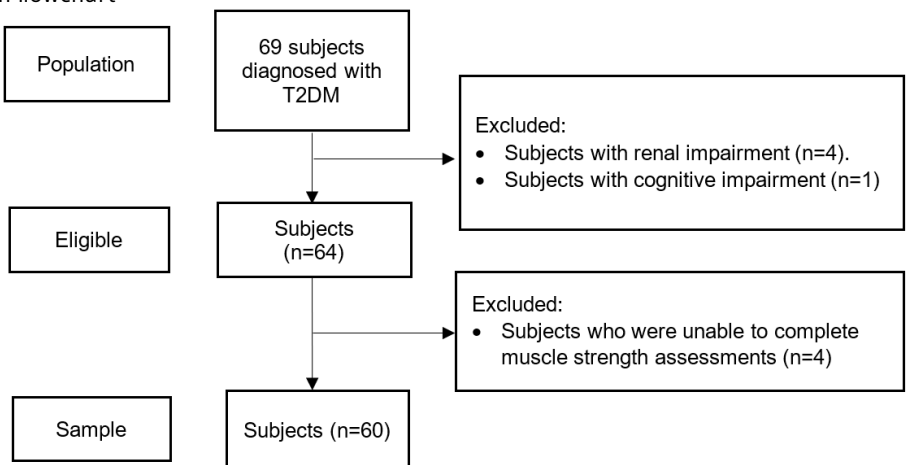
Sociodemographic variables

A total of 60 subjects were evaluated, of which 66.7% (n=40) were female and 33.3% (n=20) were male. The average age of the population was 50.97 ± 11.84 years. 88.3% (n=53) resided in the urban area, 75% (n=45) were mestizo, 23.3% (n=14) were single and 43.3% (n=26) had middle-high school education level. [Table 1](#) summarizes the sociodemographic characteristics of the study population.

Anthropometric indicators

The average body weight of the participants was 50.97 ± 11.84 kg, and the height was 157.61 ± 11.99 cm. The average BMI was 30.26 ± 4.64 kg/m², from which it was identified that 53% (n=32) had obesity. On the other hand, the WC was 102.40 ± 11.01 cm.

Figure 1. Sample selection flowchart



Cardiometabolic health indicators

The mean of the WHtR was 0.67 ± 0.07 . Based on the WHtR, it was identified that 98.33% (n=59) of the participants presented cardiometabolic risk. On the other hand, the mean NC was 36.51 ± 5.27 cm, reflecting a prevalence of cardiometabolic risk in 65% (n=39) of the study subjects.

Indicators of muscle health

Regarding muscle health indicators, the mean CC was 30.46 ± 3.89 cm, reflecting low muscle mass in 73.33% (n=44) of the participants. Handgrip strength was 24.50 ± 9.45 kg, and dynapenia was identified in 28.33% (n=17) of the population. The HGS was significantly higher in men than in women ($p = 0.00$). Sarcopenia was identified in 21.66% (n=13) and sarcopenic obesity in 13.33% (n=8) of the participants.

Table 2 summarizes the anthropometric and functional health indicators cardiometabolic and muscular according to sex.

A statistically significant moderate positive correlation ($r = 0.342$; $p < 0.001$) was found between NC and BMI (Figure 2), and between NC and WC ($r = 0.486$; $p < 0.001$) (Figure 3).

DISCUSSION

In this study, anthropometric and functional indicators of cardiometabolic and muscular health were evaluated in community-dwelling adults with T2DM. WC and BMI reflected cardiometabolic risk in more than half of the population, while low muscle mass was a prevalent condition in most participants, although dynapenia was less frequent.

In the study population, a slight difference in CC was found between men and women, which could be related to a difference in the function and distribution of body fat between the sexes, given that women tend to accumulate more subcutaneous fat in the lower extremities and hips, while men usually accumulate more visceral fat at the abdominal level¹⁵.

The relationship between WC and height has been proposed as an alternative measure to BMI because it considers the central distribution of weight and is strongly associated with a higher cardiometabolic risk in people with diabetes¹⁶. In this study, 98.33% of the participants presented cardiometabolic risk according to the WHtR. Similar results were described in a population study

Table 1. Sociodemographic characteristics of the study population

Variable	Total (n=60)	Female (n=40)	Male (n=20)	p-value
Age (years)	50,97 $\pm$ 11,84	52,60 $\pm$ 12,38	47,70 $\pm$ 10,29	0,110
Residential area, n (%)				
Urban	53 (88,33)	37 (92,5)	16 (80)	0,155
Rural	7 (11,66)	3 (7,5)	4 (20)	
Ethnicity, n (%)				
Indigenous	1 (1,6)	0 (0)	1 (5)	0,532
Afro-Ecuadorian	9 (15)	6 (15)	3 (15)	
Montubia	5 (8,33)	3 (7,5)	2 (10)	
Mestiza	45 (75)	31 (77,5)	14 (70)	
Marital status, n (%)				
Married	20 (33,33)	12 (30)	8 (40)	0,541
Free union	12 (20)	7 (17,5)	5 (25)	
Divorced	9 (15)	7 (17,5)	2 (10)	
Widower	5 (8,33)	5 (12,5)	0 (0)	
Single	14 (23,33)	9 (22,5)	5 (25)	
Educational level, n (%)				
None	1 (1,66)	1 (2,5)	0 (0)	0,751
Basic	24 (40)	17 (42,5)	7 (35)	
Middle-High school	26 (43,33)	17 (42,5)	9 (45)	
Superior	9 (15)	5 (12,5)	4 (20)	

Age is presented as mean and $\pm$ standard deviation.

Table 2. Anthropometric and functional indicators of cardiometabolic and muscular health

Variable	Total (n=60)	Female (n=40)	Male (n=20)	p-value
Weight (kg)	50.97 ± 11.84	70.27 ± 13.28	85.24 ± 10.58	0.000*
Height (cm)	157.61 ± 11.99	151.95 ± 9.32	168.95 ± 8.11	0.000*
BMI (kg/m ²)	30.26 ± 4.64	30.50 ± 5.41	29.80 ± 2.52	0.586
BMI categories, n (%)				
Normal range	6 (10)	6 (15)	0 (0)	0.105
Overweight	22 (36.66)	12 (30)	10 (50)	
Obesity	32 (53.33)	22 (55)	10 (50)	
WC (cm)	102.40 ± 11.01	101.57 ± 12.10	104.05 ± 8.47	0.362
WHtR	0.65 ± 0.07	0.61 ± 0.05	0.84 ± 0.01	0.012*
CMR according to WHtR, n (%)	59 (98.33)	39 (97.5)	20 (100)	0.476
NC (cm)	36.51 ± 5.27	35 ± 4.31	39.55 ± 5.79	0.001*
CMR according to NC, n (%)	39 (65)	24 (40)	15 (75)	0.390
CC (cm)	30.46 ± 3.89	29.97 ± 4.06	31.45 ± 3.42	0.147
Low muscle mass, n (%)	44 (73.33)	29 (65)	15 (75)	0.547
HGS, (kg)	24.50 ± 9.45	19.77 ± 5.94	33.96 ± 7.99	0.000*
Dynapenia, n (%)	17 (28.33)	13 (32.5)	4 (20)	0.242
Sarcopenia, n (%)	13 (21.66)	10 (25)	3 (15)	0.001*
Sarcopenic obesity, n (%)	8 (13.33)	7 (17.50)	1 (2.50)	0.000*

BMI, body mass index; WC, waist circumference; WHtR, waist-to-height ratio; CMR, cardiometabolic risk; NC, neck circumference; HGS, handgrip strength. *p < 0,05

Figure 2. Correlation between neck circumference and body mass index.

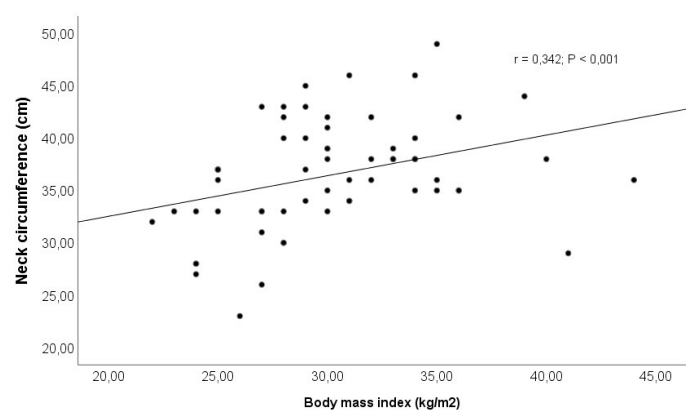
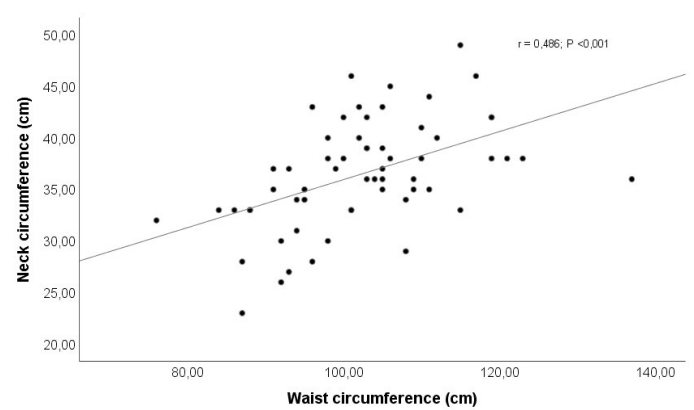


Figure 3. Correlation between neck circumference and waist circumference



in Mexico, in which more than 90% of the subjects had a WHtR ≥ 0.50 ¹⁷. However, in a Chinese cohort of 3108 subjects with T2DM, it was reported that the prevalence of cardiovascular events was 21.3% in the highest quartile of WHtR¹⁸.

The NC is a simple anthropometric parameter that reflects the subcutaneous fat content of the human trunk. A recent systematic review and meta-analysis that included 30,923 subjects reported that NC is significantly associated with the risk of T2DM¹⁹. In Latin America, it has been reported that NC is associated with various cardiometabolic risk factors such as insulin resistance, elevated cholesterol, triglycerides, LDL cholesterol, and obesity²⁰. In our study, the mean NC was 36.51 ± 5.27 cm, and it was identified that 65% of the subjects presented cardiometabolic risk. Similar results were reported by a study at the Latin American level that included Ecuador, in which the mean NC was 35.1 ± 3.7 cm in our country²¹. The marked difference in the prevalence of cardiometabolic risk detected according to the WHtR and the NC may be related to the sensitivity of each of these to specific cardiometabolic risks. Thus, the WHtR is a more sensitive marker of central adiposity, closely associated with cardiovascular risk and insulin resistance, while the NC has been proposed as a more practical and less invasive measure, with some correlation with subcutaneous and visceral adipose tissue, but also with cervical muscle mass.

The CC corrected by BMI has been described as one of the indicators of muscle mass quantity in the diagnosis of diabetic sarcopenia²¹. In our sample, the mean CC was 30.46 ± 3.89 cm and 73.33% of the subjects presented low muscle mass according to this indicator. However, an average of 37.2 ± 3.1 cm has been reported in a cohort of Spanish adults with T2DM²², while Yoon et al. reported an average of 34.7 ± 2.9 cm in Asian adults with the same pathology²³. The differences between these studies could be explained by the lack of correction of WC for BMI in previous research.

Patients with T2DM tend to have lower HGS values compared to those without this condition²⁴. In the present study, the mean HGS was 24.50 ± 9.45 kg, similar to that reported by Hamasaki and Yanai⁸ in an Asian population with T2DM with values of 23.9 ± 9.7 kg. On the other hand, dynapenia was prevalent in 28.33% of our sample, a value significantly higher than that reported by Suda et al., who reported a prevalence of 17.9% in a Japanese cohort of 268 subjects with T2DM²⁵.

On the other hand, HGS exhibited a notable difference between women and men, with the latter presenting higher values. These findings could be explained by the physiological differences between the sexes, as men, on average, have a greater muscle mass and a higher density of fast-twitch muscle fibers, which enhances strength²⁶.

The moderate positive correlations found between NC and BMI and WC in this study suggest that NC could be a useful indicator in the assessment of cardiometabolic risks in individuals with T2DM at the community level, as reported by other authors²⁷. In a cohort of 464 adults aged 18 to 65 with T2DM, it was found that NC

correlated positively with anthropometric indicators such as BMI and WC²⁸. These results highlight the use of NC as a simple and useful marker of cardiometabolic risk.

The coexistence of obesity and low muscle mass was identified as sarcopenia in our population, with a prevalence of 21.66%, and sarcopenic obesity with 13.33%. Those are common problems in T2DM patients, with a reported prevalence of sarcopenia of 18%²⁹ and 27% of sarcopenic obesity³⁰.

This study presents strengths such as the evaluation and interpretation of metabolic and muscular health indicators that are easy to apply and low-cost at the community level, which could have practical implications in primary health care services. Additionally, it provides statistics on the status of metabolic and muscular health indicators specifically in patients with T2DM at the local level, which highlights its relevance and contribution in this field of interest in nutrition.

However, limitations such as the cross-sectional design of the study, the limited sample size, the convenience sampling method, which makes it difficult to follow up with patients, as well as the extrapolation of the results to other population were found in this study. On the other hand, it is important to highlight that the participants voluntarily attended outpatient consultations, which could represent a bias in the selection of individuals more committed to their health and reflect limited information from those who do not regularly attend check-ups. Considering these limitations is essential for accurately interpreting the findings and designing future research on the topic.

Our findings highlight the need to implement strategies aimed at improving cardiometabolic and muscular health in patients with T2DM living in the community. Longitudinal studies are necessary to analyze the evolution of muscle mass and cardiometabolic risk in patients with T2DM.

CONCLUSIONS

The studied population with T2DM living in community presented a high cardiometabolic risk according to WHtR and NC, as well as a significant prevalence of obesity and low muscle mass, reflecting both metabolic and muscular health issues. On the other hand, positive correlations were found between neck circumference and BMI, as well as with waist circumference, suggesting their usefulness as risk indicators. According to these findings, and supported in previous studies, WHtR and NC are effective tools for assessing cardiometabolic risk. These findings underscore the need for interventions focused on reducing cardiometabolic risks and improving muscle health in individuals with T2DM.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank the patients for their participation in the study.

AUTHORSHIP CONTRIBUTION

A. E-R., J. G-C., and C. A-P. contributed to the creation and design of the study, designed the statistical plan, and interpreted the data. A. E-R. conducted the literature search, performed the analyses, and wrote the first draft with the help of C.A-P. and E.F-T. made the corrections and validated the final draft. All authors critically reviewed this and previous versions of the document.

FINANCING

The authors declare that there was no funding to carry out this study.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that there are no conflicts of interest when writing the manuscript.

DATA AVAILABILITY

Data from this study are not available.

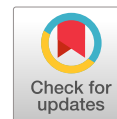
REFERENCES

- (1) Ahmad E, Lim S, Lamptey R, Webb DR, Davies MJ. Type 2 diabetes. *The Lancet*. 2022;400(10365):1803-20. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(22\)01655-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(22)01655-5)
- (2) Diabetes - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud. [accedido 6 octubre 2024]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/diabetes>
- (3) Rohm TV, Meier DT, Olefsky JM, Donath MY. Inflammation in obesity, diabetes, and related disorders. *Immunity*. 2022;55(1):31-55. <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2021.12.013>
- (4) Gaur K, Mohapatra L, Wal P, Parveen A, Kumar S, Gupta V. Deciphering the mechanisms and effects of hyperglycemia on skeletal muscle atrophy. *Metabolism Open*. 2024;24:100332. <https://doi.org/10.1016/j.metop.2024.100332>
- (5) Chen H, Huang X, Dong M, Wen S, Zhou L, Yuan X. The Association Between Sarcopenia and Diabetes: From Pathophysiology Mechanism to Therapeutic Strategy. *Diabetes Metab Syndr Obes*. 2023;16:1541-54. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S410834>
- (6) Lopez-Pedrosa JM, Camprubi-Robles M, Guzman-Rolo G, Lopez-Gonzalez A, Garcia-Almeida JM, Sanz-Paris A, et al. The Vicious Cycle of Type 2 Diabetes Mellitus and Skeletal Muscle Atrophy: Clinical, Biochemical, and Nutritional Bases. *Nutrients*. 2024;16(1):172. <https://doi.org/10.3390/nu16010172>
- (7) Clark BC, Manini TM. What is dynapenia? *Nutrition*. 2012;28(5):495-503. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2011.12.002>
- (8) Hamasaki H, Kawashima Y, Katsuyama H, Sako A, Goto A, Yanai H. Association of handgrip strength with hospitalization, cardiovascular events, and mortality in Japanese patients with type 2 diabetes. *Sci Rep*. 2017;7(1):7041. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-07438-8>
- (9) Failoc-Rojas VE, Díaz-Guevara E, Chambergó-Michilot D, Zeña-Nañez S, Sánchez-Sánchez K, Valladares-Garrido MJ. Neck circumference as an alternative marker of metabolic syndrome in Peruvian adults: A retrospective, cross-sectional study. *Endocrine and Metabolic Science*. 2024;15:100173. <https://doi.org/10.1016/j.endmts.2024.100173>
- (10) Gibson S, Ashwell M. A simple cut-off for waist-to-height ratio (0.5) can act as an indicator for cardiometabolic risk: recent data from adults in the Health Survey for England. *Br J Nutr*. 2020;123(6):681-90. <https://doi.org/10.1017/S0007114519003301>
- (11) Liria-Domínguez R, Pérez-Albela M, Vásquez M-P, Gómez G, Kovalskys I, Fisberg M, et al. Correlation between Neck Circumference and Other Anthropometric Measurements in Eight Latin American Countries. Results from ELANS Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(22):11975. <https://doi.org/10.3390/ijerph182211975>
- (12) Gonzalez MC, Mehrnezhad A, Razaviarab N, Barbosa-Silva TG, Heymsfield SB. Calf circumference: cutoff values from the NHANES 1999-2006. *Am J Clin Nutr*. 2021;113(6):1679-87. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqab029>
- (13) Huang L, Liu Y, Lin T, Hou L, Song Q, Ge N, et al. Reliability and validity of two hand dynamometers when used by community-dwelling adults aged over 50 years. *BMC Geriatr*. 2022;22(1):580. <https://doi.org/10.1186/s12877-022-03270-6>
- (14) Ramírez-Vélez R, Rincón-Pabón D, Correa-Bautista JE, García-Hermoso A, Izquierdo M. Handgrip strength: Normative reference values in males and females aged 6-64 Years old in a Colombian population. *Clin Nutr ESPEN*. 2021;44:379-86. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2021.05.009>
- (15) Gavin KM, Bessesen DH. Sex Differences in Adipose Tissue Function. *Endocrinol Metab Clin North Am*. 2020;49(2):215-28. <https://doi.org/10.1016/j.ecl.2020.02.008>
- (16) Tewari A, Kumar G, Maheshwari A, Tewari V, Tewari J. Comparative Evaluation of Waist-to-Height Ratio and BMI in Predicting Adverse Cardiovascular Outcome in People With Diabetes: A Systematic Review. *Cureus*. 2023;15(5):e38801. <https://doi.org/10.7759/cureus.38801>
- (17) Rangel-Baltazar E, Cuevas-Nasu L, Shamah-Levy T, Rodríguez-Ramírez S, Méndez-Gómez-Humarán I, Rivera JA. Association between High Waist-to-Height Ratio and Cardiovascular Risk among Adults Sampled by the 2016 Half-Way National Health and Nutrition Survey in Mexico (ENSANUT MC 2016). *Nutrients*. 2019;11(6):1402. <https://doi.org/10.3390/nu11061402>
- (18) Ke J-F, Wang J-W, Lu J-X, Zhang Z-H, Liu Y, Li L-X. Waist-to-height ratio has a stronger association with cardiovascular risks than waist circumference, waist-hip ratio and body mass index in type 2 diabetes. *Diabetes Research and Clinical Practice*. 2022;183. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2021.109151>
- (19) Li D, Zhao Y, Zhang L, You Q, Jiang Q, Yin X, et al. Association between neck circumference and diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Diabetol Metab Syndr*. 2023;15:133. <https://doi.org/10.1186/s13098-023-01111-z>
- (20) Espinoza López PA, Fernández Landeo KJ, Pérez Silva Mercado RR, Quiñones Ardela JJ, Carrillo-Larco RM. Neck circumference in Latin America and the Caribbean: A systematic review and meta-analysis. *Wellcome Open Res*. 2021;6:13. <https://doi.org/10.12688/wellcomeopenres.16560.1>
- (21) de Luis Román D, Gómez JC, García-Almeida JM, Vallo FG, Rolo GG, Gómez JLL, et al. Diabetic Sarcopenia. A proposed muscle

- screening protocol in people with diabetes. *Rev Endocr Metab Disord.* 2024;25(4):651-61. <https://doi.org/10.1007/s11154-023-09871-9>
- (22) Alabadi B, Civera M, De la Rosa A, Martinez-Hervas S, Gomez-Cabrera MC, Real JT. Low Muscle Mass Is Associated with Poorer Glycemic Control and Higher Oxidative Stress in Older Patients with Type 2 Diabetes. *Nutrients.* 2023;15(14):3167. <https://doi.org/10.3390/nu15143167>
- (23) Yoon MK, Kang JG, Lee SJ, Ihm S-H, Huh KB, Kim CS. Relationships between Thigh and Waist Circumference, Hemoglobin Glycation Index, and Carotid Plaque in Patients with Type 2 Diabetes. *Endocrinol Metab (Seoul).* 2020;35(2):319-28. <https://doi.org/10.3803/EnM.2020.35.2.319>
- (24) Kaur P, Bansal R, Bhargava B, Mishra S, Gill H, Mithal A. Decreased handgrip strength in patients with type 2 diabetes: A cross-sectional study in a tertiary care hospital in north India. *Diabetes Metab Syndr.* 2021;15(1):325-9. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2021.01.007>
- (25) Suda N, Manda C, Gallagher J, Wagatsuma Y. Observational study: handgrip strength, body composition and diabetes mellitus. *BMC Research Notes.* 2021;14(1):332. <https://doi.org/10.1186/s13104-021-05731-4>
- (26) Nuzzo JL. Sex differences in skeletal muscle fiber types: A meta-analysis. *Clinical Anatomy.* 2024;37(1):81-91. <https://doi.org/10.1002/ca.24091>
- (27) Yang G-R, Yuan M-X, Wan G, Zhang X-L, Fu H-J, Yuan S-Y, et al. Neck circumference and waist circumference associated with cardiovascular events in type 2 diabetes (Beijing Community Diabetes Study 23). *Sci Rep.* 2021;11:9491. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88927-9>
- (28) Kamarli Altun H, Suna G. Is Neck Circumference Related to Other Anthropometric Measurements and Biochemical Parameters in Type 2 Diabetes? *Cureus. s. f.*;14(10):e30750. <https://doi.org/10.7759/cureus.30750>
- (29) Ai Y, Xu R, Liu L. The prevalence and risk factors of sarcopenia in patients with type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Diabetology & Metabolic Syndrome.* 2021;13(1):93. <https://doi.org/10.1186/s13098-021-00707-7>
- (30) Zhou Y, Wang J, Yao Q, Jian Q, Luo Z. Prevalence of sarcopenic obesity in patients with diabetes and adverse outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Nutrition ESPEN.* 2023;58:128-35. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2023.09.920>

Revista Española de Nutrición Humana y Dietética

Spanish Journal of Human Nutrition and Dietetics

www.renhyd.org

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Caracterización de las prácticas sustentables en servicios de alimentación y nutrición en hospitales

Characterization of sustainable practices in food and nutrition services in hospitals

Camila Garrote^{a,*}, Samuel Durán-Agüero^a, Paulo Silva^a, Daniela Marabolí^a, Mauricio Vilches^b, Andrés Voisier^c, Maripaz Rivera^a

^a Escuela de Nutrición y Dietética, Facultad de Ciencias para el Cuidado de la Salud, Universidad San Sebastián, Chile.

^b Escuela de Nutrición y Dietética, Facultad de Farmacia, Universidad de Valparaíso, Chile.

^c Escuela de Nutrición y Dietética, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma de Chile.

*camila.garrote@uss.cl

Editor asignado: Edna Judith Nava-González, Facultad de Salud Pública y Nutrición, Universidad Autónoma de Nuevo León, México

Recibido: 12/05/2025; Aceptado: 03/09/2025; Publicado: 26/11/2025

PALABRAS CLAVE

Servicios de
alimentación

Pérdida y desperdicios
alimentarios

Nutricionista

RESUMEN

Introducción: El Servicio de Alimentación y Nutrición (SAN) tiene como función principal la elaboración y distribución de alimentos en instituciones hospitalarias, siguiendo lineamientos nutricionales establecidos, influyendo directamente en la cadena de suministro alimentario. En este contexto, organismos internacionales como ONU y FAO, promueven la adopción de prácticas sostenibles orientadas a minimizar el uso de recursos naturales y la generación de desperdicios en SAN.

Objetivo: Describir las prácticas sustentables, según tipos de Servicios de Alimentación y Nutrición en Hospitales de Chile.

Metodología: Se desarrolló un estudio analítico transversal, mediante la aplicación de una encuesta de 43 preguntas previamente validada por expertos, distribuida de forma online y dirigida a nutricionistas con experiencia en el área de SAN.

Resultados: De un total de 66 SAN evaluados, el 62,1% se concentra en la Región Metropolitana y el 80,3% corresponde a servicios de máxima complejidad. Solo el 36,4% cumple con prácticas sustentables según los criterios establecidos. Con respecto al uso del agua, solo un 48,5% cumple, mientras que para la eliminación de residuos líquidos hay un mayor cumplimiento, no así en las mantenciones preventivas del equipamiento y el uso de la energía eléctrica, donde los resultados son más preocupantes, el 97% utiliza desechables de cartón y plástico de un solo uso y observamos un bajo nivel de recuperación de las mermas generadas en el proceso de productivo. Las principales barreras identificadas para la implementación de prácticas sustentables incluyen la falta de tiempo del profesional nutricionista para monitorear procesos (45,5%) y la baja concientización de los manipuladores de alimentos (43,9%).

Conclusión: Los SAN de hospitales en Chile requieren mejorar la gestión ambiental mediante formación, monitoreo y compromiso institucional. Los nutricionistas juegan un rol clave en alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible en este contexto.

Financiación: Autofinanciado



KEYWORDS

Food services
Food loss and waste
Nutritionist

➤ ABSTRACT

Introduction: The main function of the Food and Nutrition Service (FNS) is to prepare and distribute food in hospitals, following established nutritional guidelines, which directly influence the food supply chain. In this context, international organizations such as the UN and FAO promote the adoption of sustainable practices aimed at minimizing the use of natural resources and the generation of waste in FNS.

Objective: To describe sustainable practices according to types of Food and Nutrition Services in Chilean hospitals.

Methodology: A cross-sectional analytical study was conducted using a 43-question survey previously validated by experts, distributed online and aimed at nutritionists with experience in FNS.

Results: Of a total of 66 FNS evaluated, 62.1% are concentrated in the Metropolitan Region and 80.3% correspond to services of maximum complexity. Only 36.4% comply with sustainable practices according to the established criteria. Regarding water use, only 48.5% comply, while for liquid waste disposal there is greater compliance, but not so for preventive maintenance of equipment and the use of electricity, where the results are more worrying. Ninety-seven percent use single-use cardboard and plastic disposables, and we observed a low level of recovery of waste generated in the production process. The main barriers identified to the implementation of sustainable practices include the lack of time for nutritionists to monitor processes (45.5%) and low awareness among food handlers (43.9%).

Conclusion: Hospital food service units in Chile need to improve environmental management through training, monitoring, and institutional commitment. Nutritionists play a key role in achieving the Sustainable Development Goals in this context.

Funding: Self-funded

MENSAJES
CLAVE

1. Solo el 36,4% de los Servicios de Alimentación y Nutrición (SAN) en hospitales de Chile cumplen con prácticas sustentables.
2. El 97% de los SAN utilizan desechables de cartón y plástico de un solo uso.
3. Las principales barreras para la sostenibilidad incluyen la falta de tiempo para monitorear y la baja concientización de los manipuladores de alimentos.
4. Es esencial mejorar la gestión ambiental en los SAN mediante formación, monitoreo y compromiso institucional.

CITA

Garrote C, Durán-Agüero S, Silva P, Marabolí D, Vilches M, Voisier A, Rivera M. Caracterización de las prácticas sustentables en servicios de alimentación y nutrición en hospitales. Rev Esp Nutr Hum Diet. 2025; 29(4): e2484.
doi: <https://doi.org/10.14306/renhyd.29.4.2484>

INTRODUCCIÓN

El “Servicio de Alimentación y Nutrición” (SAN) se define como la organización, que tiene como finalidad elaborar y/o distribuir alimentación científicamente planificada de acuerdo con recomendaciones nutricionales nacionales e internacionales, a través de platos preparados u otras preparaciones culinarias, de acuerdo con estándares técnicos y sanitarios; destinados a pacientes hospitalizados, ambulatorios y otros¹.

Actualmente, existe un creciente interés en temas relacionados con prácticas sustentables en las empresas², con énfasis en los hospitales, ya que son considerados como un gran contaminante del medio ambiente³. En este sentido, los SAN pueden impactar en todas las etapas de la cadena de suministro de alimentos: desde la producción hasta la eliminación de residuos^{4,5}, debido a que en el proceso, utilizan recursos naturales como el agua, esenciales en inocuidad alimentaria⁶, electricidad, uso de envases desechables y por ser productores de residuos sólidos y desperdicios de alimentos, lo que se relaciona con los insumos o su inspección además, a técnicas de manipulación inadecuadas y la planificación del número de raciones⁷.

Desde esta perspectiva, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) considera que el uso excesivo de recursos y el desperdicio de alimentos son indicadores claves de sostenibilidad⁸, cuyo control, esta alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) que promueven la producción sostenible y prácticas responsables⁹.

En Chile, la ONU trabaja con el Estado y la sociedad civil, para cumplir con la Agenda de Desarrollo Sostenible¹⁰. Existiendo, en este sentido, iniciativas como los Acuerdos de Producción Limpia, (APL) que son un convenio voluntario entre empresas y el gobierno para mejorar la sostenibilidad a través de medidas como la eficiencia energética y la gestión de residuos, entre otras¹¹, además, recientemente ha sido oficializada desde el ministerio de salud la orientación técnica para servicios de alimentación y nutrición 2025¹², la cual integra los aspectos que se van a analizar en este estudio, cuyo objetivo es describir las prácticas sustentables según tipos de Servicios de Alimentación y Nutrición en Hospitales de Chile.

METODOLOGÍA

Se realizó un estudio analítico transversal mediante una encuesta online dirigida a nutricionistas con al menos seis meses de experiencia en SAN a nivel nacional.

El cuestionario, anónimo y autoaplicado a través de la plataforma QuestionPro (Universidad San Sebastián, USS), constó de 43 preguntas distribuidas en dos secciones: características generales y score de prácticas sustentables. Las preguntas y el proceso de validación se presentan en la [Tabla suplementaria 1](#). La difusión se efectuó mediante afiches con código QR y enlaces alternativos en redes sociales.

Consideraciones éticas

El estudio siguió los principios de la Declaración de Helsinki. Al inicio de la encuesta se solicitó consentimiento informado y el protocolo fue aprobado por el Comité de Ética de la USS (código 109-24).

Estadística

Los valores cualitativos se expresaron como frecuencia absoluta (n) y porcentaje (%). Para evaluar las asociaciones entre las variables de interés, se utilizó la prueba de Chi-cuadrado (χ^2). Todos los análisis se realizaron con el programa Stata 16.

RESULTADOS

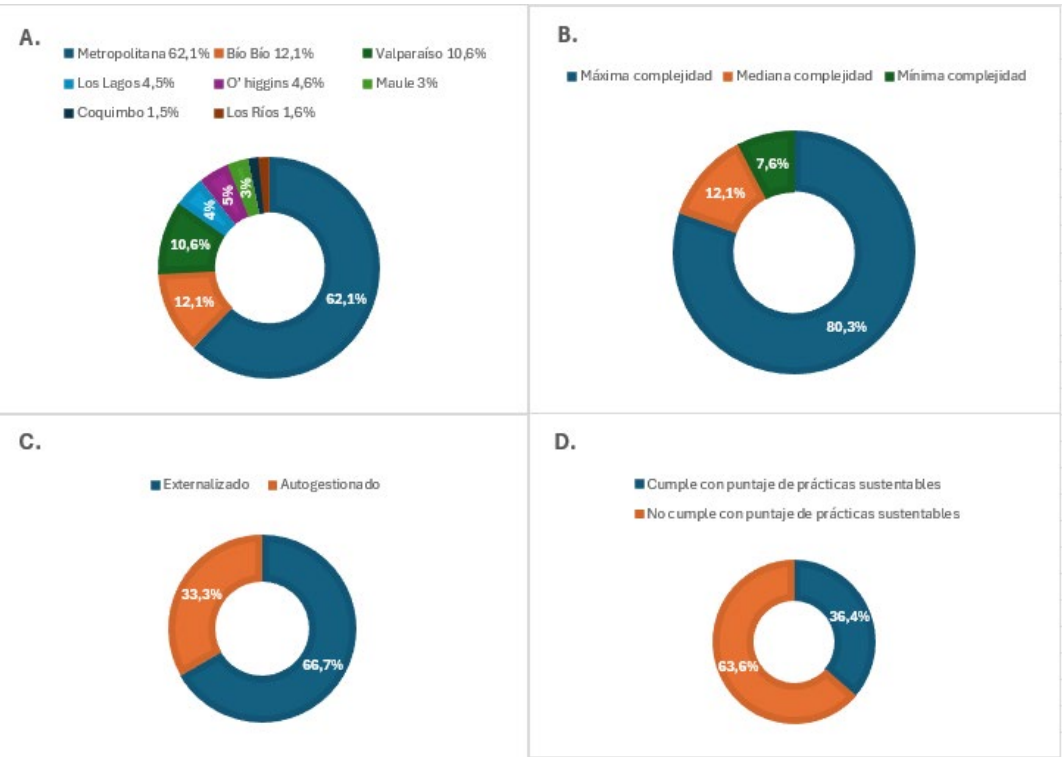
Del total de hospitales (n = 66), la mayor proporción de SAN se concentra en la Región Metropolitana (62,1%), seguida de Biobío (12,1%). Respecto al nivel de complejidad establecido por la Norma de Servicios de Alimentación y Nutrición considerando la producción de almuerzos como criterio organizacional, el 80,3% corresponde a máxima complejidad, 12,1% mediana complejidad y sólo un 7,6% a mínima complejidad. En cuanto al tipo de administración, 66,7% corresponde a gestión externa, frente a un 33,3% que son autogestionados. En cuanto al cumplimiento de prácticas sustentables, se observa que 36,4% cumple con los puntajes que establecen su compromiso con prácticas sustentables, mientras que 63,6% no los alcanza ([Figura 1](#)).

Asimismo, no se encontraron diferencias significativas entre el nivel de complejidad (p = 0,640) ni el tipo de administración (p = 0,278) respecto al cumplimiento de prácticas sustentables ([Tabla 1](#)).

Con relación a las prácticas sustentables en clínicas y hospitales, en cuanto al uso racional del agua, si se toman medidas en el 48,5% de los establecimientos, mientras que en el 51,5% no se toman medidas. Dentro de las prácticas evaluadas, se observa que el monitoreo y reparación oportuna de sifones es realizado solo por el 34,8%, y el lavado de manos con sensor de corte de agua se reporta únicamente en el 9,1% de los casos. Respecto a la optimización del uso de energía, el 36,4% de los establecimientos aplica medidas en este ámbito, mientras que el 63,6% no lo realiza. Entre las prácticas evaluadas, el 27,3% realiza mantenciones preventivas de equipos y apaga las luces en áreas no utilizadas durante la jornada. Sin embargo, solo el 16,7% cuenta con equipos eléctricos de bajo consumo ([Figura 2](#)).

Del total de establecimientos, el 86,4% reportaron un cumplimiento adecuado de un procedimiento de manejo de residuos líquidos, específicamente, el 78,8% de los servicios realizan limpieza de rejillas/desagües de manera diaria. En cuanto a la disposición final del aceite utilizado para cocinar, el 62,1% lo realiza en recipientes separados. En relación con el manejo de residuos sólidos, el 77,3% de los servicios indicaron cumplir con un procedimiento establecido.

Figura 1. Caracterización de los SAN en Hospitales

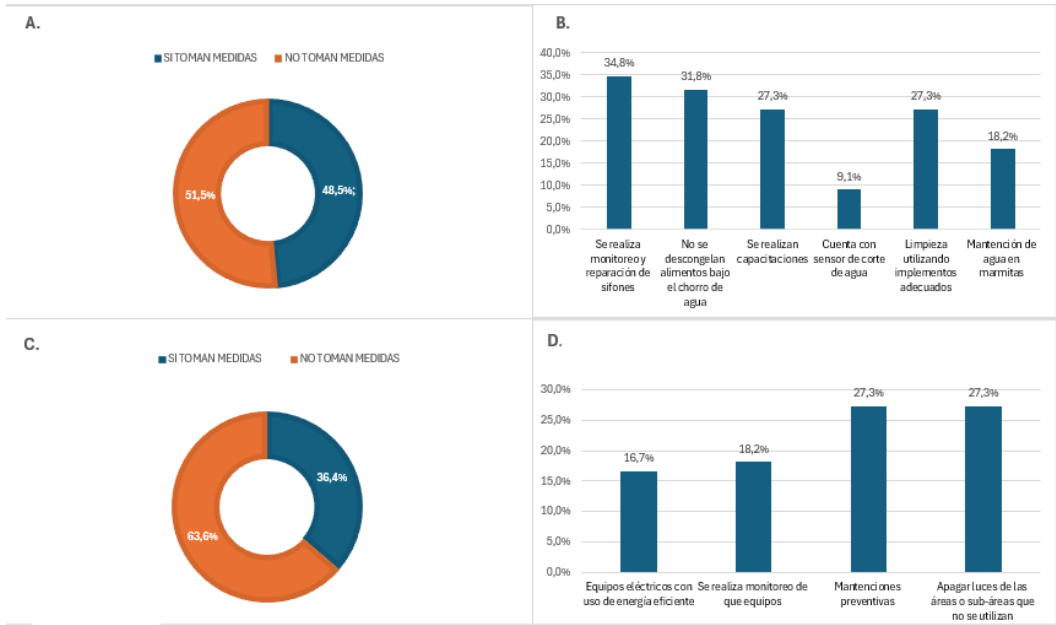


- A. Región en que se ubica los SAN en Hospitales
- B. Nivel de complejidad de los SAN en Hospitales
- C. Tipo de administración de los SAN en Hospitales
- D. Nivel de cumplimiento de prácticas sustentables de los SAN en Hospitales

Tabla 1. Nivel de cumplimiento de prácticas sustentables según el tipo de SAN en Hospitales

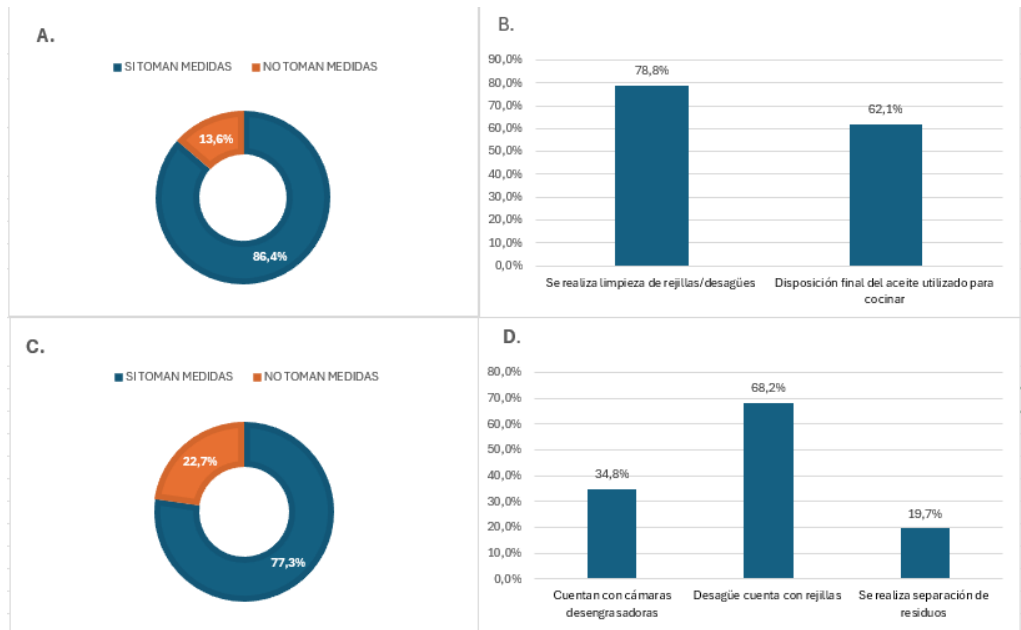
NIVEL DE COMPLEJIDAD	NIVEL DE CUMPLIMIENTO DE PRÁCTICAS SUSTENTABLES		
	Cumple con puntaje de prácticas sustentable	No cumple con puntaje de prácticas sustentables	Chi2
MÁXIMA COMPLEJIDAD	20 (37.7%)	33 (62.3%)	0.640
MEDIANA Y MÍNIMA COMPLEJIDAD	4 (30.8%)	9 (69.2%)	
TIPO DE ADMINISTRACIÓN	NIVEL DE CUMPLIMIENTO DE PRÁCTICAS SUSTENTABLES		
	Cumple con puntaje de prácticas sustentable	No cumple con puntaje de prácticas sustentables	Chi2
EXTERNALIZADO	18 (40.9%)	26 (59.1%)	0.278
AUTOGESTIONADO	6 (27.3%)	16 (72.7%)	

Figura 2. Prácticas sustentables relacionadas con el uso racional del agua y optimización de energía en los SAN en Hospitales



- A. Porcentaje de SAN en Hospitales que toman medidas con respecto al uso racional del agua
- B. Prácticas sustentables realizadas en los SAN en Hospitales (Frecuencia) relacionadas al uso racional de agua.
- C. Porcentaje de SAN en Hospitales que toman medidas con respecto a la optimización de energía
- D. Prácticas sustentables realizadas en los SAN en Hospitales (Frecuencia) relacionadas a la optimización de energía.

Figura 3. Prácticas sustentables relacionadas con el manejo de residuos líquidos y sólidos en SAN en Hospitales



- A. Porcentaje de SAN en Hospitales que toman medidas con respecto al manejo de residuos líquidos
- B. Prácticas sustentables realizadas en los SAN en Hospitales (Frecuencia) relacionadas con el manejo de residuos líquidos.
- C. Porcentaje de SAN en Hospitales que toman medidas con respecto al manejo de residuos sólidos
- D. Prácticas sustentables realizadas en los SAN en Hospitales (Frecuencia) relacionadas con el manejo de residuos sólidos.

El 68,2% de los servicios tienen desagües con rejillas para evitar el paso de residuos orgánicos, mientras que solo el 34,8% dispone de cámaras desengrasadoras en los lavaderos (Figura 3). Por otro lado, en cuanto al uso de desechables en el 97% de los establecimientos los utilizan, de los cuáles según frecuencia el 66,7 % corresponde a cartón y 60,3% plástico. En cuanto a las causas principales de mermas, el 43,9% indicaron que el vencimiento de productos es la causa más frecuente y el 43,9% señaló que los comensales dejan comida en sus bandejas. En lo que se refiere a la disposición final de mermas, el 89,4% de los SAN indicaron que estas son eliminadas directamente. Solo un pequeño porcentaje implementa prácticas de compostaje (7,6%) o realiza donaciones a instituciones (1,5%) (Tabla 2). Por último, en cuanto a las barreras para aplicar practicas sustentables en SAN, el 45,5% indica que se debe al escaso tiempo para monitorear su cumplimiento, seguido del 43,9% que corresponde a la no concientización de parte de los manipuladores de alimentos en relación con el tema y el 39,4% refiere que es un alto riesgo realizar donaciones de alimentos (Figura Suplementaria 1).

DISCUSIÓN

Uno de los principales resultados de este estudio es que los SAN en Chile no cumplen con prácticas sustentables, (63,6% no cumple), esto es coherente con revisión sistemática, en donde la mayoría de los estudios encontraron resultados insatisfactorios en el sector de servicios alimentarios a través de los indicadores de sostenibilidad utilizados, especialmente aquellos que involucran la cuantificación de desechos, además de la falta o escasez de medidas de desarrollo sostenible¹³.

En cuanto al uso racional del agua, en Chile en los APL se implementaron medidas para el uso eficiente del agua, las que implicaron, en promedio, ahorros estimados de un 10% en su consumo, sin embargo, en el presente estudio el 51.5% indica que no se toman medidas en los SAN. En este sentido, un estudio muestra que un grifo que gotea puede desperdiciar hasta 46 litros de agua por día, lo que al final de un mes resulta en 1.380 litros de agua desperdiciada, demostrando la importancia del mantenimiento de las instalaciones y la concientización correspondiente¹⁴. Asimismo, en relación con la optimización del uso de energía el 63,6% declara que no se toman medidas, a pesar de los APL donde se realizaron importantes esfuerzos en disminuir los consumos de energía. Por otra parte, del total de establecimientos, el 86,4% reportaron un cumplimiento adecuado en el manejo de residuos líquidos, lo que se relaciona con uno de los principales logros declarados en los APL que corresponde al reciclaje permanente del 100% de los aceites y grasas en los SAN, a través de empresas con autorización sanitaria. En concordancia con lo anterior, el aceite de cocina es uno de los elementos de mayor preocupación ambiental, de hecho, una revisión muestra, que en la mayoría de las unidades evaluadas los aceites y grasas se eliminan correctamente, es decir, se recolectan y se utilizan para la producción de jabón, generalmente en asociación con empresas de la región, lo que contribuye además a la economía local¹⁵. En lo que se refiere a los desechos alimentarios, la evidencia indica que los servicios de alimentación en hospitales son el tipo de servicio con la tasa más alta de desperdicio de comida en plato^{16,17} lo que es consistente con el hallazgo del presente estudio en que se identificó como una de las principales causas de

Tabla 2. Principales causas y disposición de mermas en los SAN en Hospitales

PRINCIPAL CAUSA DE MERMAS EN SAN EN HOSPITALES		
	SI	NO
Vencimiento de productos	29 (43.9%)	37 (56.1%)
Recepción de productos en mal estado	13 (19.7%)	53 (80.3%)
Sobreproducción por cálculo erróneo de raciones	22 (33.3%)	44 (66.7%)
Sobreproducción por cumplimiento de bases técnicas (todas las alternativas hasta el término del servicio)	27 (40.9%)	39 (59.1%)
Deterioro de alimentos por almacenamiento inadecuado, ej. Productos que requieren refrigeración a temperatura ambiente)	13 (19.7%)	53 (80.3%)
Comensales o usuarios dejan comida en sus bandejas	29 (43.9%)	37 (56.1%)
DISPOSICIÓN FINAL DE MERMAS		
	SI	NO
Compostaje	5 (7.6%)	61 (92.4%)
Donaciones de las preparaciones a Instituciones	1 (1.5%)	65 (98.5%)
Donaciones de materias primas próximas a vencer a instituciones	2 (3%)	64 (96.8%)
Donación a trabajadores de la Empresa	4 (6.1%)	62 (93.4%)
No se toman medidas, se eliminan en el Servicio de Alimentación	59 (89.4%)	7 (10.6%)

la generación de mermas que los “comensales dejan comida en sus bandejas”, lo que contribuye a la generación de desperdicios. Estos resultados son esperables ya que, los consumidores de los hospitales generalmente se ven afectados por su condición clínica o el tratamiento médico, factores que pueden estar asociados a náuseas, xerostomía, odinofagia, y anorexia por disgeusia¹⁸. A su vez, la percepción del paciente de una mala calidad de los alimentos, tamaños de porción inadecuados, opciones de menú limitada y factores ambientales como horarios de comida inadecuados, interrupciones y un entorno desagradable en la habitación, son otros factores asociados al desperdicio en hospitales. Y en este contexto, las estrategias para minimizar el desperdicio incluyen medidas tales como: considerar porciones más pequeñas aumentando la densidad energética de las comidas, establecer horarios de comidas protegidos, entre otros^{19,20}.

En cuanto a la disposición de mermas el 89,4 % de los establecimientos declara que no se toman medidas, es decir, se eliminan en el Servicio de Alimentación. Las estrategias de recuperación de alimentos, por ejemplo, a los bancos de alimentos se ven cuestionadas por las normas de seguridad alimentaria²¹ por tanto, existe la oportunidad de presentar los resultados de los diversos estudios a diferentes autoridades con el fin de sugerir cambios en la legislación nacional, así como también, se debe considerar la capacitación oportuna a las diferentes instituciones que actuarían como receptoras de la recuperación de alimentos. Todas las formas de reducción y recuperación de desperdicios de alimentos presentan oportunidades para que los Nutricionistas-Dietistas colaboren entre sectores para innovar en soluciones de desarrollo sostenible, por ejemplo, medir y monitorear el desperdicio de alimentos se identificó como una forma importante no solo de reducir el desperdicio, sino también de aumentar la conciencia entre las partes interesadas²². A su vez, se encuentra dentro de sus funciones controlar todos los procesos que se realizan en cada etapa de producción de alimentos, como la planificación del menú, la compra de materias primas, almacenamiento, pre-elaboración y preparación, buscando estrategias para reducir el uso de recursos naturales y la producción de residuos, con el fin de preservar el medio ambiente, incluyendo también la formación de manipuladores y concientización de los usuarios²³, sin embargo, dentro de las principales barreras declaradas en el presente estudio es precisamente el escaso tiempo para monitorear el cumplimiento de las prácticas sustentables por el profesional Nutricionista-Dietista, lo que hace necesario elaborar planes estratégicos que permitan que el profesional pueda contribuir al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible en los SAN así como también el rol en capacitación a los manipuladores de alimentos con la finalidad de generar concientización. Sin perjuicio de lo anterior, para que su actuar se relacione de forma manifiesta con la sustentabilidad, se requiere fortalecer el enlace e integración de los ODS a las competencias técnicas y genéricas de su perfil, incluyendo la formación para la sustentabilidad en los planes de estudios en las Instituciones de Educación Superior²⁴.

Otra práctica no sustentable identificada en los SAN es el uso de envases desechables, y durante los últimos años, el uso excesivo del plástico ha generado un gran impacto en el medio ambiente, ya que son desechados de manera abrupta por la industria de comida rápida y demás sectores, sin considerar el daño que causan²⁵. En Chile, se promulga la Ley 21368 vigente desde el año 2021²⁶ que tiene como objeto la regulación de la entrega de productos plásticos de un solo uso, así como de las botellas plásticas. Esta ley toma gran relevancia ya que, en el presente estudio el 97% de los establecimientos hospitalarios declara que se utilizan desechables, dentro de los cuáles según frecuencia el 60,3% correspondería a plástico, lo que hace urgente aplicar lo establecido por la ley y con ello mitigar el impacto ambiental.

La no concientización de parte de los manipuladores de alimentos como barrera identificada en este estudio, en relación con la aplicación de prácticas sustentables en los SAN, hace que tome relevancia la educación ambiental, la cual es una herramienta clave para fomentar la conciencia y acción hacia un desarrollo sostenible²⁷. Este enfoque busca promover conocimientos, valores y prácticas que permitan a las personas comprender la interdependencia entre el medio ambiente y las actividades humanas, con el objetivo de impulsar un cambio en los comportamientos individuales y colectivos.

Otra de las barreras hace referencia al alto riesgo realizar donaciones de alimentos desde los SAN, con relación a ello, en Chile, la mayoría de las normas de seguridad alimentaria están estipuladas en el Reglamento Sanitario de los Alimentos (RSA)²⁸, Sin embargo, no incluye una sección específica sobre donaciones ni hace referencia explícita a la donación de alimentos entre sus muchas disposiciones. En consecuencia, los donantes de alimentos y las organizaciones de recuperación de alimentos pueden no estar seguros de qué disposiciones del RSA se aplican a los alimentos donados. Por tanto, no es una práctica habitual.

Como fortaleza del presente estudio podemos mencionar que se utilizó una encuesta validada y como debilidad que corresponde a un estudio transversal y es necesario estudios longitudinales para corroborar la información obtenida en este estudio, además, el sesgo por autoselección de participantes a través de redes sociales podría limitar la representatividad.

CONCLUSIÓN

Es necesario que los Servicios de Alimentación y Nutrición en Hospitales en Chile adopten un enfoque más proactivo y sistemático hacia la sostenibilidad, implementando medidas que reduzcan el desperdicio de recursos y mejoren la gestión ambiental ([tabla suplementaria 3](#)) La capacitación continua y la concientización de los profesionales y manipuladores de alimentos son esenciales para alcanzar estos objetivos y contribuir al bienestar ambiental y social.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a las Nutricionistas María Cristina Castillo, Camila Burgos y Javiera Figueroa por su valiosa participación en el panel de expertos, contribuyendo significativamente a la revisión de la encuesta conforme a la realidad nacional.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

M.V, A.V, S.DA y CG contribuyeron a la creación y diseño del estudio, M.R Y P.S diseñaron el plan estadístico e interpretaron los datos. M.V, A.V, S.DA, D.M, P.S, M.R y CG realizó la búsqueda de literatura, realizó los análisis y M.V, A.V, S.DA, D.M, P.S, M.R y CG escribió el primer borrador con Todos los autores revisaron críticamente esta y las versiones anteriores del documento.

FINANCIACIÓN

Los autores/as declaran que no ha existido financiación para realizar este estudio.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores expresan que no existen conflictos de interés al redactar el manuscrito.

DISPONIBILIDAD DE DATOS

Ofrecimiento de datos bajo petición al autor/a de correspondencia.

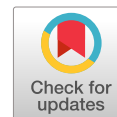
REFERENCIAS

- (1) Marambio Dennett, Mireya. Parker Quirante, Myriam. Benavidez Manzoni Xenia. Norma Técnica De Servicios De Alimentación Y Nutrición. Norma técnica de servicios de Alimentación Y Nutrición Ministerio de Salud. 2005;33(4):169.
- (2) Hestad D. The Evolution of Private Sector Action in Sustainable Development. IISDO: Earth Negotiation Bulletin [Internet]. 2021;(February 2021):1–9. Available from: www.jstor.org/stable/resrep29276
- (3) Khan MT, Shah IA, Ihsanullah I, Naushad M, Ali S, Shah SHA, et al. Hospital wastewater as a source of environmental contamination: An overview of management practices, environmental risks, and treatment processes. Journal of Water Process Engineering [Internet]. 2021;41(January):101990. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.101990>
- (4) Araújo ELM, Carvalho ACM e S. Sustentabilidade E Geração De Resíduos Em Uma Unidade De Alimentação E Nutrição Da Cidade De Goiânia – Go. DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde. 2015;10(4):775–96.
- (5) Carino S, Porter J, Malekpour S, Collins J. Environmental Sustainability of Hospital Foodservices across the Food Supply Chain: A Systematic Review. Vol. 120, Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics. Elsevier Inc; 2020. 825–873 p.
- (6) Kirby RM, Bartram J, Carr R. Water in food production and processing: Quantity and quality concerns. Food Control. 2003;14(5):283–99.
- (7) Strasburg VJ, Jahno VD. Application of eco-efficiency in the assessment of raw materials consumed by university restaurants in Brazil: A case study. J Clean Prod. 2017; 161:178–87.
- (8) Gustavsson J, Cederberg C, Sonneson U, van Otterdijk R. Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo – Alcance, causas y prevención. FAO. 2012.
- (9) FAO. Transformar la alimentación y la agricultura para alcanzar los ODS. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2018. 76 p.
- (10) Naciones Unidas en Chile. Informe de Resultados ONU Chile 2024: Con y para las personas. 2024; 3–102.
- (11) CORFO. APL. 2024 [cited 2024 Dec 23]. Acuerdos de producción limpia. Available from: <https://www.ascc.cl/pagina/apl>
- (12) Salud M De. Orientación técnica para servicios de alimentación y nutrición. 2025; Available from: <https://dipol.minsal.cl/wp-content/uploads/2025/06/PDF-OT-SAN-EDICION-FINAL.pdf>
- (13) Carletto FC, Ferriani LO, Silva DA. Sustainability in food service: A systematic review. Waste Management and Research. 2023;41(2):285–302.
- (14) Ribeiro GS, Pinto AM de S. Ustentabilidade Ambiental Na Produção De Refeições Em Restaurantes Comerciais No Município De Santos – Sp, Brasil. Simbio-Logias Revista Eletrônica de Educação Filosofia e Nutrição. 2018;10(14):112–31.
- (15) Foo WH, Chia WY, Tang DYY, Koay SSN, Lim SS, Chew KW. The conundrum of waste cooking oil: Transforming hazard into energy. J Hazard Mater. 2021;417(March):126129.
- (16) Williams P, Walton K. Plate waste in hospitals and strategies for change. e-SPEN. 2011;6(6):e235–41. <https://doi.org/10.1016/j.eclnm.2011.09.006>
- (17) Guimarães NS, Reis MG, Fontes L de A, Zandonadi RP, Botelho RBA, Alturki HA, et al. Plate Food Waste in Food Services: A Systematic Review and Meta-Analysis. Nutrients. 2024;16(10):1–19.
- (18) Nonino-Borges CB, Rabito EI, Da Silva K, Ferraz CA, Chiarello PG, Dos Santos JS, et al. Food wastage in a hospital. Revista de Nutricao. 2006;19(3):349–56.
- (19) Hoteit M, Antar E, Malli D, Fattouh F, Khattar M, Baderddine N, et al. A review on hospital food waste quantification, management and assessment strategies in the eastern Mediterranean region. J Agric Food Res [Internet]. 2024;15(December 2023):100959. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100959>
- (20) Alberdi G, Begiristain-Zubillaga M. Identifying a sustainable food procurement strategy in healthcare systems: A scoping review. Sustainability (Switzerland). 2021;13(4):1–18.
- (21) Wilson ED, Garcia AC. Going green in food services: Can health care adopt environmentally friendly practices? Canadian Journal of Dietetic Practice and Research. 2011;72(1):43–7.
- (22) Lawrence M. Dietitians as change agents for promoting healthy and sustainable food systems. Nutrition and Dietetics. 2023;80(2):108–11.
- (23) Luduvic BC, Souza AC, Fraga LN, De Carvalho IMM. Sustentabilidade Ambiental Nos Serviços De Alimentação Hospitalar. MIX Sustentável. 2020;6(3):45–54.
- (24) Carlsson L SBYF. The Role of Dietitians in Sustainable Food Systems and Sustainable Diets. Toronto: Dietitians of Canada. 2020;(July).
- (25) Noriega-Honores K, Zapata-Rosales M, Villavicencio-Rodas M. Empaques ecológicos, una práctica con limitaciones y ventajas

- para los servicios de comida rápida en la ciudad de Machala. 593 Digital Publisher CEIT. 2021;6(6):126–36.
- (26) Chile M del MA. Ley 21368; REGULA LA ENTREGA DE PLÁSTICOS DE UN SOLO USO Y LAS BOTELLAS PLÁSTICAS, Y MODIFICA LOS CUERPOS LEGALES QUE INDICA [Internet]. 2021. Available from: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1163603>
- (27) Wu Y, Wan J, Yu W. Impact of environmental education on environmental quality under the background of low-carbon economy. Front Public Health. 2023;11.
- (28) Salud Mde. REGLAMENTO SANITARIO DE LOS ALIMENTOS Mayo 2024 Copia publicada por DINTA-UChile. 2024; Available from: https://dinta.cl/wp-content/uploads/2024/06/DECRETO_977_96_actualizado_mayo-2024_DINTA.pdf

Revista Española de Nutrición Humana y Dietética

Spanish Journal of Human Nutrition and Dietetics

www.renhyd.org

RESEARCH ARTICLE

Preventable liver cancer cases through reduced exposure to overweight/obesity, alcohol consumption, tobacco use, and hepatitis B infection

Casos de cáncer de hígado prevenibles mediante la reducción de la exposición a sobrepeso/obesidad, consumo de alcohol, uso de tabaco e infección de hepatitis B

Gustavo Díaz^{a,*}, Miguel Torres^b, Esther de Vries^c, Sandra Perdomo^d, Martha Rojas^e, Oscar Herrán^f, Maria-Paula Rugeles^a, Felipe Ballesteros^a, Maria-Paula Belalcazar^a

^a Universidad El Bosque, Faculty of Medicine. Bogotá, Colombia.

^b National Institute of Cancer, Clinical Research Group. Bogotá, Colombia.

^c Pontificia Universidad Javeriana, Faculty of Medicine, Department of Clinical Epidemiology and Biostatistics. Bogotá, Colombia.

^d International Agency for Research on Cancer (IARC/WHO), Genomic Epidemiology Branch. Lyon, France.

^e National Institute of Cancer, Research Support and Follow-up Group. Bogotá, Colombia.

^f Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.

*diazgustavo@unbosque.edu.co

Assigned Editor: Macarena Lozano Lorca, Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, Facultad de Medicina, Universidad de Granada, Granada, España. Instituto de Investigación Biosanitaria ibs. GRANADA, Granada, España. Centro de Investigación Biomédica en Red de Epidemiología y Salud Pública, Instituto de Salud Carlos III, Madrid, España

Received: 16/05/2025; Accepted: 01/09/2025; Published: 27/11/2025

KEYWORDS

Liver cancer
Tobacco
Overweight
Obesity
Hepatitis B infection
Alcohol intake

ABSTRACT

Introduction: Liver cancer is among the most prevalent cancers globally and in Colombia. Key modifiable risk factors include overweight/obesity, excessive alcohol consumption, tobacco use, and hepatitis B virus (HBV) infection. This study aimed to estimate the potential impact of reducing exposure to these modifiable risk factors on liver cancer incidence in Colombia from 2016 to 2050.

Methods: A population-based microsimulation model was implemented using the Prevent V3.1 software. The model integrates age- and sex-specific liver cancer incidence rates, latency and lag times, risk factor prevalence (with and without interventions), relative risks, and national demographic projections.

Results: A 10% reduction in the prevalence of risk factors could prevent up to 728 liver cancer cases. Complete elimination of exposure could avert up to 8,648 new cases during the study period. The population attributable fractions (PAF) were 1.09% for HBV infection, 1.90% for alcohol consumption, 6.14% for tobacco use, and 14.52% for overweight/obesity.

Conclusions: Reducing population-level exposure to overweight/obesity, alcohol consumption, tobacco, and HBV infection could substantially decrease the future burden of liver cancer incidence in Colombia. These projections support prioritizing risk factor reduction in national cancer prevention and public health strategies.

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

Cáncer de hígado
Tabaco
Sobrepeso
Obesidad
Infección por
hepatitis B
Consumo de alcohol

Introducción: El cáncer de hígado es uno de los cánceres más prevalentes a nivel mundial y en Colombia. Entre los principales factores de riesgo modificables se encuentran el sobrepeso/obesidad, el consumo excesivo de alcohol, el tabaquismo y la infección por el virus de la hepatitis B (VHB). Este estudio tuvo como objetivo estimar el impacto potencial de la reducción de la exposición a estos factores de riesgo modificables en la incidencia de cáncer de hígado en Colombia entre 2016 y 2050.

Métodos: Se implementó un modelo de microsimulación poblacional utilizando el software Prevent V3.1. El modelo integra las tasas de incidencia específicas por edad y sexo, los tiempos de latencia y retardo, la prevalencia de factores de riesgo (con y sin intervenciones), los riesgos relativos y las proyecciones demográficas.

Resultados: Una reducción del 10 % en la prevalencia de factores de riesgo podría prevenir hasta 728 casos de cáncer de hígado. La eliminación completa de la exposición podría evitar hasta 8648 nuevos casos durante el período de estudio. Las fracciones atribuibles poblacionales fueron del 1,09 % para la hepatitis B, del 1,90 % para el alcohol, del 6,14 % para el tabaco y del 14,52 % para el sobrepeso/obesidad.

Conclusiones: Reducir la exposición poblacional al tabaco, el sobrepeso/obesidad, la hepatitis B y el alcohol podría reducir sustancialmente la incidencia futura de cáncer de hígado en Colombia. Estos hallazgos constituyen una valiosa fuente de información para priorizar las estrategias de prevención en las políticas nacionales de salud pública.

KEY MESSAGES

1. Microsimulation modeling projects over 59,000 new liver cancer cases in Colombia by 2050 if current exposure to key risk factors remains unchanged.
2. The four main modifiable risk factors for liver cancer in Colombia are high BMI (PAF: 14.52%), tobacco use (PAF: 6.14%), alcohol consumption (PAF: 1.9%), and hepatitis B infection (PAF: 1.09%).
3. A 10% reduction in the prevalence of these risk factors could prevent up to 728 cases, while their complete elimination could avoid up to 8,648 new cases by 2050.
4. This study supports prioritizing evidence-based public health interventions targeting these four risk factors as part of Colombia's national liver cancer prevention strategy.

CITATION

Díaz G, Torres M, de Vries E, Perdomo S, Rojas M, Herrán O, Rugeles MP, Ballesteros F, Belalcázar MP. Preventable liver cancer cases through reduced exposure to overweight/obesity, alcohol consumption, tobacco use, and hepatitis B infection. Rev Esp Nutr Hum Diet. 2025; 29(4): e2488.
doi: <https://doi.org/10.14306/renhyd.29.4.2488>

INTRODUCTION

In 2022, an estimated 865,269 new cases of liver cancer were reported globally. Liver cancer ranks as the sixth most frequently diagnosed and the third leading cause of cancer-related mortality worldwide¹. Between 2010 and 2021, incident cases increased by 26%, with the highest prevalence observed in the America continent (51%). The crude global mortality rate reached 6.13 per 100,000 population, disproportionately affecting men and underscoring a high case-fatality rate². Temporal trends indicate a continuous rise in both incidence and mortality rates worldwide^{2,3}. In Colombia, the age-standardized rate was 3.5 cases per 100,000 person-years, with projections suggesting a potential increase of up 55% annually between 2020 and 2040³.

Liver cancer development is influenced by both non-modifiable and modifiable risk factors. Non-modifiable factors include hepatitis C virus infection, age, sex, and rare genetic conditions such as hemochromatosis, primary cirrhosis of the bile ducts, Nonalcoholic fatty liver disease, and alpha 1 antitrypsin deficiency^{4,5}. Modifiable factors encompass hepatitis B virus infection, obesity, physical inactivity, tobacco use, diabetes mellitus, drug use, metabolic syndrome, hypercaloric diets, alcoholism, and exposure to foodborne mycotoxins such as aflatoxin B1⁴⁻⁶.

The evidence suggest that healthy lifestyle practices can reduce the incidence of liver cancer⁷. As a result, public health recommendations have emphasized mitigating modifiable risk factors, particularly alcohol intake, overweight, obesity, and high cholesterol, have been formulated⁶. Furthermore, modeling studies have demonstrated a beneficial impact of reducing these risk factors on the occurrence of various chronic diseases^{7,8}.

Simulation modelling is a valuable tool for informing public health decision-making, enabling policymakers and territorial health entities to evaluated alternative scenarios based on scientific evidence. These simulations can support efforts to enhance patient safety and improve population health outcomes. This study aimed to estimate the potential impact of reducing four key modifiable risk factors -tobacco use, overweight/obesity, hepatitis B infection, and alcohol consumption- on the incidence of liver cancer in Colombia from 2016 to 2050.

MATERIAL & METHODS

This was a static microsimulation modeling study conducted using Prevent software V3.1, a tool previously applied in Europe and Colombia^{7,9}. The specific data inputs used in the microsimulation are detailed below.

Baseline prevalence and risk functions

The four modifiable risk factors analyzed were tobacco use, overweight/obesity, hepatitis B virus infection, and alcohol intake.

These factors were selected based on the availability of national data. Prevent software requires population-based, age- and sex-specific prevalence data for each risk factor, along with incidence rates, as essential model inputs. Table 1 shows international recommendations for the four risk factors studied, their operational definitions, and the relative risks for exposure to these risk factors in terms of liver cancer risk.

Prevalence and mean values for each risk factors were derived from national population survey (Table 2 and 3). In the absence of data, the last prevalence/mean value was repeated in the remaining categories.

As no national studies have evaluated the association between these risk factors and liver cancer in Colombia, the relative risks used in the model were extracted from a literature review. Eligible studies included those with exposure categories comparable to those reported in Colombian population surveys. Two researchers independently assessed study quality using an adapted AMSTAR tool for meta-analyses. Final inclusion was based on quality scores, with additional weighting given to studies with larger sample sizes and those including Colombian or Latin American populations. Ultimately, relative risk estimates from four meta-analyses were selected (Table 1).

Age- and sex-specific incidence rates and population projections

National liver cancer incidence rates, stratified by age and sex, were estimated using data extrapolated from four high-quality, population-based cancer registries in Colombia (Cali, Bucaramanga Metropolitan Area, Manizales, and Pasto), as published in Volumes X and XI of Cancer Incidence in Five Continents, along with departmental-level mortality data. Age-standardized incidence rates, adjusted using the SEGI world standard population, were 12.1 per 100,000 for males and 12.4 per 100,000 for females¹⁷.

The latency and lag times

Latency (LAT) refers to the period following a change in exposure prevalence during which no measurable change in relative risk (RR) is observed. Lag time (LAG) is defined as the interval from the end of the LAT period until the full effect of the exposure change is reflected in the RR. These parameters were incorporated into the model as follows: for alcohol consumption, a LAT of 2 years and a LAG of 10 years were assumed; for BMI, 3 and 20 years, respectively; and for tobacco use, 5 and 10 years.

The baseline population structure for 2016 was obtained from the Colombian National Statistics Department. Demographic projections, including population growth and aging through 2050, were based on estimates from the Economic Commission for Latin America and the Caribbean¹⁸.

Table 1. Summary of the reference values and relative risks (RRs) used in the microsimulation models

Exposure	International recommendation	Operationalization	Risks for liver cancer analyzed in Prevent
Hepatitis B	No infection	Dichotomous (infected/not infected)	RR 1,36 CI95% 1,17–1,58 ¹⁰
Alcohol	No alcohol consumption	Consumptions during the past month. Dichotomous (Yes/no)	Males: RR 1,03 CI95% 1,01–1,05 Female: RR 1,19 CI95%1,04–1,35 ¹¹
Tobacco consumption	No tobacco consumption	The current smoker. Dichotomous (Yes/no)	Males: RR 1,61 CI95% 1,38–1,89 Females: RR 1,86 CI95%1,33–2,6 ¹²
BMI	Healthy weight	Continuous variable (kg/m ²)	Overweight (point estimate 25 kg/m ²): RR 1,02 CI95% 1,02–1,03 Obesity (point estimate 30 kg/m ²): RR 1,35 CI95% 1,24–1,47 ¹³

BMI: Body mass index; CI: confidence interval; Kg: kilograms; RR: Relative risk.

Table 2. Summary of the prevalence and averages used in the microsimulation models

	Prevalence of alcohol consumption				Prevalence of hepatitis B ¹⁴				Prevalence of Tobacco consumption		Mean BMI (kg/m²) (provide SD)				
	UNDOC 2013 ¹⁵		ENSIN2015 ¹⁶		1990		2005		UNDOC 2013 ¹⁵			ENSIN 2005 ¹⁶	ENSIN 2010 ¹⁶		
Age	Men	Women	Men	Women	Men	Women	Men	Women	Men	Women	Age	Men	Women	Men	Women
0–4	0,00	0,00	0	0	0,05	0,04	0,05	0,05	0,00	0,00	0–4	15,97	15,76	16,44	16,09
5–9	0,00	0,00	0	0	0,05	0,04	0,05	0,05	0,00	0,00	5–17	17,58	18,37	17,74	18,26
10–14															
0,00															
0,00															
0				0	0,04	0,04	0,05	0,04	0,02	0,01	18–22	21,90	22,77	22,46	22,96
15–19	0,44	0,28	0,37	0,26	0,04	0,40	0,04	0,04	0,16	0,04	23–27	23,85	23,82	24,29	24,41
20–24	0,62	0,37	0,62	0,35	0,00	0,04	0,04	0,04	0,27	0,07	28–32	24,61	25,04	25,50	25,82
25–29	0,62	0,38	0,67	0,32	0,04	0,04	0,04	0,04	0,26	0,10	33–37	25,45	25,97	25,83	26,41
30–34	0,54	0,29	0,64	0,36	0,04	0,04	0,04	0,04	0,22	0,07	38–42	25,81	26,81	26,22	26,83
35–39	0,49	0,31	0,58	0,26	0,04	0,03	0,04	0,03	0,17	0,07	43–49	26,01	27,56	25,98	27,70
40–44	0,48	0,25	0,61	0,31	0,04	0,03	0,04	0,03	0,16	0,08	50–64	25,67	28,03	25,62	27,82
45–49	0,46	0,24	0,51	0,24	0,03	0,03	0,04	0,03	0,17	0,10					
50–54	0,40	0,18	0,51	0,18	0,03	0,03	0,04	0,03	0,20	0,12					
55–59	0,39	0,15	0,42	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,20	0,10					
60–64	0,29	0,11	0,34	0,12	0,03	0,03	0,03	0,03	0,18	0,07					
65–69	0,56	0,49	0,34	0,12	0,03	0,02	0,03	0,03	0,18	0,07					
70–74	0,56	0,49	0,34	0,12	0,03	0,02	0,03	0,03	0,18	0,07					
75–79	0,56	0,49	0,34	0,12	0,02	0,02	0,03	0,03	0,18	0,07					
80–más	0,56	0,49	0,34	0,12	0,02	0,02	0,03	0,03	0,18	0,07					

Table 3. Summary of liver cancer incidence used in the microsimulation¹⁷

Age	Incidence ¹	
	male	female
0–14	0,3	0.0
15–44	0,3	0.4
45–54	2,1	2.4
55–64	7,7	5.8
65 +	24,4	24.5

¹ Rates — 100000 inhabitants

Modeled scenarios

Following approaches used in previous modeling studies^{7,8}, three scenarios were simulated:

- Model 1 (reference scenario): The prevalence of each risk factor followed the observed trends without intervention.
- Model 2 (intervention scenario): A gradual 10% reduction in the prevalence of all four risk factors was modeled over a 10-year period starting in 2017. This reduction was considered a realistic public health target, reflecting the likely impact of feasible interventions^{7,8}. Age- and sex-specific adjustments were applied annually. Prevent then estimated the change in disease occurrence, assuming demographic trends remained constant.
- Model 3 (counterfactual scenario): A theoretical scenario in which exposure to all four risk factors was entirely eliminated (i.e., no HBV infection, no tobacco or alcohol use, and normal BMI across the population). This scenario was used to estimate the population attributable fraction (PAF) of each risk factor for liver cancer in Colombia.

RESULTS

If the prevalence of the four modifiable risk factors -tobacco use, overweight/obesity, hepatitis B infection, and alcohol consumption-remain unchanged (Model 1), approximately 59000 new cases of liver cancer are projected to occur in Colombia between 2016 and 2050, with a disproportionately higher burden observed among women (Table 4).

In a scenario assuming a 10% reduction in the prevalence of each risk factor over a 10-year period (Model 2), between 66 and 728 incident cases of liver cancer could be prevented, depending on the specific risk factor (Table 4). As expected, gradual reductions in exposure prevalence led to corresponding gradual decreases in incidence rates. Under this model, the projected incidence rate among men decreases modestly from 2.54 to 2.39 per 100,000 inhabitants, while a slight reduction is observed among women, from 2.45 to 2.38 per 100,000 inhabitants (Figure 1).

In the hypothetical scenario of complete elimination of exposure to all four risk factors (Model 3), up to 8,648 new cases of liver

cancer could be prevented. The PAF for liver cancer in Colombia is estimated at 1.09% for hepatitis B infection, 1.9% for alcohol consumption, 6.14% for tobacco use, and 14.52% for overweight/obesity (Table 4). Eliminating exposure to tobacco and elevated BMI notably reduces projected incidence rates: from 2.54 to 2.05 per 100,000 inhabitants in men, and from 2.45 to 1.83 per 100,000 inhabitants in women (Figure 1).

DISCUSSION

Our microsimulation modeling highlights a potentially alarming increase in new cases of liver cancer in Colombia if current trends in modifiable risk factors (hepatitis B infection, alcohol and tobacco consumption, and high body mass index) persist (Model 1). Conversely, even modest reductions (Model 2) or complete elimination (Model 3) of these exposures can significantly reduce liver cancer incidence, with marked differences by sex.

Our results reveal a higher burden of liver cancer among women, and a more pronounced impact of reducing smoking and BMI in females compared to males. These sex-specific differences are consistent with international findings and may be attributed to hormonal influences, body composition, genetic predisposition, cellular metabolism, gut microbiota, underlying comorbidities, sociodemographic variables, and unmeasured risk factors¹⁹.

The PAF estimates in Model 3 suggest that hepatitis B (1.09%), alcohol (1.9%), and tobacco (6.14%) contribute to fewer liver cancer cases in Colombia than global averages. For instance, the global PAF for hepatitis B exceeds Colombian values, likely due to effective national prevention and control strategies²⁰. While the worldwide PAF for alcohol is 17.3%, Colombia’s lower estimate reflects different patterns of alcohol use—less frequent but more harmful binge drinking during weekends and holidays^{16,21,22}. Similarly, the relatively low smoking prevalence explains the modest PAF for tobacco (6.14% vs. 23.24% globally)²³. In contrast, the PAF for overweight/obesity (14.52%) aligns with global trends and reinforces BMI as a key target for cancer prevention²⁴.

This modeling underscores the urgent need to curb the rise of these risk factors. For example, by 2030, 64% of adults in Colombia are projected to have a high BMI, representing over 27.9 million people¹⁶. Alarming increases in alcohol and tobacco use have also been reported^{16,21}.

Although a 10% reduction in exposure appears modest, it presents considerable challenges for public health, requiring coordinated, multisectoral efforts⁷. Effective, evidence-based interventions include: smoking bans, tax policies, anti-smoking campaigns, health warnings, and nicotine replacement²⁵; for alcohol, taxation, limited availability, and marketing restrictions²⁶; and for obesity, sugar taxes, food labeling, healthy eating campaigns, physical activity promotion, and restrictions on ultra-processed food advertising²⁷. Each intervention has variable cost-effectiveness depending on the context^{28,29}.

Table 4. Modeling of baseline tendency and reduction in liver cancer 2016–2050.

Risk factor	Sex	Model 1: number of cases without intervention	Model 2: avoidable cases by reduction of 10% on risk factors		Model 3: avoidable cases by reduction of 100% on risk factors	
			n	%	n	%
Hepatitis B	Male	28,598	33	0.12	323	1.13
	Female	30,977	33	0.11	328	1.06
	Total	59,575	66	0.11	651	1.09
Alcohol	Male	28,569	32	0.11	329	1.15
	Female	30,196	72	0.24	789	2.61
	Total	58,765	104	0.18	1118	1.90
Tobacco	Male	27,999	172	0.61	2056	7.34
	Female	30,534	123	0.40	1538	5.04
	Total	58533	295	0.50	3594	6.14
Body mass index	Male	28,598	288	1.01	3488	12.20
	Female	30,977	440	1.42	5160	16.66
	Total	59,575	728	1.22	8648	14.52

Figure 1A. Males. The potential effect of lowering the exposures to the risk factors in the expected rates of liver cancer incidence, period 2016–2050 under the reference (model 1), and intervention situations (model 2: reduction of –10% in solid line; model 3: –100% in dashed line).

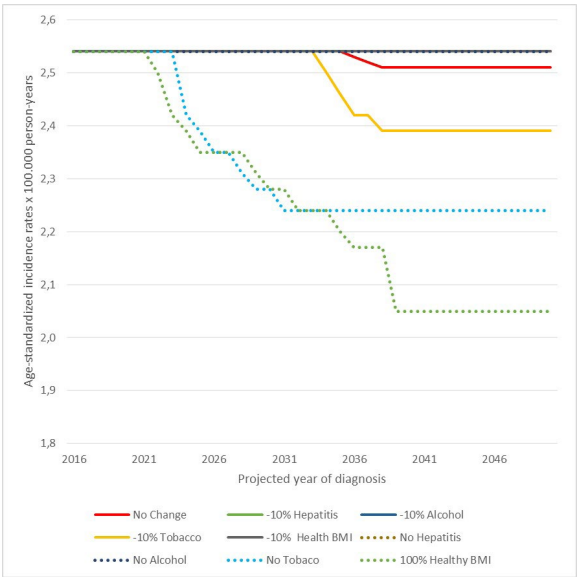
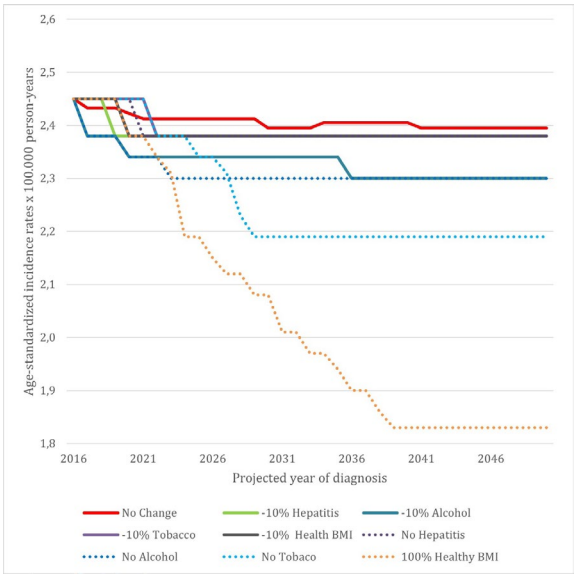


Figure 1B. Female. The potential effect of lowering the exposures to the risk factors in the expected rates of liver cancer occurrence, time 2016–2050 under the reference (model 1), and intervention situations (model 2: reduction of –10% in solid line; model 3: –100% in dashed line).



These results provide valuable insights for policymakers, showing the relative contribution of each risk factor to liver cancer and supporting evidence-informed prioritization. Importantly, interventions targeting these four factors may also reduce the burden of other cancers and chronic diseases. For instance, a 10% reduction in alcohol consumption, tobacco use, and physical inactivity could prevent approximately 26 to 149 cases of colorectal cancer annually⁷. Achieving healthy BMI levels could further reduce the incidence of breast cancer by 4,009 cases, colorectal cancer by 2,086 cases, and liver cancer by 728 cases^{7,8}, as well as other related chronic diseases such as cardiovascular disease, diabetes, etc.

Strengths and limitations

This study has several strengths. First, it focuses on four key modifiable risk factors—tobacco use, alcohol consumption, hepatitis B infection, and overweight/obesity—with clear implications for cancer prevention strategies. Second, the use of the validated Prevent V3.1 microsimulation model allows for robust projections using age- and sex-specific data, with proven applicability in Latin America and Europe. Third, the simulation of three scenarios—status quo, 10% reduction, and complete elimination—offers policymakers evidence to support planning and resource allocation for liver cancer control.

There are limitations that should be acknowledged. First, not all relevant risk factors for liver cancer could be included due to the limited availability of population-based data in Colombia, such as dietary composition, diabetes, or aflatoxin B1 exposure^{4–6}. Including these factors in future microsimulation studies could enhance the accuracy and comprehensiveness of the model.

Second, the absence of data on co-exposures in national health surveys limited our ability to model the potential interactions between risk factors, such as the combined effects of tobacco use and alcohol consumption. Given that co-exposures may exert synergistic effects on liver cancer risk, future research could address this gap by incorporating joint exposure prevalence data and using interaction terms within the simulation model to estimate the combined attributable risk. This approach would allow for the quantification of the potential increase in preventable liver cancer cases under scenarios that consider the synergistic effects of multiple exposures. Despite these limitations, the modeling of each risk factor individually aligns with the operational design of most public health interventions, which typically target specific lifestyle behaviors⁷.

Additionally, part of the prevalence data used in the model was derived from national surveys. Although these sources were the most robust data available, they may not fully reflect recent population trends, potentially affecting the validity of long-term projections. Future modeling studies should consider adjusting prevalence estimates using updated survey data or incorporating correction factors that align with recent demographic and epidemiological patterns to enhance the accuracy of projections. Additionally, in

an ideal scenario one would incorporate models representing sub-regions with different exposure patterns within the country.

CONCLUSION

This modeling study shows that interventions aimed at reducing exposure to high BMI, alcohol and tobacco consumption, and hepatitis B infection could significantly reduce the future incidence and rate of liver cancer in Colombia. Notably, high BMI and tobacco use are projected to have the greatest impact on liver cancer burden, with additional benefits for the prevention of other chronic diseases. Even a modest 10% reduction in the occurrence of each risk factor could lead to a meaningful decline in liver cancer cases, emphasizing the value of gradual, sustained public health efforts. These findings support the development of comprehensive national strategies that target multiple risk factors simultaneously. Implementing population-level interventions—such as prevention and vaccination programs, regulatory and fiscal policies, and health promotion campaigns—can guide Colombia toward a measurable reduction in liver cancer incidence and contribute to improved population health.

ACKNOWLEDGEMENTS

None.

AUTHORSHIPS

Conceptualization: MT, EdV; data curation: MT, EdV, MR, OH; formal analysis: MT, EdV; funding acquisition: MT, EdV; investigation: GD, MT, EdV, SP, MR, OH; methodology: GD, MT, EdV, SP, MR, OH; project administration: MT, EdV; resources: GD, MT, EdV, SP, MR, OH; supervision: MT, EdV; validation: GD, MT, EdV, SP, MR, OH; analysis: MT, EdV; visualization: GD, MPR, FB, MPB; writing – original draft: GD, MPR, FB, MPB; writing – review & editing: GD, MT, EdV, SP, MR, OH, MPR, FB, MPB.

Where authors are identified as personnel of the International Agency for Research on Cancer/World Health Organization, the authors alone are responsible for the views expressed in this article and they do not necessarily represent the decisions, policy, or views of the International Agency for Research on Cancer /World Health Organization.

FINANCIAL SUPPORT

This study was funded by the Instituto Nacional de Cancerología with proper resources in the period 2016–2019 [budgetary code 41030110020 (2016) and C190103001-15 (2017–2018)]. The same institute financed the personnel costs between 2016 and 2019 without further subsidies. The project was co-financed and executed by the Pontificia Universidad Javeriana (Convenio

PPTA7602, project medical ethics code 2016/157), Universidad Industrial de Santander, and Universidad El Bosque, which provided the investigator time and resources.

CONFLICT OF INTEREST

The authors have no conflicts of interest to declare for this study.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

Data availability is subject to request by email to the corresponding author.

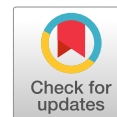
REFERENCES

- (1) Bray Bsc F, Laversanne | Mathieu, Hyuna |, Phd S, Ferlay J, Siegel Mph RL, et al. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin.* 2024;74(3):229-63. <https://doi.org/10.3322/CAAC.21834>
- (2) Tan EY, Danpanichkul P, Yong JN, Yu Z, Tan DJH, Lim WH, et al. Liver cancer in 2021: Global burden of disease study. *J Hepatol.* 2024;0(0). <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2024.10.031>
- (3) Rumgay H, Arnold M, Ferlay J, Lesi O, Cabasag CJ, Vignat J, et al. Global burden of primary liver cancer in 2020 and predictions to 2040. *J Hepatol.* 2022;77(6):1598-606. <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2022.08.021>
- (4) Nevola R, Tortorella G, Rosato V, Rinaldi L, Imbriani S, Perillo P, et al. Gender Differences in the Pathogenesis and Risk Factors of Hepatocellular Carcinoma. *Biology* 2023, Vol 12, Page 984. 2023;12(7):984. <https://doi.org/10.3390/BIOLOGY12070984>
- (5) Zhou K, Lim T, Dodge JL, Terrault NA, Wilkens LR, Setiawan VW Population-attributable risk of modifiable lifestyle factors to hepatocellular carcinoma: The multi-ethnic cohort. *Aliment Pharmacol Ther.* 2023;58(1):89-98. <https://doi.org/10.1111/APT.1752>
- (6) Wang J, Qiu K, Zhou S, Gan Y, Jiang K, Wang D, et al. Risk factors for hepatocellular carcinoma: an umbrella review of systematic review and meta-analysis. *Ann Med.* 2025;57(1). <https://doi.org/10.1080/07853890.2025.2455539>
- (7) De Vries E, Torres MZ, Rojas MP, Díaz G, Herrán OF Theoretical reduction of the incidence of colorectal cancer in Colombia from reduction in the population exposure to tobacco, alcohol, excess weight and sedentary lifestyle: A modelling study. *BMJ Open.* 2020;10(10). <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-037388>
- (8) Rojas Hurtado MP, Herrán Falla OF, Torres Ibagüen MZ, Díaz Muñoz GA, De Vries E Variaciones hipotéticas en la incidencia y la fracción atribuible poblacional de cánceres hepático, colorrectal y de mama, como efectos de la reducción teórica del índice de masa corporal en Colombia, 2016 - 2050. *Rev Fac Nac Sal Púb.* 2021;39(2):14. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.e342008>
- (9) Andersson TM-L, Engholm G, Pukkala E, Stenbeck M, Tryggvadottir L, Storm H, et al. Avoidable cancers in the Nordic countries—The impact of alcohol consumption. *Eur J Cancer.* 2018;103:299-307. <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2018.03.027>
- (10) Coppola N, Onorato L, Sagnelli C, Sagnelli E, Angelillo IF Association between anti-HBc positivity and hepatocellular carcinoma in HBsAg-negative subjects with chronic liver disease: A meta-analysis. *Medicine.* 2016;95(30):e4311. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000004311>
- (11) World Cancer Research fund, American Institute for cancer research Diet, nutrition, physical activity and cancer: a global perspective. Continues Update project expert report 2015. 2015.
- (12) Lee Y-CA, Cohet C, Yang Y-C, Stayner L, Hashibe M, Straif K Meta-analysis of epidemiologic studies on cigarette smoking and liver cancer. *Int J Epidemiol.* 2009;38(6):1497-511. <https://doi.org/10.1093/ije/dyp280>
- (13) Rui R, Lou J, Zou L, Zhong R, Wang J, Xia D, et al. Excess Body Mass Index and Risk of Liver Cancer: A Nonlinear Dose-Response Meta-Analysis of Prospective Studies. *PLoS One.* 2012;7(9):e44522. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0044522>
- (14) Ott JJ, Stevens GA, Groeger J, Wiersma ST Global epidemiology of hepatitis B virus infection: New estimates of age-specific HBsAg seroprevalence and endemicity. *Vaccine.* 2012;30(12):2212-9. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2011.12.116>
- (15) Ministerios de justicia y del derecho, Ministerio de salud y protección social, Observatorio de drogas de Colombia Estudio Nacional de consumo de sustancias psicoactivas en Colombia 2013. Bogotá; 2014.
- (16) Bienestar familiar ENSIN: Encuesta Nacional de Situación Nutricional. <https://www.icbf.gov.co/bienestar/nutricion/encuesta-nacional-situacion-nutricional>. [accedido 14 julio 2025]. Disponible en: <https://www.icbf.gov.co/bienestar/nutricion/encuesta-nacional-situacion-nutricional>.
- (17) Instituto Nacional de Cancerología, Ministerio de salud y protección social Incidencia, mortalidad y prevalencia de cáncer en Colombia 2007-2011. Bogotá; 2015.
- (18) Comisión económica para América Latina y el Caribe Estimaciones y proyecciones: Archivos Excel. [accedido 17 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/temas/proyecciones-demograficas/estimaciones-proyecciones-excel>.
- (19) Nevola R, Tortorella G, Rosato V, Rinaldi L, Imbriani S, Perillo P, et al. Gender Differences in the Pathogenesis and Risk Factors of Hepatocellular Carcinoma. *Biology (Basel).* 2023. <https://doi.org/10.3390/biology12070984>
- (20) Singal AG, Llovet JM, Yarchoan M, Mehta N, Heimbach JK, Dawson LA, et al. AASLD Practice Guidance on prevention, diagnosis, and treatment of hepatocellular carcinoma. *Hepatology.* 2023;78(6):1922. <https://doi.org/10.1097/HEP.0000000000000466>
- (21) Herrán OF, Bermúdez JN, del Pilar Zea M Cambios alimentarios en Colombia; resultados de dos encuestas nacionales de nutrición, 2010-2015. *Rev Univ Ind Santander Salud.* 2020;52(1):21-31. <https://doi.org/10.18273/revsal.v52n1-2020004>.
- (22) Rumgay H, Shield K, Charvat H, Ferrari P, Sornpaisarn B, Obot I, et al. Global burden of cancer in 2020 attributable to alcohol consumption: a population-based study. *Lancet Oncol.* 2021;22(8):1071-80. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(21\)00279-5](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(21)00279-5)
- (23) Hu J, Dong Y, Zhou R, Teixeira W, He X, et al. Cancer burden attributable to risk factors, 1990–2019: A comparative risk assessment. *iScience.* 2024;27(4):109430. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.109430>
- (24) Lin Y, Zheng L, Fang K, Zheng Y, Wu J, Zheng M Proportion of liver cancer cases and deaths attributable to potentially modifiable risk factors in China. *Int J Epidemiol.* 2023;52(6):1805-14. <https://doi.org/10.1093/ije/dyad100>
- (25) Akter S, Rahman MM, Rouyard T, Aktar S, Nsashiya RS, Nakamura R A systematic review and network meta-analysis of population-

- level interventions to tackle smoking behaviour. *Nat Hum Behav.* 2024;8(12):2367. <https://doi.org/10.1038/S41562-024-02002-7>
- (26) Porthé V, García-Subirats I, Ariza C, Villalbí JR, Bartroli M, Juárez O, et al. Community-Based Interventions to Reduce Alcohol Consumption and Alcohol-Related Harm in Adults. *J Community Health.* 2021;46(3):565-76. <https://doi.org/10.1007/s10900-020-00898-6>
- (27) Alrubaian F, Mulla Z Governments policy measures to address obesity among adults: a scoping review of the global evidence. *Lancet.* 2023;402 Suppl 1:S20. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(23\)02132-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)02132-3)
- (28) Liu S, Veugelers PJ, Liu C, Ohinmaa A The Cost Effectiveness of Taxation of Sugary Foods and Beverages: A Systematic Review of Economic Evaluations. *Appl Health Econ Health Policy.* 2022;20(2):185-98. <https://doi.org/10.1007/s40258-021-00685-x>
- (29) Lee DC, O'Brien KM, McCrabb S, Wolfenden L, Tzelepis F, Barnes C, et al. Strategies for enhancing the implementation of school-based policies or practices targeting diet, physical activity, obesity, tobacco or alcohol use. *Cochrane Database of Systematic Reviews.* 2024;2024(12). <https://doi.org/10.1002/14651858>

Revista Española de Nutrición Humana y Dietética

Spanish Journal of Human Nutrition and Dietetics

www.renhyd.org

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Evaluación del cumplimiento de la Ley 27.642 de Promoción de la Alimentación Saludable en supermercados de Argentina

➤ Evaluation of compliance of Law 27.642 on the Promotion of Healthy Eating in supermarkets in Argentina

Josefina Casco^a, Valeria Costabella^a, Alicia Rovirosa^b, María Celeste Nessier^b, María Elisa Zapata^{b,*}

^a Residente del Hospital Interzonal General de Agudos Eva Perón de San Martín. Rotante del Centro de Estudios sobre Nutrición Infantil Dr. Alejandro O'Donnell (CESNI), Argentina.

^b Centro de Estudios sobre Nutrición Infantil Dr. Alejandro O'Donnell (CESNI); Ciudad Autónoma de Buenos Aires; Argentina.

*mezapata@cesni.org.ar

Editor Asignado: Patricio Pérez-Armijo, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Isabel I, Burgos, España

Recibido: 27/05/2025; Aceptado: 15/10/2025; Publicado: 27/11/2025

PALABRAS CLAVE

Legislación
Alimentaria
Marketing
Salud Pública
Vigilancia de
Productos
Comercializados
Argentina

➤ RESUMEN

Introducción: La ley de etiquetado frontal fue reglamentada en Argentina en 2022 y luego de su vigencia plena es una prioridad investigar su cumplimiento. Este trabajo tuvo por objetivo evaluar el cumplimiento de la Ley 27.642 de Promoción de la Alimentación Saludable en productos alimenticios en supermercados del Área Metropolitana de Buenos Aires.

Metodología: Estudio descriptivo transversal. Entre abril y mayo de 2024 se evaluó la presencia de sellos en etiquetas de productos de acuerdo con la ley y la exhibición de los mismos en la góndola de supermercados. Se incluyeron galletitas y amasados de pastelería; bebidas analcohólicas; productos de copetín (snacks salados); cereales y barritas; panes envasados; dulces, postres y golosinas; yogures y postres de leche.

Resultados: De los 926 productos evaluados, el 88% debía llevar sello en la cara frontal. De los cuales, el 13,5% incumplía por la falta de al menos un sello y el 11,3% no declaraba los azúcares añadidos en la información nutricional. El sello de "exceso en calorías" fue el que mayor incumplimiento presentó (7,7%) y el grupo de panes envasados el con mayores incumplimientos. En cuanto a la presentación en la góndola de los productos con sello (n=725), el 42,5% ocultaban la cara frontal. Además, el 1,1% de los productos con sello presentó algún *claim* y el 1,4% marketing dirigido a población infantil y adolescentes.

Conclusiones: A dos meses de haberse cumplido los plazos de adecuación a la norma, se advierten incumplimientos en la presencia de sellos e incorrecta disposición en góndola de los productos con sellos lo cual puede diluir el impacto de la ley. Los resultados obtenidos son un insumo para la evaluación del cumplimiento de la industria y los puntos de venta.

Financiación: Esta investigación no recibió ninguna subvención específica de ninguna agencia de financiación, ni del sector comercial o sin fines de lucro. Fue financiada por el Centro de Estudios sobre Nutrición Infantil Dr. Alejandro O'Donnell.

KEYWORDS

Food Legislation
Marketing
Public Health
Postmarketing
Surveillance
Argentina

ABSTRACT

Introduction: The front-of-package labeling law was regulated in Argentina in 2022, and once it is fully in force, investigating its compliance is a priority. This work aimed to evaluate compliance with Law 27,642 on the Promotion of Healthy Eating in food products in supermarkets of the Metropolitan Area of Buenos Aires.

Methods: Cross-sectional study. Between April and May 2024, the presence of warning label in food packaging, in accordance with the law and the display of the products on supermarket shelves were evaluated. Included were cookies and pastry products; non-alcoholic beverages; salty snacks; cereals and bars; packaged breads; sweets, desserts and candies; yogurts and milk desserts.

Results: Of the 926 products evaluated, 88% had to have a warning label on the front. Of which, 13.5% did not comply due to the lack of at least one warning label and 11.3% did not declare added sugars in the nutritional information. The highest non-compliance was in packaged breads. The "excess calorie" warning label was the one with the highest non-compliance rate (7.7%) and the packaged bread had the highest non-compliance rate. Regarding the presentation of products with a warning label on the shelf (n=725), 42.5% hid on the front side. In addition, 1.1% of the products with a seal presented a claim and 1.4% had marketing aimed at children and adolescents.

Conclusions: Two months after the deadlines for compliance with the law, non-compliances are noted in the presence of warning level and incorrect arrangement of products with a warning level on the shelf, which may dilute the impact of the law. The results obtained are an input for the evaluation of compliance by the industry and the points of sale.

Funding: This research did not receive any specific grant from any funding agency, either in the commercial or non-profit sectors. It was supported by the Dr. Alejandro O'Donnell Center for Studies on Child Nutrition.

MENSAJES
CLAVE

1. De los productos 926 evaluados el 88% deberían tener al menos un sello de acuerdo con lo establecido por la ley 27.642 de Promoción de la Alimentación Saludable.
2. Un 15% de los productos evaluados presentó algún incumplimiento. El 13,5% incumple con la ley por falta de al menos 1 sello y el 11,3% no declara de azúcares añadidos.
3. El mayor incumplimiento correspondió a la omisión de declaración del sello: "exceso en calorías".
4. Por su ubicación en la góndola los sellos no estaban claramente visibles en casi la mitad de los alimentos y bebidas (42,5%).
5. Se necesita reforzar los mecanismos de monitoreo, fiscalización y sanción por parte del Ministerio de Salud de Nación para asegurar el cumplimiento efectivo de la normativa.

CITA

Casco J, Costabella V, Roviroso A, Nessier MC, Zapata ME. Evaluación del cumplimiento de la Ley 27.642 de Promoción de la Alimentación Saludable en supermercados de Argentina. Rev Esp Nutr Hum Diet. 2025; 29(4): e2497.
doi: <https://doi.org/10.14306/renhyd.29.4.2497>

INTRODUCCIÓN

Los alimentos y bebidas envasados han surgido alternativa en la alimentación, pero en los últimos años numerosos estudios científicos asocian el consumo habitual de productos ultraprocesados (PUP) con efectos negativos en la salud de las personas como el riesgo de desarrollar diversas enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT)¹. Los PUP suelen ser productos alimenticios y bebidas listos para consumir, hiperpalatables, comercializados en porciones grandes, con una fuerte estrategia de marketing mayormente orientada a población infantil², en general, son energéticamente densos, tienen alto contenido de sodio, azúcares libres y grasas de baja calidad³. En Argentina, entre un cuarto y un tercio de la energía consumida por niños, adolescentes y adultos es aportada por los PUP, y el 75-80% de la misma corresponde a 4 subgrupos de productos: galletitas, amasados y bollería industrial; bebidas azucaradas; productos de confitería y crackers, golosinas y dulces^{4,5}.

En noviembre de 2021 en Argentina se promulgó la Ley 27.642, denominada "Ley de Promoción de la Alimentación Saludable", que modificó la normativa de rotulación de alimentos incorporando un sistema de sellos de advertencia sobre el contenido excesivo de nutrientes críticos (calorías, azúcares, grasas, sodio, cafeína y edulcorantes) en el rótulo de alimentos y bebidas analcohólicas envasados en ausencia del cliente, y también estableció pautas de marketing y publicidad en medios y en entornos escolares. La ley fue reglamentada el 22 de marzo de 2022^{6,7}; para la aplicación del etiquetado frontal de alimentos la industria tuvo un plazo para adecuar sus productos. En simultáneo, también se brindó tiempo al consumidor para adaptarse a los cambios de los atributos sensoriales de los alimentos y no perjudicar su demanda⁸. La implementación de la ley en Argentina se planteó en un esquema de dos etapas. La primera tuvo valores intermedios para el límite máximo de nutrientes definido para la incorporación de los sellos de advertencia y fue de nueve meses desde la entrada en vigor de la Ley y de 15 meses para las pequeñas y medianas empresas (PYMES). En tanto que, la segunda etapa estableció plazo máximo de 18 meses, y 24 meses respectivamente. Dado que se trata de una novedosa medida regulatoria implementada por primera vez en el país, la evaluación de su aplicación efectiva resulta crítica para el logro de los objetivos fijados por la reglamentación. por lo que este trabajo tuvo por objetivo evaluar el cumplimiento de la Ley 27.642 de Promoción de la Alimentación Saludable en productos alimenticios en los principales supermercados del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) (Argentina) entre abril y mayo de 2024.

METODOLOGÍA

Tipo de estudio, muestra y obtención de datos

Se realizó un estudio descriptivo transversal. Se seleccionaron grupos de alimentos y bebidas que representan entre el 78 y 80%

de los alimentos ultraprocesados consumidos por la población argentina^{4,5}: galletitas y amasados de pastelería; bebidas analcohólicas; productos de copetín (snacks salados); cereales para desayuno y barritas; panes envasados; dulces, postres y golosinas; yogures y postres de leche.

La recolección de datos se llevó a cabo en 17 supermercados de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) y del Gran Buenos Aires durante los meses de abril y mayo del 2024. La elegibilidad de los supermercados fue por criterios de conveniencia. Se visitaron sucursales de las cadenas de mayor penetración nacional⁹: Carrefour, Día, Coto, Veá, Disco, Jumbo y Makro. Se obtuvo autorización con antelación para la toma de fotografías de los productos. El relevamiento se realizó en cada uno de los supermercados durante 2 días laborales completos por semana, en promedio (08:00 a 17:00 horas). Se evitaron los lunes, viernes y fin de semana dado que son los días de mayor actividad de estos.

Dos nutricionistas entrenadas fotografiaron todos los productos de las categorías seleccionadas disponibles en los supermercados al momento de la recolección, considerando diferentes marcas y forma de presentación. En los casos de múltiples sabores con misma composición nutricional, se seleccionó aleatoriamente un sólo sabor. Según el formato del envase, se tomaron entre 4 y 7 fotografías para cada producto: frente, dorso y laterales del paquete, lista de ingredientes, información nutricional y tapa (sólo para el grupo de lácteos). Además, se fotografió el posicionamiento de los productos con sello en la góndola. Las fotografías se descargaron y archivaron en carpetas según categoría y subcategoría de cada producto.

Como el propósito del estudio es un monitoreo inmediato de la aplicación de la norma, se incluyó a todos los productos de cada grupo disponibles en los supermercados al momento del relevamiento.

Procesamiento de los datos y variables

Para la extracción de información se elaboró una planilla diseñada en Microsoft Excel y un instructivo con estandarización del proceso. Se extrajo información sobre identificación del producto (marca, nombre comercial, denominación de venta, grupo y subgrupo); sellos de advertencia y leyendas dispuestos por la ley; *claims* o Información Nutricional Complementaria (INC); marketing dirigido a población infantil y adolescentes; estrategias de marketing nutricional (declaraciones o afirmaciones sobre vitaminas, minerales, valor calórico, grasas, proteínas, lactosa, sodio, probióticos e imagen de la gráfica de las guías alimentarias); estrategias de marketing no nutricional (declaraciones o afirmaciones sobre sustentabilidad, posicionamiento de la marca en la góndola, promociones económicas, formas de consumo, estrategias digitales, calidad del producto, características organolépticas y mensajes sobre salud y alimentación) y contenido de nutrientes. La información cuantitativa de los nutrientes críticos se obtuvo por porción de la tabla nutricional declarada en los envases de los productos analizados. En los productos concentrados o para preparar, se evaluó por porción lista para

el consumo. En los casos donde no se declaraban los azúcares añadidos en la tabla de nutrientes se buscó la existencia de la declaración jurada en el portal del Sistema de Sellos y Advertencias Nutricionales del Sistema de Información Federal para la Gestión del Control de los Alimentos (SIFEGA), con la presentación de los nuevos rótulos armonizados con la ley. Cuando no se encontró la declaración jurada, pero el producto informaba azúcares totales se siguió la metodología de OPS (perfil de nutrientes)¹⁰, y en ausencia de datos se consideró el dato promedio de azúcares añadidos de los alimentos similares de esa misma subcategoría en la base de datos. A partir del contenido de nutrientes por porción se evaluó si el producto debía presentar sello de advertencia de cada nutriente crítico, de acuerdo con los límites establecidos por la norma¹¹. Para la identificación y verificación de la leyenda precautoria de productos con edulcorantes no nutritivos (ENN) y cafeína, se revisó el listado de ingredientes tanto la presencia de su nombre completo, o su número INS (Sistema Internacional de Numeración, CODEX ALIMENTARIOS FAO/OMS)¹².

Análisis de los datos

A partir de los datos cargados se realizó el análisis para identificar las siguientes variables: incumplimiento general; incumplimiento de al menos un sello; incumplimiento de la declaración de azúcares añadidos (AA); presencia de declaración jurada, posición en góndola; presencia de *claims* o Información Nutricional Complementaria (INC); marketing dirigido a población infantil y adolescentes y estrategias de marketing nutricional y no nutricional presentes en los rótulos de los productos analizados. Se definió como incumplimiento general a aquellos productos que por su composición nutricional correspondía que tengan sello y no estaba presente en su etiqueta frontal y/o la ausencia de declaración de azúcares añadidos en la información nutricional. Esta evaluación no consideró el análisis de las dimensiones del sello y/o leyenda. Se determinó incumplimiento en la declaración de AA, cuando el producto no declaraba el contenido de "azúcares añadidos" en la información nutricional, tal como establece el Capítulo V del Código Alimentario Argentino (CAA). Se definió como incorrecto posicionamiento de los productos con sello en la góndola, cuando más de la cuarta parte de los productos se presentaban de forma que no los exhibían correctamente. Se analizó el nivel de incumplimiento en virtud de la cantidad de sellos que debía contener el producto. Los datos se analizaron en Microsoft Excel. Se calcularon frecuencias y porcentajes, para el total de los productos y por subgrupos de alimentos.

RESULTADOS

La muestra quedó conformada por 926 productos alimenticios, como se visualiza en la [Tabla 1](#). El grupo con mayor cantidad de

productos son las galletitas y amasados de pastelería, con casi un tercio de la muestra (35,9%), seguidos por dulces, postres y golosinas (16,2%) y yogures y postres de leche (13,9%).

Del total de productos que debían llevar sellos (n=815), el 15,0% presentó incumplimiento general, el 13,5% incumplían con al menos un sello y el 11,3% (n=99) no declaraban los azúcares añadidos en la información nutricional. El grupo con más casos de incumplimientos fueron los panes envasados ([Tabla 2](#) y [Figura 1](#)). Se observó similar nivel de incumplimiento en los productos que debían llevar diferente número de sellos ([Tabla 3](#)).

En relación con el nivel de cumplimiento de la normativa vigente, de los 926 productos analizados, el 88,0% (815 productos) debían llevar algún sello en la cara frontal. Del total de los productos analizados, el 78,0% cumplía con inclusión de los sellos correspondientes a su formulación, el 12,0% no debía tener sellos y el 11,0% no tenían sellos en el envase, pero debían declararlos ([Tabla 2](#)). Los productos que prevalecieron dentro del incumplimiento fueron los panes envasados (16,0%), los dulces postres y golosinas (16,0%), seguido por las bebidas analcohólicas (11,0%) ([Tabla 2](#)).

Al analizar por tipo de sello entre los productos que debían llevar sello (n=815), se evidenció que el mayor incumplimiento correspondió al sello de "exceso en calorías", con un 7,7%, seguido por "exceso en azúcar y sodio" con un 5,9%, como se muestra en la [Tabla 4](#). Asimismo, se observó que el incumplimiento según sello varía según el grupo de alimentos. En los panes envasados, el sello con mayor incumplimiento fue el de "Exceso en sodio" (34%) ([Tabla 4](#)).

Dentro de la categoría de bebidas analcohólicas, se encontraron 6 amargos con edulcorantes en el listado de ingredientes, sin la leyenda precautoria. Asimismo, no se hallaron las declaraciones juradas en el buscador oficial del SIFEGA.

Otra variable estudiada fue el número de sellos no declarados por producto. De los 129 productos que presentaron este incumplimiento, se identificó la ausencia de hasta 5 sellos en un mismo producto perteneciente al grupo de galletitas y amasados de pastelería, de los cuales sólo 2 casos no tuvieron declaraciones juradas en el buscador de SIFEGA. Asimismo, dos tercios de los alimentos y bebidas envasados presentaron incumplimiento en 1 o 2 sellos (32,5% en un sello y 28,6% en 2 sellos).

De los 815 productos que debían llevar sello, 99 no declaraban los azúcares añadidos en la información nutricional. Al verificar las declaraciones juradas de esos productos, se constató que el 59,1% no la presentaba. Los dulces, postres y golosinas, a pesar de ser el segundo grupo con menor declaración de azúcares añadidos, registraron la mayor cantidad de declaraciones juradas.

En cuanto a la presentación en góndola de los productos con sello (n=725), el 42,5% estaban posicionados de forma que no exhibían correctamente los sellos de advertencia, situación que fue más frecuente en yogures y postres de leche (68,1%) y bebidas analcohólicas (54,4%) ([Figura 2](#) y [Material Suplementario](#)).

Tabla 1. Descripción de alimentos y bebidas analizados por grupo, categoría y subcategoría) (n=926)

Grupo Alimento	Categoría	Subcategoría	n	%
Bebidas analcohólicas	Bebidas con calorías	Jugos concentrados (polvos y líquidos)	5	0,5
		Jugos listos para tomar	10	1,1
		Aguas saborizadas (no gasificadas)	5	0,5
		Bebidas Energizantes	3	0,3
		Bebidas Isotónicas	2	0,2
		Gaseosas (gasificadas)	23	2,5
	Subtotal Bebidas con calorías		48	5,2
	Bebidas sin calorías	Aguas saborizadas (no gasificadas)	8	0,9
		Bebidas Energizantes	2	0,2
		Bebidas Isotónicas	1	0,1
		Gaseosas (gasificadas)	20	2,2
		Jugos concentrados (polvos y líquidos)	4	0,4
		Amargos	6	0,7
	Subtotal Bebidas sin calorías		41	4,5
Subtotal Bebidas analcohólicas			89	9,7%
Dulces, Postres y golosinas	Dulces	Dulces compactos y jaleas	3	0,3
		Dulce de leche	9	1,0
	Subtotal Dulces		12	1,3
	Golosinas	Alfajores (otras harinas)	30	3,3
		Caramelos, chupetines, caramelos confitados	52	5,7
		Golosinas de chocolate y chocolates (tabletas, cobertura, taza) (bon o bon).	31	3,4
		Otros (turrón de maní, turrones de manteca de maní).	5	0,5
	Subtotal Golosinas		118	12,8
	Postres	Postres en polvo (gelatina, flan, postres, mousse)	20	2,2
	Subtotal Postres		20	2,2%
Subtotal Dulces, Postres y golosinas			150	16,3
Galletitas y amasados de pastelería	Amasados de pastelería	Masas livianas (bizcochuelo, vainillas, pionono)	40	4,3
		Masas pesadas (magdalena, tortas, budines, scones)	28	3,0
	Subtotal Amasados de pastelería		68	7,4
	Galletitas dulces	Galletitas dulces a base de otras harinas (sin TACC, legumbres, arroz)	23	2,5
		Galletitas dulces rellenas (obleas, pepas)	51	5,5
		Galletitas dulces simples	104	11,3
	Subtotal Galletitas dulces		178	19,3
	Galletitas saladas	Galletitas de agua o crackers (bizcochos salados, galletitas de agua, talitas,)	57	6,2
		Galletitas saladas a base de otras harinas (sin TACC, legumbres, arroz)	30	3,3
	Subtotal Galletitas saladas		87	9,5

Grupo Alimento	Categoría	Subcategoría	n	%
Subtotal Galletitas y amasados de pastelería			333	36,2
Productos de copetín	Snacks	Snacks	40	4,3
Subtotal Productos de copetín			40	4,3
Yogures y postres de leche	Postres de leche	Postres de leche (postre de vainilla, arroz con leche)	28	3,0
	Subtotal Postres de leche		28	3,0
	Yogures	Yogur bebible	27	2,9
		Yogur con cereales/ granola/confites	15	1,6
		Yogur con colchón/ con fruta	17	1,8
		Yogur natural endulzado	4	0,4
		Yogur saborizado (batido/firme)	38	4,1
	Subtotal Yogures		101	11,0
Subtotal Yogures y postres de leche			129	14,0
Cereales de desayuno y barritas	Cereales de desayuno y barritas	Barritas de cereal	22	2,4
		Granola y Cereales de desayuno	56	6,1
Subtotal Cereales de desayuno y barritas			78	8,5%
Panes envasados	Panes envasados	Tostadas y grisines	39	4,2
		Pan de molde envasado	35	3,8
		Otros panes envasados	33	3,6
Subtotal Panes envasados			107	11,6
Total			926	100

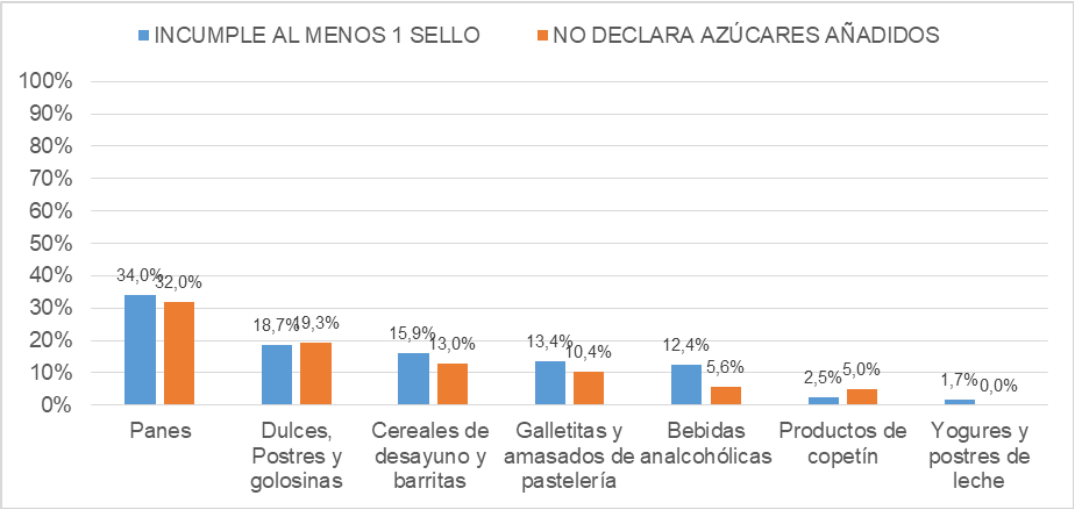
Nota: Datos obtenidos en supermercados del Argentina durante abril y mayo 2024.

Tabla 2. Situación de cumplimiento del rotulado frontal, total y por grupo de alimentos (n=926)

GRUPO DE ALIMENTOS	CUMPLE CON LA INCLUSIÓN DE LOS SELLOS		CUMPLE (NO DEBE TENER SELLOS)		INCUMPLE (NO TIENE SELLOS Y DEBERÍA TENER)	
	n	%	n	%	n	%
Dulces, Postres y golosinas	126	84,0	0	0,0	24	16,0
Panes envasados	33	30,8	57	53,3	17	15,9
Bebidas analcohólicas	79	88,8	0	0,0	10	11,2
Cereales de desayuno y barritas	61	78,2	9	11,5	8	10,3
Galletitas y amasados de pastelería	268	80,5	35	10,5	30	9,0
Productos de copetín	39	97,5	0	0,0	1	2,5
Yogures y postres de leche	119	92,2	10	7,8	0	0,0
Total	725	78,3	111	12,0	90	10,8

Nota: Datos obtenidos en supermercados del Argentina durante abril y mayo 2024.

Figura 1. Porcentaje de productos con incumplimiento de sellos y declaración de azúcares añadidos en productos que deben llevar sello, por grupo de alimentos (n=815).



Nota: Datos obtenidos en supermercados del Argentina durante abril y mayo 2024.

Tabla 3. Cumplimiento del rotulado frontal según número de sellos que debería tener el producto (n=926)

CANTIDAD DE SELLOS QUE DEBERÍA TENER EL PRODUCTO	CUMPLE CON LA INCLUSIÓN DE SELLOS		INCUMPLE CON AL MENOS 1 SELLO	
	n	%	n	%
Ninguno	111	100,0	0	0,0
1 sello	162	85,3	28	14,7
2 sellos	221	87,0	33	13,0
3 sellos	164	89,1	20	10,9
4 sellos	158	86,8	24	13,2
5 sellos	0	0	5	100,0
Total	816	88,1	110	11,9

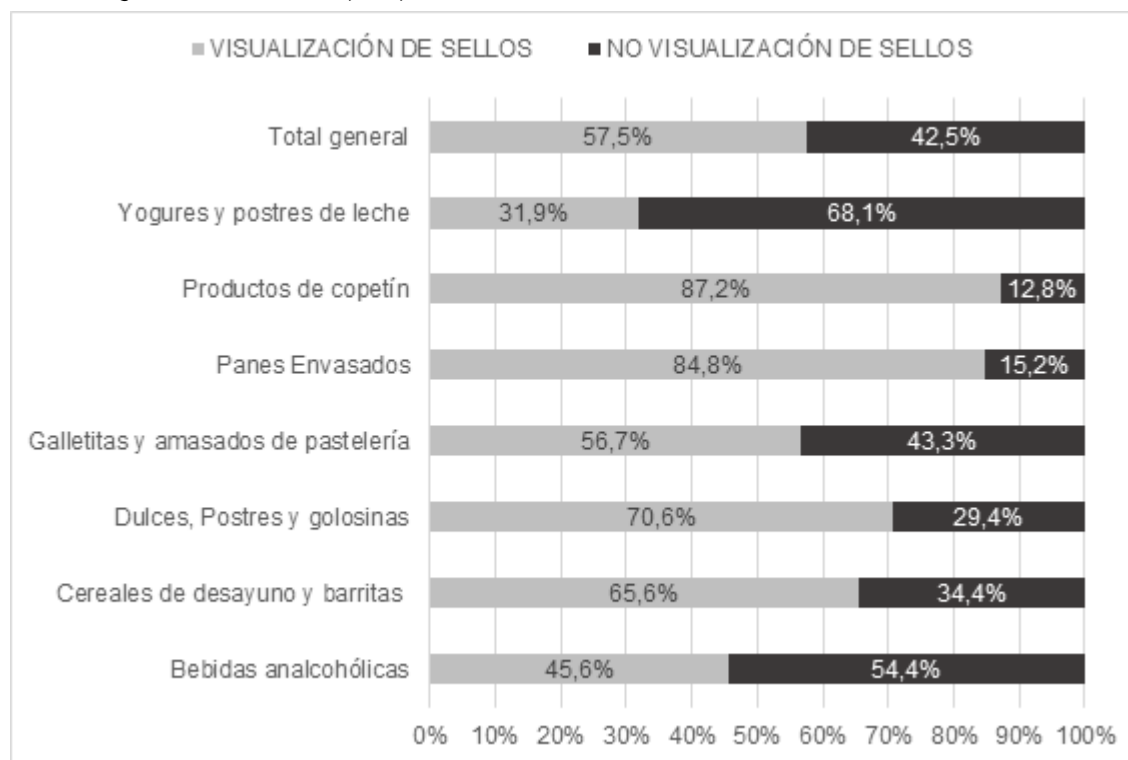
Nota: Datos obtenidos en supermercados del Argentina durante abril y mayo 2024.

Tabla 4. Porcentaje de productos por tipo de sello con incumplimiento (n=815)

GRUPO DE ALIMENTOS	Exceso en Calorías	Exceso en Grasas Totales	Exceso en Grasas Saturadas	Exceso en Azúcares	Exceso en Sodio	Contiene Edulcorantes no recomendable en niños/as	Contiene Cafeína evitar en niños/as
Bebidas analcohólicas	1,0%	0,0	0,0	1,0	2,0	10,0	1,0
Cereales de desayuno y barras	12,0%	4,0	4,0	13,0	1,0	0,0	0,0
Dulces, Postres y golosinas	15,0%	3,0	5,0	15,0	0,0	3,0	0,0
Galletitas y amasados de pastelería	9,0%	6,0	6,0	5,0	8,0	0,0	0,0
Panes	6,0%	6,0	0,0	0,0	34,0	2,0	0,0
Productos de copetín	3,0	3,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0
Yogures y postres de leche	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0
Total	8,0	3,0	3,0	6,0	6,0	2,0	0,0

Nota: Datos obtenidos en supermercados del Argentina durante abril y mayo 2024.

Figura 2. Porcentaje de productos con sello según su disposición en góndola, total y por grupo de alimento (n=725). Nota: Datos obtenidos en supermercados del Argentina durante abril y mayo 2024.



En cuanto a la presencia de información nutricional complementaria, dentro de los productos con sello (n=725), se observó que el 1,1% presentó algún *claim*. Los panes envasados fueron los que más la utilizaron. A su vez, dentro de los productos con incumplimiento general (n=129), el 21,7% presentaron algún *claim*, siendo nuevamente los panes envasados el grupo más incumplidor.

En relación al marketing dirigido a la infancia, dentro de los productos con sellos, el 1,4% lo presentó. Tanto los yogures y postres de leche (3,5%) como los productos de copetín (5,0%) fueron los grupos que más utilizaron estas estrategias. Sin embargo, de los que incumplieron (n=129), el 4% presentaban marketing dirigido a población infantil y adolescentes siendo los dulces, postres y golosinas (9,0%) y cereales de desayuno (8,0%) los que más la utilizaron. Se identificaron 5 productos que no declaraban los azúcares añadidos y carecían de sello, pero incluían marketing dirigido a infancias. De estos, en 2 alimentos no se encontraron las declaraciones juradas, lo cual se interpretó como falta de armonización con la ley.

En cuanto a las otras estrategias de marketing no nutricional empleadas por la industria, el 54,6% de los productos con sello presentaron alguna de estas estrategias. De entre ellas, la más común estuvo relacionada con la sustentabilidad, destacándose como la principal táctica utilizada para promover los productos. Esta

estrategia incluía declaraciones en las etiquetas de los alimentos que promovían el reciclaje, destacaban su eco-amigabilidad, su impacto positivo en el medio ambiente o su reducción de la huella de carbono. Por ejemplo, se evaluó la presencia de frases como 'recíclame' o '100% reciclable'. De los productos analizados que llevaban algún tipo de sello (n=725), el 18,3% adoptó esta estrategia de marketing. Entre los grupos de alimentos, las bebidas analcohólicas (45,6%) y los panes envasados (45,5%) fueron los que más frecuentemente emplearon esta táctica.

El 12,1% de los productos con sello (n=725) incluían estrategias de marketing digital, como por ejemplo la mención en la etiqueta de medios de comunicación como Instagram, Facebook, sitios web y/o códigos QR para vincular con la empresa. Al analizar por grupo de alimentos, se observó que las galletitas y amasados de pastelería (21,3%) y los yogures y postres de leche (19,3%) fueron los que más frecuentemente la utilizaron.

El 10,9% de los productos con sello (n=725) utilizaban estrategia de marketing de promoción de la alimentación saludable, la cual consistía en el uso de frases o palabras que destacaban beneficios para el bienestar y la salud, sin hacer referencia explícita a nutrientes, a diferencia del marketing nutricional y los *claims*. Los panes fueron los productos con mayor frecuencia de esta estrategia (30,3%). Se analizaron, asimismo, las estrategias de marketing nutricional (distintas de los *claims* o información

nutricional complementaria). De los 725 productos con sellos, el 9,7% (n=72) mostraron utilizar alguna forma de marketing nutricional. La estrategia de marketing nutricional más utilizada fue la declaración de adición de probióticos, que incluía productos con símbolos o frases destacando su contenido o mezclas de probióticos en sus nombres o etiquetas. Los datos indicaron que el 4,3% de los productos con sellos (n=725) empleaban esta estrategia. Al examinar por categoría de alimentos, los yogures y postres lácteos fueron el único grupo que utilizó esta táctica de marketing nutricional en un 26%. Este estudio no incluyó las promociones económicas ofrecidas por los supermercados en las góndolas, pero consideró las promociones proporcionadas por las marcas en las etiquetas de los productos. Solo el 0,7% de los productos con sello mencionaban esta estrategia.

DISCUSIÓN

A dos meses de la vigencia plena de la Ley 27.642 en Argentina, el nivel de incumplimiento hallado fue del 15%, tanto por ausencia de sellos como por la falta de declaración de azúcares añadidos. Esta cifra es algo menor a la observada en otros países latinoamericanos con normativas similares, como Perú (22%)¹³ y Chile (20% de incumplimiento en 2019)¹⁴, en tanto que en 2020 se han observado valores menores (6,4%)¹⁵. En Ecuador, después de seis años de la implementación de la ley de etiquetado bajo el sistema de semáforo, se encontró que el 27,1% de los alimentos analizados presentaban inconsistencias¹⁶. Aunque el nivel de incumplimiento general en Ecuador fue superior al observado en este trabajo (27,1 % frente al 15,0 %), los productos de panadería fueron el grupo más incumplidor en ambos estudios, con un 37,5% y un 36 % de inconsistencias respectivamente¹⁶. En tanto que, en México, los resultados fueron contradictorios, ya que un estudio de 2021 señaló una implementación exitosa de la ley, pero una inspección posterior en 2022 reveló incumplimientos graves en productos de una conocida marca de cereales. Esta variabilidad resalta la importancia de realizar evaluaciones periódicas para garantizar el cumplimiento efectivo de las normativas¹⁷.

En este estudio, se observó más del 50% de los productos que incumplían no incluían la advertencia de "Exceso en calorías" en su etiquetado frontal, destacándose como el sello con mayor incumplimiento. Esta cifra coincide con los resultados obtenidos en estudios realizados en otros países, como Ecuador y Perú, donde también se detectaron inconsistencias u omisiones en las advertencias. En estos países, sin embargo, el exceso de azúcar y las grasas trans fueron los factores más comúnmente identificados^{13,16}. Un patrón similar al de Ecuador se observó en cuanto a bebidas analcohólicas (4,6%), que fue el grupo más incumplidor en la declaración de edulcorantes, por no incluirlos en el etiquetado a pesar de contenerlos en la lista de ingredientes¹⁶. En esta investigación, se observó que el 10% de las bebidas no declaraban la leyenda "Contiene edulcorantes no recomendables para niños/

as" a pesar de estar mencionados en la lista de ingredientes. Esto se identificó en el presente estudio, principalmente, en la subcategoría de "Amargos".

Muchos productos sin los sellos correspondientes no presentaron la Declaración Jurada de azúcares añadidos en el sistema SIFEGA, lo que podría deberse a envases antiguos o la falta de adecuación a la normativa.

Uno de los principales objetivos de la Ley 27.642 fue incentivar la reformulación de productos hacia opciones más saludables⁸. Sin embargo, los estudios en Chile y Argentina muestran que en las etapas tempranas de implementación los cambios en la composición de los alimentos fueron mínimos, con pocos productos que han eliminado los sellos de advertencia a partir de su reformulación^{18,19}. Los estudios realizados hasta el momento en Argentina no han encontrado un cambio significativo en la utilización de edulcorantes no nutritivos¹⁹. En tanto que, en Chile, estudios recientes que comparan datos de 2015 y 2017 muestran que hubo una disminución significativa en la cantidad de azúcares y sodio en varios grupos de alimentos y bebidas envasados^{20,21}.

Aunque la mayoría de los productos declaran los sellos en su etiquetado frontal, la mitad no se visualizan en las góndolas, especialmente en bebidas analcohólicas y yogures. La industria ha recurrido al uso de empaques con etiquetas de doble cara, ocultando la información relevante¹⁷, lo cual alerta sobre la importancia de controlar estos aspectos, además de los propios del etiquetado. En Latinoamérica, solo Chile y Argentina han implementado políticas integrales para regular el marketing de alimentos no saludables dirigido a niños y adolescentes²², en tanto que otros países han avanzado con regulaciones parciales. En Chile, la ley ha logrado reducir significativamente el marketing de productos con altos niveles de calorías, azúcares, sodio o grasas, especialmente en los envases de cereales²¹. Sin embargo, en México, a pesar de las restricciones, algunas empresas han encontrado métodos alternativos para promocionar productos dirigidos a este grupo etario, como el uso de personajes animados en redes sociales y envases¹⁷. En cuanto al marketing digital, muchas marcas utilizan plataformas como Tik-Tok, Instagram y Facebook, y estrategias como códigos QR, lo que facilita el acceso a promociones y contenidos dirigidos a infancias^{17,24,25}. Además, el marketing no nutricional, en especial el relacionado con la sustentabilidad, está cobrando fuerza, con adopción de prácticas más eco-amigables para mejorar la imagen de la marca y fidelizar a los consumidores^{26,27}. Con la normativa vigente, se encontraron pocos productos con sello que emplearan marketing nutricional en la etiqueta, siendo los yogures el principal grupo en emplear dicha estrategia. En línea con lo observado en otro estudio local, la industria apeló al fortalecimiento de otras estrategias de marketing nutricional y no nutricional, en las que futuras investigaciones deberían profundizar su monitoreo²⁴.

Una de las fortalezas destacadas de este estudio es el amplio número de bebidas y alimentos envasados analizados, alcanzando casi los 1.000 productos alimenticios, así como la vigencia de

la información recopilada, obtenida poco después de su plena implementación de la ley. Entre las limitaciones de este trabajo hay que considerar la ausencia de validación formal del instrumento utilizado en la recolección de datos, la selección de la muestra por conveniencia, restringida a supermercados del AMBA y priorizando las sucursales más grandes para alcanzar una mayor oferta de productos. En cuanto a la muestra, si bien el mercado de alimentos envasados es similar en todo el país, no es posible generalizar los resultados a nivel nacional por la presencia de marcas propias que se comercializan sólo en algunas regiones y de marcas propias de cada supermercado, quedando excluidas las marcas de supermercados de otras cadenas y de industrias sin tráfico nacional.

En un contexto donde es incipiente la información oficial sobre la implementación de la Ley 27.642 de Promoción de la Alimentación Saludable, los hallazgos de este estudio son fundamentales para establecer un precedente en la evaluación del cumplimiento, proporcionan información clave para orientar la implementación actual de la ley, identificando sus deficiencias, sugiriendo posibles reformulaciones y la adaptación por parte de la industria y de los comercios de venta de alimentos. Como por ejemplo, la necesidad de implementar capacitaciones a todos el personal involucrado en la colocación de productos en góndola en puntos de venta para adecuar la visibilidad de los sellos y mejorar los mecanismos de fiscalización para asegurar un cumplimiento efectivo de la ley.

Esta línea de trabajo incita al fortalecimiento de los mecanismos de monitoreo, fiscalización y sanción para asegurar el cumplimiento efectivo de la normativa, lo cual mejora el grado de aplicación y el impacto de las políticas públicas destinadas a reducir malnutrición en todas sus formas, así como a garantizar el derecho a la salud y a una alimentación adecuada.

CONCLUSIONES

En general, aunque el nivel de incumplimiento en Argentina (15%) es similar al de otros países latinoamericanos, los productos siguen presentando excesos de nutrientes críticos, lo que refleja una exposición continua de la población a alimentos poco saludables. Por otro lado, la escasa visibilidad de los sellos en los puntos de venta, denota deficiencias en la normativa que podría dificultar la eficacia de la ley para reducir el consumo de alimentos no saludables. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de articular mecanismos de control y fiscalización efectivos por parte de la autoridad de aplicación (Ministerio de Salud de la Nación).

AGRADECIMIENTOS

El equipo agradece a Jimena Díaz Carrizo su colaboración en la recolección de datos.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Las contribuciones de los autores fueron las siguientes: AR, MCN y MEZ concibieron y diseñaron el estudio. JC y VC recopilaron los datos. JC, VC y AR analizaron los datos. Todos los autores escribieron el artículo, leyeron y aprobaron el manuscrito final.

FINANCIACIÓN

Esta investigación no recibió ninguna subvención específica de ninguna agencia de financiación, ni del sector comercial o sin fines de lucro. Fue financiada por el Centro de Estudios sobre Nutrición Infantil Dr. Alejandro O'Donnell.

CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno por declarar.

DISPONIBILIDAD DE DATOS

En bancos de datos. Ofrecimiento de datos bajo petición al autor/a de correspondencia

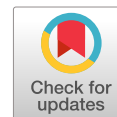
REFERENCIAS

- (1) López-Torres LP, López-Alcaraz F. Los productos ultra-procesados: Implicancias sobre su consumo, avances y retos en América Latina para la salud pública en adultos. *Rev Chil Nutr.* 2022;49(5).
- (2) Khandpur N, Neri DA, Monteiro C, Mazur A, Frelut ML, Boyland E, et al. Ultra-Processed Food Consumption among the Paediatric Population: An Overview and Call to Action from the European Childhood Obesity Group. *Annals of nutrition & metabolism.* 2020;76(2):109-13.
- (3) Poti JM, Mendez MA, Ng SW, Popkin BM. Is the degree of food processing and convenience linked with the nutritional quality of foods purchased by US households? *Am J Clin Nutr.* 2015;101(6):1251-62.
- (4) Zapata ME, Roviroso A, Carmuega E. Consumo de energía y nutrientes críticos según clasificación NOVA en la Argentina, tendencia temporal y diferencias según nivel de ingreso. *Cad Saúde Pública.* 2022;38(5):e00252021.
- (5) Zapata ME, Roviroso A, Carmuega E. Descripción de la ingesta de energía según grado de procesamiento de los alimentos. *Encuesta Nacional de Nutrición y Salud 2018-19. Arch Argent Pediatr.* 2023;121(5).
- (6) Boletín Oficial de la República Argentina. Legislación y Avisos Oficiales. PROMOCIÓN DE LA ALIMENTACIÓN SALUDABLE. Ley 27642 2021. Available from: <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/252728/20211112>
- (7) Poder Judicial de la Nación. Normativa Ley 27642/2021 Argentina. 2021 [cited 2024 Apr 8]. Available from: <https://>

- www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-27642-356607/normas-modifican#:~:text=PROMULGASE%20LA%20LEY%20N%C2%BA%2027.642,26%20DE%20OCTUBRE%20DE%202021
- (8) Brizuela G, Cova M, Monzón J, Varona P. Documento N°35. Ley 27.642 de Promoción de la Alimentación Saludable. Recomendaciones de políticas de fomento a la reformulación de alimentos. 2022.
 - (9) Secretaría de Estudios y Estadísticas. Federación Argentina de Empleados de Comercio y Servicios. Evolución de las principales cadenas de supermercados. Informe Relevamiento. Argentina, 2025. Disponible en <https://www.faecys.org.ar/seye-informe-evolucion-de-las-principales-cadenas-de-supermercados/>
 - (10) Organización Panamericana de la Salud. Modelo de perfil de nutrientes de la Organización Panamericana de la Salud. 2016.
 - (11) Ministerio de Salud. Manual de aplicación rotulado nutricional frontal. Aplicación de la ley N°27642 y el decreto 151/22. 2023.
 - (12) ANMAT CAA. Capítulo V. Artículos: 220 al 246. Normas para la rotulación y publicidad de los alimentos. Argentina: Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica; 2005.
 - (13) Ministerio de Salud. Cumplimiento de la normativa de inclusión de advertencias publicitarias en envases de productos alimenticios en el Perú. Perú: 2021
 - (14) Ministerio de Salud. Hoja Informativa: EVALUACIÓN LEY DE ALIMENTOS N°20.606. Chile: 2019.
 - (15) Rebolledo N, Ferrer-Rosende P, Reyes M, Taillie LS, Corvalán C. Food industry compliance with the display of front-of-package warning labels at the final phase (2020) of Chile's Labeling and Advertising Law. *Am J Public Health*. 2024;114(12): 1398-405. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2024.307812>
 - (16) Morales-Avilez D, Cruz-Casarrubias C, Tolentino-Mayo L, et al. Evaluation of the Accurateness of the Nutritional Labels of Processed and Ultra-Processed Products Available in Supermarkets of Ecuador. *Nutrients*. 2020;12(11).
 - (17) Crosbie E, Otero Alvarez M, Cao M, et al. Implementing front-of-pack nutrition warning labels in Mexico: important lessons for low- and middle-income countries. *Public Health Nutr*. 2023;26(10).
 - (18) Kanter R, Reyes M, Vandevijvere S, Swinburn B, Corvalán C. Anticipatory effects of the implementation of the Chilean Law of Food Labeling and Advertising on food and beverage product reformulation. *Obes Rev*. 2019;20(2).
 - (19) Rodríguez García V, Gómez Dieste P. Changes in the use of non-nutritive sweeteners in sweet foods and beverages after implementation of Law of Promoting Healthy Eating in the city of Buenos Aires, Argentina. *Rev Esp Nutr Hum Diet*. 2024;28(3):220-31. <https://doi.org/10.14306/renhyd.28.3.2186>
 - (20) Zancheta Ricardo C, Corvalán C, Smith Taillie L, Quitral V, & Reyes M. Changes in the Use of Non-nutritive Sweeteners in the Chilean Food and Beverage Supply After the Implementation of the Food Labeling and Advertising Law. *Frontiers in nutrition*. 2021, 8, 773450.
 - (21) Reyes M, Smith Taillie L, Popkin B, Kanter R, Vandevijvere S, Corvalán C. Changes in the amount of nutrient of packaged foods and beverages after the initial implementation of the Chilean Law of Food Labelling and Advertising: A nonexperimental prospective study. *PLoS Med*. 2020;17(7): e1003220.
 - (22) Crosbie E, Gomes F, Olvera J. A policy study on front-of-pack nutrition labeling in the Americas: emerging developments and outcomes. *Lancet Reg Health Am*. 2023;18: 100400. <https://doi.org/10.1016/j.lana.2022.100400>
 - (23) Mediano Stoltze F, Reyes M, Smith T. Prevalence of Child-Directed Marketing on Breakfast Cereal Packages before and after Chile's Food Marketing Law: A Pre- and Post-Quantitative Content Analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(22).
 - (24) Federación Argentina de Graduados en Nutrición (FAGRAN). Incumplimientos en Publicidad, Promoción y Patrocinio en el mercado de la Ley 27642. Relevamiento Regional en Argentina. Reporte de Investigación. 2024.
 - (25) Gómez P, Tamburini C, Rodríguez García V, et al. Brand social media marketing strategies for foods consumed by children and adolescents in Argentina. *Arch Argent Pediatr*. 2023;121(2).
 - (26) Sanyé-Mengual E, Boschiero M, Leite J, et al. Sustainability labelling in the EU food sector: current status and coverage of sustainability aspects. Luxembourg: 2024.
 - (27) Cook B, Costa Leite J, Rayner M, et al. Consumer Interaction with Sustainability Labelling on Food Products: A Narrative Literature Review. *Nutrients*. 2023;15(17).

Revista Española de Nutrición Humana y Dietética

Spanish Journal of Human Nutrition and Dietetics

www.renhyd.org

RESEARCH ARTICLE

Association between central obesity and symptoms of autonomic dysfunction: a cross-sectional study

➤ Asociación entre la obesidad central y los síntomas de disfunción autonómica: un estudio transversal

Ignacio A. Carballo-Tello^a, Lucero Magallanes-Horna^a, Antonio Bernabé-Ortiz^{a,*}

^a Universidad Científica del Sur, Panamericana Sur Km. 19, Villa El Salvador 15067, Lima, Perú.

*abernabeo@cientifica.edu.pe

Assigned Editor: Editor Asignado: Manuel Reig García-Galbis, Universidad de Alicante, Alicante, España.

Recibido: 19/06/2025; Aceptado: 23/09/2025; Publicado: 31/12/2025

KEYWORDS

Abdominal obesity
Dysautonomia
Autonomic nervous system

➤ ABSTRACT

Introduction: Central obesity is associated with diverse complications, including autonomic symptoms; however, there are several diagnostic criteria for defining central obesity. This study aimed to examine the association between central obesity, using two different definitions, and the presence of autonomic dysfunction symptoms in adults.

Methods: Secondary data analysis using information from an observational, cross-sectional study conducted in the North of Peru, between 2016 and 2017. Autonomic symptoms were assessed using the Survey of Autonomic Symptoms, whereas central obesity was defined based on waist circumference, using two different criteria (International Diabetes Federation [IDF] and the Adult Treatment Panel III [ATP III]). Crude and adjusted (for age, sex, education level, and socioeconomic status) Poisson regression models were created to evaluate the association of interest. Prevalence ratios (PR) and 95% confidence intervals (95% CI) were reported.

Results: A total of 1,609 participants were analyzed, with a mean age of 48.2 years (SD: 10.6) and 810 (50.3%) were women. The prevalence of central obesity was 79.4% (95% CI: 77.3%–81.3%) according to IDF criterion, and 45.5% (95% CI: 43.1%–48.0%) based on ATP III criterion. In multivariable model, central obesity as defined by IDF was significantly associated with urinary leakage (PR = 2.12; 95% CI: 1.22–3.69). A significant but weaker association was observed when applying ATP III criteria (PR = 1.47; 95% CI: 1.10–1.97).

Conclusion: Central obesity, as defined by both IDF and ATP III criteria, was significantly associated with autonomic dysfunction symptoms, particularly urinary leakage.

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

Obesidad abdominal

Disautonomía

Sistema nervioso autónomo

Introducción: La obesidad central se asocia con diversas complicaciones, incluyendo síntomas autonómicos; sin embargo, existen varios criterios diagnósticos para definir obesidad abdominal. Este estudio tuvo como objetivo examinar la asociación entre la obesidad central, utilizando dos definiciones diferentes, y la presencia de síntomas de disfunción autonómica en adultos.

Metodología: Análisis de datos secundarios a partir de información de un estudio observacional transversal realizado en el norte del Perú entre 2016 y 2017. Los síntomas autonómicos se evaluaron mediante la Encuesta de Síntomas Autonómicos, mientras que la obesidad central se definió según la circunferencia de la cintura, utilizando dos criterios diferentes (Federación Internacional de Diabetes [IDF] y el Panel de Tratamiento de Adultos III [ATP III]). Se crearon modelos de regresión de Poisson crudos y ajustados (por edad, sexo, nivel educativo y nivel socioeconómico) para evaluar la asociación de interés. Se reportaron razones de prevalencia (RP) e intervalos de confianza del 95% (IC 95%).

Resultados: Se analizaron 1609 participantes, con una edad media de 48,2 años (DE: 10,6), de los cuales 810 (50,3%) eran mujeres. La prevalencia de obesidad central fue del 79,4% (IC del 95%: 77,3%-81,3%) según los criterios de la IDF y del 45,5% (IC del 95%: 43,1%-48,0%) según los criterios del ATP III. En un modelo multivariable, la obesidad central, definida por la IDF, se asoció significativamente con la pérdida urinaria (RP = 2,12; IC del 95%: 1,22-3,69). Se observó una asociación significativa, aunque más débil, al aplicar los criterios del ATP III (RP = 1,47; IC del 95%: 1,10-1,97).

Conclusión: La obesidad central, definida tanto por los criterios de la IDF como por los del ATP III, se asoció significativamente con síntomas de disfunción autonómica, en particular con la pérdida urinaria.

KEY MESSAGES

1. The prevalence of central obesity by the IDF was 79.4%, whereas it was 45.5% by the ATP-III definition.
2. Obesity was more frequent in females, mid-aged subjects, those with low education, unemployed, low physical activity levels, hypertension and type 2 diabetes.
3. Central obesity was associated with a greater prevalence of dizziness, pale skin, colder feet compared to the rest of the body, nausea, vomiting, abdominal distension after a small meal, persistent diarrhea, persistent constipation, and urinary leakage.

CITATION

Carballo-Tello IA, Magallanes-Horna L, Bernabé-Ortiz A. Association between central obesity and symptoms of autonomic dysfunction: a cross-sectional study. Rev Esp Nutr Hum Diet. 2025; 29(4): e2508.
doi: <https://doi.org/10.14306/renhyd.29.4.2508>

INTRODUCTION

Autonomic dysfunction is a malfunctioning of the autonomic nervous system, leading to a diverse group of clinical manifestations^{1,2}: orthostatic symptoms (e.g., dizziness), non-orthostatic symptoms (e.g., excessive sweating), and diffuse symptoms (e.g., fatigue)³. Nevertheless, this condition remains unrecognized due to the symptom's heterogeneity².

Although several tests are available to detect dysautonomia, many are costly or require specialized equipment³. The use of questionnaires or scales may be an economic alternative for identifying dysautonomia symptoms. The Survey of Autonomic Symptoms (SAS), validated in English⁴, is brief and has demonstrated high performance when compared to other tools³, and has been used in Spanish in a previous manuscript⁵. The presence of autonomic symptoms is strongly linked to cardiovascular and neurodegenerative disorders, including Parkinson's disease¹, and metabolic syndrome and obesity⁶.

Obesity affected 968 million individuals globally in 2020, with projections indicating that 1.9 billion individuals will be affected by 2035⁷. Obesity is associated with different complications, but waist circumference is a more effective measure of cardiovascular risk⁸. There are several diagnostic criteria for defining abdominal obesity: the Adult Treatment Panel III (ATP III) defines central obesity with different cutoffs⁹ than those reported by the International Diabetes Federation (IDF) whose cutoff values depending on ethnicity¹⁰.

Excess adipose tissue may contribute to autonomic dysfunction through alterations in both the cardiovascular and endocrine systems^{6,11}. For example, two systematic reviews reported the association between obesity and urinary symptoms (i.e., incontinence) among children, adults and elderly subject^{12,13}. Similarly, a different review reported an association between obesity and cardiac autonomic symptoms (i.e., heart rate variability) among children and adolescents¹⁴. The accumulation of adipose tissue prompts the body to increase cardiac output to meet the metabolic demands of the excess tissue. This adiposity facilitates vascular remodeling, resulting in heightened vascular resistance, leading to the development of arterial hypertension⁶. These changes can impair the delivery of oxygen and nutrients to the nerves precipitating dysfunction within the ANS. Moreover, obesity is strongly linked to insulin resistance and hyperglycemic states², both of which can cause damage to the autonomic system through oxidative stress and the accumulation of advanced glycation end products¹⁵.

Given that more than a quarter of the adult population in Peru is affected by obesity¹⁶, it is crucial to expand research on related pathologies, including autonomic dysfunction. Therefore, the present study aimed to investigate the association between central obesity, defined according to two different criteria, and the presence of autonomic dysfunction symptoms, especially those related to gastrointestinal, urinary, sexual disturbances, and vasomotor and sudomotor function.

METHODS

Study design

A secondary data analysis was performed utilizing data from a population-based observational study. The general objective of the original study was to assess the diagnostic accuracy of various strategies for detecting type 2 diabetes in the general population, and it was conducted between 2016 and 2017¹⁷.

Study setting and population

Data collection was conducted in Tumbes, a semi-urban region in northern Peru with 225,000 inhabitants. Participants were randomly selected from the study area, using information of the most updated census of the region, conducted in 2014. The inclusion criteria of the original study were adults aged 30 to 69 years, full-time residents in the study area (≥ 6 months), and able to understand study procedures. Women who were pregnant at the moment of the study, or those bedridden or with physical disabilities preventing anthropometric measurements were excluded from the study¹⁷.

For the current analysis, participants with complete data (full responses on the SAS and those with waist circumference measurements) were included in the analysis.

Definition of outcomes and covariates

The outcome variable was the presence of autonomic symptoms, according to results of the SAS. This scale assesses the presence and severity of autonomic dysfunction symptoms (gastrointestinal, urinary, sexual disturbances, and vasomotor and sudomotor function)⁴, and comprises 11 items for women and 12 for men. Each item is assessed independently with a binary response option of "yes" (1) or "no" (0). Severity is measured using a Likert scale ranging from 1 (least severe) to 5 (most severe). For analysis purposes, each symptom and the total sum of symptoms were assessed independently.

The exposure of interest was central obesity, assessed through waist circumference (in cm). We utilized the criteria established by IDF and ATP III. Central obesity by IDF was defined as waist circumference ≥ 90 cm in men and ≥ 80 cm in women¹⁰. In contrast, the ATP III defines used other cutoffs: ≥ 102 cm in men and ≥ 88 cm in women⁹. The covariates included in this study were: sex (male or female), age (<40, 40–49, 50–59, and 60+ years), education level (primary, secondary, or higher education), socioeconomic status (based on a wealth index, a composite measure of a household's cumulative living standard, and then split into tertiles: low, middle, and high), current employment status (yes or no), daily tobacco use (consumption of at least one cigarette per day), alcohol consumption (intake of 6 or more bottles of beer or the equivalent

in the past month, categorized as ≤ 1 time or >1 time per month), physical activity levels (assessed using the International Physical Activity Questionnaire [IPAQ] and classified as moderate/high versus low) and consumption of at least one vegetable or fruit per day (yes or no). For descriptive purposes, hypertension, self-reported diagnosis or treatment, or if systolic blood pressure was ≥ 140 mmHg or ≥ 90 mmHg for diastolic blood pressure, and type 2 diabetes, defined as fasting glucose ≥ 126 mg/dL, postprandial glucose ≥ 200 mg/dL, or a prior diagnosis or self-reported specific treatment¹⁸, were also described.

Data Collection

Participants were selected using a sex-stratified sampling method¹⁷. Fieldworkers visited participants' households to assess their eligibility. Eligible individuals were invited to participate, provided written informed consent, and scheduled for an appointment at the local health center. On the scheduled day, fasting status (8 to 12 hours) was verified, and once confirmed, a venous blood sample (7.5 mL) was collected. According to international guidelines, an oral glucose tolerance test was started by the oral administration of 75g of anhydrous glucose in 300 mL of water. As a postprandial blood sample was required two hours later, the participants completed the questionnaire and underwent anthropometric measurements during this waiting period. Blood testing was carried out by a certified Peruvian laboratory located in Lima. Laboratory staff were blinded to results of questionnaires and measurements. Glucose was measured in serum using a Cobas Modular Platform auto-mated analyzer and reagents supplied by Roche Diagnostics. Data collection was conducted using tablets operated by trained personnel and equipped with an application built with Open Data Kit. The questionnaire comprised different sections including demographics, lifestyle behaviors, as well as risk factors. After the application of the questions, anthropometric measurements were taken using a stadiometer for standing height and a bioimpedance device for weight and body composition. Waist circumference was measured three times using a standardized and validated technique as recommended by the WHO¹⁹, with a measuring tape at the midpoint between the costal margin and the iliac crest. Blood pressure and heart rate were also measured in triplicate using a validated OMRON HEM-780 monitor.

Statistical analysis

For this analysis, with a sample of 1600 subjects and assuming a prevalence of autonomic symptoms in non-obese people of 11.4% and among obese people of 22.2%, a ratio between sample sizes of 1 to 2 and a level 95% confidence, there was a power over 90% to detect these differences.

Statistical analysis was performed using STATA 16.0 for Windows, and we followed the STROBE guideline for cross-sectional studies

to report results. Descriptive statistics were presented using means and standard deviations (SD) for continuous variables, and absolute and relative frequencies for categorical variables. Normality of numerical variables were evaluated using the Shapiro-Wilk test. For variables of interest, prevalence and their corresponding 95% confidence intervals (95%CI) were reported.

To examine the associations of interest, crude and adjusted Poisson regression models were built. Confounders were selected a priori based on their role in the association of interest: age, sex, education level, and socioeconomic status were included in adjusted models. These variables were included directly in the final model without using stepwise approaches. Prevalence ratios (PR) and their respective 95%CI were reported.

Finally, linear regression models were utilized to assess the relationship between central obesity and the total score on the SAS utilizing a similar approach as the Poisson regression models. Both crude and adjusted (by age, sex, education level, and socioeconomic status) models were developed, and coefficients (β) with 95%CI were reported.

Ethical statement

The original protocol and informed consent were approved by the Ethics Committees of the London School of Hygiene and Tropical Medicine, UK, and Universidad Peruana Cayetano Heredia, Peru. The current study was reviewed and approved by the Ethics Committee of Universidad Científica del Sur (code: PRE-15-2023-00884).

RESULTS

Study population

In the original study, a total of 2,114 individuals were invited to the study, 486 (22.9%) declined the invitation, 16 (0.8%) were excluded due to pregnancy, and three participants did not complete blood samples. As a result, a total of 1,609 participants were included in the analysis as none was excluded for having incomplete data, mean age of 48.2 (± 10.6) years, and 810 (50.3%) women.

Prevalence of central obesity and associated factors

The prevalence of central obesity by IDF was 79.4% (95%CI: 77.3%–81.3%), whereas it was 45.5% (95%CI: 43.1%–48.0%) by ATP III definition. Obesity, using both definitions, was more frequent among females, mid-aged subjects, those with low education, those unemployed, those without tobacco and alcohol consumption, those with low physical activity levels, those consuming vegetable or fruits, those with hypertension and those with type 2 diabetes (see details in [Table 1](#)).

Table 1. Characteristics of the study population by central obesity criteria

Characteristics	IDF			ATP III		
	No obesity N = 332	Obesity N = 1277	p-value	No obesity N = 876	Obesity N = 733	p-value
Sex						
Male	260 (32.5%)	539 (67.5%)	<0.001	629 (78.7%)	170 (21.3%)	<0.001
Female	72 (8.9%)	738 (91.1%)		247 (30.5%)	563 (69.5%)	
Age						
<40 years	122 (27.7%)	319 (72.3%)	<0.001	275 (62.4%)	166 (37.6%)	<0.001
40 – 49 years	91 (19.0%)	389 (81.0%)		239 (49.8%)	241 (50.2%)	
50 – 59 years	69 (16.9%)	340 (83.1%)		205 (50.1%)	204 (49.9%)	
60 + years	50 (17.9%)	229 (82.1%)		157 (56.3%)	122 (43.7%)	
Education						
Primary	91 (17.5%)	428 (82.5%)	0.03	247 (47.6%)	272 (52.4%)	<0.001
Secondary	176 (23.5%)	573 (76.5%)		445 (59.4%)	304 (40.6%)	
Higher education	65 (19.1%)	276 (80.9%)		184 (54.0%)	157 (46.0%)	
Socioeconomic status						
Low	124 (23.0%)	416 (77.0%)	0.15	299 (55.4%)	241 (44.6%)	0.25
Medium	114 (20.7%)	436 (79.3%)		284 (51.6%)	266 (48.4%)	
High	94 (18.1%)	425 (81.9%)		293 (56.5%)	226 (43.5%)	
Employment status						
No	49 (9.5%)	469 (90.5%)	<0.001	174 (33.6%)	344 (66.4%)	<0.001
Yes	283 (25.9%)	808 (74.1%)		702 (64.3%)	389 (35.7%)	
Daily tobacco consumption						
No	300 (19.8%)	1217 (80.2%)	0.001	799 (52.7%)	718 (47.3%)	<0.001
Yes	32 (34.8%)	60 (65.2%)		77 (83.7%)	15 (16.3%)	
Alcohol consumption						
≤1 time/month	279 (19.2%)	1177 (80.8%)	<0.001	755 (51.9%)	701 (48.2%)	<0.001
+ 1 time/month	53 (34.6%)	100 (65.4%)		121 (79.1%)	32 (20.9%)	
Physical activity						
Moderate/high	259 (25.8%)	745 (74.2%)	<0.001	621 (61.9%)	383 (38.1%)	<0.001
Low	73 (12.1%)	532 (87.9%)		255 (42.2%)	350 (57.8%)	
At least one vegetable or fruit/day						
No	177 (23.1%)	591 (76.9%)	0.02	440 (57.3%)	328 (42.7%)	0.03
Yes	155 (18.4%)	686 (81.6%)		436 (51.8%)	405 (48.2%)	
Hypertension						
No	281 (23.6%)	911 (76.4%)	<0.001	687 (57.6%)	505 (42.4%)	<0.001
Yes	51 (12.2%)	366 (87.8%)		189 (45.3%)	228 (54.7%)	
Type 2 diabetes						
No	312 (21.8%)	119 (78.2%)	0.001	803 (56.1%)	628 (43.9%)	<0.001
Yes	20 (11.4%)	156 (88.6%)		72 (40.9%)	104 (59.1%)	

Proportions were estimated and shown in rows. P-values were calculated using the Chi-squared test.

Association between central obesity and the presence of autonomic symptoms

The most prevalent autonomic symptom was dizziness (30.2%) whereas the least common was reduced body sweating (1.4%). In crude model, central obesity, by IDF or ATP III, was associated with greater prevalence of dizziness, pale skin, colder feet compared to the rest of the body, nausea, vomiting, abdominal distension after a small meal, persistent diarrhea, persistent constipation, and urinary leakage. However, in multivariable model, obesity by IDF was associated with urinary leakage (PR=2.12; 95%CI: 1.22–3.69, Table 2).

When using the ATP III definition, central obesity was associated with greater prevalence of urinary leakage in adjusted model (PR=1.47; 95%CI: 1.10–1.97, Table 3).

Association between central obesity and the autonomic symptoms scale

When using ATP III, but not IDF definition, a significant association between central obesity and severity of symptoms was observed in the crude model (Table 4). However, in multivariable model, no significant association was found between any definition of central obesity and the SAS total score.

Table 2. Association between central obesity according to the IDF definition and the presence of autonomic dysfunction symptoms

Autonomic dysfunction symptoms	% of autonomic symptoms		Crude model PR (95%CI)	Adjusted model* PR (95%CI)
	No obesity N = 332	Obesity N = 1277		
Dizziness	22.0%	32.3%	1.47 (1.18; 1.83)	1.32 (0.90; 1.42)
Dry mouth and eyes	22.3%	27.6%	1.24 (0.99; 1.54)	1.02 (0.81; 1.28)
Pale skin	2.4%	5.8%	2.40 (1.17; 4.94)	1.67 (0.79; 3.48)
Feet colder than the rest of the body	9.9%	15.5%	1.56 (1.10; 2.21)	0.99 (0.69; 1.43)
Reduce sweating in feet	1.2%	2.1%	1.75 (0.62; 4.98)	1.11 (0.37; 3.30)
Reduce sweating in the body	0.6%	1.6%	2.59 (0.61; 11.07)	1.37 (0.26; 7.11)
Increase sweating in hands	6.0%	5.3%	0.88 (0.54; 1.43)	0.87 (0.51; 1.47)
Nausea, vomiting or abdominal after a small meal	5.4%	9.6%	1.76 (1.09; 2.85)	1.21 (0.72; 2.03)
Persistent diarrhea	4.8%	9.3%	1.93 (1.16; 3.21)	1.51 (0.89; 2.55)
Persistent constipation	16.6%	23.3%	1.40 (1.08; 1.82)	0.93 (0.71; 1.21)
Urinary leakage	3.9%	16.4%	4.18 (2.42; 7.22)	2.12 (1.22; 3.69)
Difficulty achieving an erection (only males)	7.7%	7.8%	1.01 (0.61; 1.69)	0.76 (0.46; 1.27)

PR = Prevalence ratio; 95%CI: 95% confidence intervals. Bolded values are statistically significant. *Adjusted for sex, age, education level, and socioeconomic status.

Table 3. Association between central obesity according to the ATP III definition and the presence of autonomic dysfunction symptoms

Autonomic dysfunction symptoms	% of autonomic symptoms		Crude model PR (95%CI)	Adjusted model* PR (95%CI)
	No obesity N = 876	Obesity N = 733		
Dizziness	24.4 %	37.1 %	1.52 (1.31; 1.76)	1.12 (0.95; 1.32)
Dry mouth and eyes	24.5 %	28.8 %	1.17 (1.00; 1.38)	0.91 (0.75; 1.09)
Pale skin	4.0 %	6.4 %	1.60 (1.05; 2.46)	1.02 (0.63; 1.65)
Feet colder than the rest of the body	10.6 %	18.8 %	1.77 (1.39; 2.26)	1.06 (0.81; 1.38)
Reduce sweating in feet	1.8 %	2.1 %	1.12 (0.56; 2.25)	0.62 (0.29; 1.32)
Reduce sweating in the body	1.1 %	1.6 %	1.43 (0.62; 3.30)	0.64 (0.25; 1.64)
Increase sweating in hands	5.3 %	5.7 %	1.09 (0.73; 1.64)	0.95 (0.59; 1.51)
Nausea, vomiting or abdominal after a small meal	6.4 %	11.5 %	1.79 (1.30; 2.48)	1.12 (0.80; 1.56)
Persistent diarrhea	6.6 %	10.5 %	1.59 (1.14; 2.20)	1.21 (0.84; 1.73)
Persistent constipation	18.8 %	25.5 %	1.35 (1.13; 1.63)	0.80 (0.66; 0.97)
Urinary leakage	7.3 %	21.6 %	2.95 (2.24; 3.88)	1.47 (1.10; 1.97)
Difficulty achieving an erection (only in males)	7.2 %	10.0 %	1.40 (0.82; 2.38)	1.13 (0.67; 1.89)

PR = Prevalence ratio; 95%CI: 95% confidence intervals. Bolded values are statistically significant. *Adjusted for sex, age, education level, and socioeconomic status.

Table 4. Association between central obesity and total scale score and severity

	Crude model	Adjusted model*
	Coefficient (95%CI)	Coefficient (95%CI)
SAS: total score		
Central obesity (IDF)	0.51 (0.34; 0.68)	0.12 (-0.05; 0.29)
Central obesity (ATP III)	0.56 (0.40; 0.72)	0.04 (-0.13; 0.22)
SAS: severity		
Central obesity (IDF)	1.49 (0.93; 2.04)	0.15 (-0.40; 0.69)
Central obesity (ATP III)	1.85 (1.32; 2.40)	0.12 (-0.45; 0.69)

SAS = Survey of autonomic symptoms. Bolded values are statistically significant. *Adjusted for sex, age, education level, and socioeconomic status.

DISCUSSION

According to our results, in multivariable model adjusting for age, sex, education level, and socioeconomic status, an association between central obesity, using two different definitions, and autonomic dysfunction, particularly urinary leakage, has been observed. Additionally, the most common autonomic dysfunction symptoms were dizziness, dry mouth and eyes, and persistent constipation. Finally, based on the IDF definition, nearly 80% of the population exhibited abdominal obesity, whereas the ATP III criteria identified central obesity in about 50% of participants. Abdominal obesity, by the ATP III and IDF criteria, is associated with urinary leakage, as previously documented. Two different systematic reviews have reported results regarding the association between obesity and urinary symptoms. In the first one¹³, 16 reports were meta-analyzed to show that obesity was associated with urgent urinary incontinence but not with stress urinary incontinence among middle-aged and older women. In the second one¹², 11 manuscripts were included in the review, and found association between obesity and enuresis, daytime urinary incontinence and overactive bladders among children and adolescents. In addition, a prospective study involving 840 women reported that general obesity (BMI ≥ 30 kg/m²) was an independent risk factor for both overactive bladder and detrusor overactivity²⁰. Furthermore, an analysis of data from 920 men and women enrolled in the Lower Urinary Tract Dysfunction Symptom Research Network Cohort Study²¹ reported that greater abdominal circumference was positively correlated with an increased risk of urinary incontinence in both sexes, while overactive bladder was observed exclusively in women. Excess visceral adiposity may increase intra-abdominal pressure, imposing direct mechanical strain on the bladder, stretching the pelvic floor, or altering detrusor muscle function, contributing to pelvic organ prolapse, overactive bladder, or urethral hypermobility in women^{20,21}. In men, obesity has been implicated in systemic hyperinsulinemia, which may promote prostatic hypertrophy, resulting in urinary discomfort²².

Although the adjusted model did not reveal a significant association between central obesity and gastrointestinal symptoms, a correlation was observed in the crude model. In a cross-sectional study of 3,866 Saudi participants, obesity was found to be associated with symptoms such as heartburn, nausea, and diarrhea²³, explained by impaired gastric motility, delayed gastric emptying, and increased gastric volume, which have been implicated in the pathogenesis of functional dyspepsia²⁴. Furthermore, obesity has been associated with bile acid malabsorption, accelerated intestinal transit, and gut microbiota dysbiosis²⁵, which may contribute to diarrhea. However, impaired gastric motility has also been suggested as a potential mechanism underlying obesity-related constipation²⁵.

Whereas we found no significant association between central obesity and sudomotor system symptoms, prior research has documented sudomotor dysfunction in individuals with obesity, particularly reduced sweat production²⁶. Although the present research did not consider cardiovascular symptoms, literature has reported that association²⁷. Thus, a study enrolling 1,409 subjects reported an inverse association between waist-to-hip ratio, an obesity marker, and heart rate variability, suggesting autonomic dysregulation of cardiac function²⁸.

Obesity initially affects blood pressure and heart rate regulation, leading to symptoms such as orthostatic hypotension, postural tachycardia, and exercise intolerance. Over time, these cardiovascular disturbances may extend to involve additional systems²⁹. The hyperinsulinemic state associated with obesity activates proinflammatory pathways, promoting reactive oxygen species and inflammatory mediators. These mechanisms result in neuronal damage within the autonomic nervous system, initially impacting the parasympathetic branch and later extending to the sympathetic branch^{15,21}. Besides, the adipose tissue distribution in central obesity results in an increase in intra-abdominal pressure, which contributes to a rise in bladder pressure through mechanical forces²¹.

The current study also revealed a significant variation in the prevalence of central obesity based on the definition applied, highlighting the importance of establishing appropriate parameters and cut-off points specific to Peruvian population. This can have a huge impact on the clinical management of obesity in our context. In Peru, several obesity intervention strategies have been implemented³⁰, but the efficacy of such protocols have not been completely evaluated. Moreover, unlike other international guidelines, these strategies do not encompass the detection and management of obesity-related complications and comorbidities. A pertinent example is the Spanish Guidelines for the Integrated and Multidisciplinary Management of Obesity in Adults (GIRO, for its Spanish acronym), which underscore the critical need for early intervention in individuals with central obesity to prevent cardiovascular and metabolic complications³¹.

This study has certain limitations. As a cross-sectional study, only association and not causality can be established. Moreover, reverse causality can be present as some symptoms may predispose to

obesity. Then, the reliance on questionnaires rather than diagnostic tools for autonomic dysfunction may lead to an underestimation of the presence of dysautonomia. Thus, an under-estimation of the prevalence of autonomic symptoms, due to misclassification, may be present. Furthermore, the questionnaire does not assess cardiovascular abnormalities, which represent the most common form of neuropathy associated with obesity. Similarly, obesity was evaluated using a traditional anthropometric measure (i.e., waist circumference), which remain widely applied but are less precise than more modern approaches such as body fat percentage, bio-impedance analysis, dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA), etc. These latter methods could provide greater accuracy and should be considered in future research. Representativeness can be also a concern as more than 20% of eligible individuals rejected participation. Finally, only some confounders were used in the multivariable model as many of the other potential confounders are in the causal pathway of obesity.

The study, however, benefits from the use of a representative sample from a semi-urban region, allowing the extrapolation of findings to similar populations. The application of two definitions of central obesity provides a broader perspective on excess weight, enabling a comprehensive understanding of its prevalence and its association with autonomic dysfunction.

CONCLUSIONS

Consistent with literature, our study confirms the association between central obesity, using two different definition and urinary leakage. These results emphasize the need for research using more advanced and precise diagnostic techniques for dysautonomia. From the clinical perspective, there is a need to implement strategies to prevent central obesity.

AUTHORS' CONTRIBUTIONS

All authors participated in the writing and approved the final version of this manuscript.

FUNDING

The authors declare that there has been no funding to carry out this study.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors state that there are no conflicts of interest when writing the manuscript.

DATA AVAILABILITY

Data from this study are available upon request from the corresponding author.

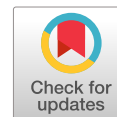
REFERENCES

- (1) Benarroch EE. "Dysautonomia": a plea for precision. *Clin Auton Res.* 2021;31(1):27-29. <https://doi.org/10.1007/s10286-020-00749-3>
- (2) Rocha EA, Mehta N, Távora-Mehta MZP, Roncari CF, Cidrão AAL, Elias Neto J. Dysautonomia: A Forgotten Condition - Part 1. *Arq Bras Cardiol.* 2021;116(4):814-835. <https://doi.org/10.36660/abc.20200420>
- (3) de Azevedo Vieira ARS, Porto-Dantas LB, do Prado Romani FA, Carvalho PS, Pop-Busui R, Pedrosa HC. Autonomic neuropathic symptoms in patients with diabetes: practical tools for screening in daily routine. *Diabetol Metab Syndr.* 2023;15(1):83. <https://doi.org/10.1186/s13098-023-01036-7>
- (4) Zilliox L, Peltier AC, Wren PA, Anderson A, Smith AG, Singleton JR, et al. Assessing autonomic dysfunction in early diabetic neuropathy: the Survey of Autonomic Symptoms. *Neurology.* 2011;76(12):1099-105. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3182120147>
- (5) Angeles-Zurita G, Narro-Fuentes M, Bernabé-Ortiz A. Association between blood glucose levels and autonomic symptoms in Peru. *Prim Care Diabetes.* 2022;16(5):709-713. <https://doi.org/10.1016/j.pcd.2022.08.006>
- (6) Guarino D, Nannipieri M, Iervasi G, Taddei S, Bruno RM. The Role of the Autonomic Nervous System in the Pathophysiology of Obesity. *Front Physiol.* 2017;8:665. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00665>
- (7) World Health Organization. WHO acceleration plan to stop obesity. Geneva, Switzerland: WHO; 2023.
- (8) Ross R, Neeland IJ, Yamashita S, Shai I, Seidell J, Magni P, et al. Waist circumference as a vital sign in clinical practice: a Consensus Statement from the IAS and ICCR Working Group on Visceral Obesity. *Nat Rev Endocrinol.* 2020;16(3):177-189. <https://doi.org/10.1038/s41574-019-0310-7>
- (9) Grundy SM, Cleeman JI, Daniels SR, Donato KA, Eckel RH, Franklin BA, et al. Diagnosis and management of the metabolic syndrome: an American Heart Association/National Heart, Lung, and Blood Institute Scientific Statement. *Circulation.* 2005;112(17):2735-52. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.169404>
- (10) Alberti KG, Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ, Cleeman JI, Donato KA, et al. Harmonizing the metabolic syndrome: a joint interim statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; and International Association for the Study of Obesity. *Circulation.* 2009;120(16):1640-5. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.192644>
- (11) Espinoza-Salinas A, González-Jurado J, Burdiles-Álvarez A, Arenas-Sánchez G, Zafra-Santos E. Autonomous activity behavior and its relationship with obesity. *Med Int Mex* 2021; 37(4): 572-9. <https://doi.org/10.24245/mim.v37i4.3463>

- (12) Rho BY, Lee SW, Lee YS, Kim SW. Association between overweight and lower urinary tract symptoms in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *J Pediatr Urol.* 2025;21(5):1087-1097. <https://doi.org/10.1016/j.jpurol.2025.07.005>
- (13) Shang X, Fu Y, Jin X, Wang C, Wang P, Guo P, et al. Association of overweight, obesity and risk of urinary incontinence in middle-aged and older women: a meta epidemiology study. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2023;14:1220551. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1220551>
- (14) Papadopoulos GE, Balomenou F, Sakellariou XM, Tassopoulos C, Nikas DN, Giapros V, et al. Autonomic Function in Obese Children and Adolescents: Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med.* 2024;13(7):1854. <https://doi.org/10.3390/jcm13071854>
- (15) Yu TY, Lee MK. Autonomic dysfunction, diabetes and metabolic syndrome. *J Diabetes Investig.* 2021;12(12):2108-2111. <https://doi.org/10.1111/jdi.13691>
- (16) Instituto Nacional de Estadística e Informática. Perú: Enfermedades No Transmisibles y Transmisibles 2022. Lima, Perú: INEI, 2023.
- (17) Bernabé-Ortiz A, Perel P, Miranda JJ, Smeeth L. Diagnostic accuracy of the Finnish Diabetes Risk Score (FINDRISC) for undiagnosed T2DM in Peruvian population. *Prim Care Diabetes.* 2018;12(6):517-525. <https://doi.org/10.1016/j.pcd.2018.07.015>
- (18) American Diabetes Association Professional Practice Committee. 2. Diagnosis and Classification of Diabetes: Standards of Care in Diabetes-2024. *Diabetes Care.* 2024;47(Suppl 1):S20-S42. <https://doi.org/10.2337/dc24-S002>
- (19) World Health Organization. Waist circumference and waist-hip ratio: report of a WHO expert consultation (Geneva, 8–11 December 2008). Geneva, Switzerland: WHO, 2011.
- (20) Zacche MM, Giarenis I, Thiagamoorthy G, Robinson D, Cardozo L. Is there an association between aspects of the metabolic syndrome and overactive bladder? A prospective cohort study in women with lower urinary tract symptoms. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 2017;217:1-5. <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2017.08.002>
- (21) Lai HH, Helmuth ME, Smith AR, Wiseman JB, Gillespie BW, Kirkali Z, et al. Relationship Between Central Obesity, General Obesity, Overactive Bladder Syndrome and Urinary Incontinence Among Male and Female Patients Seeking Care for Their Lower Urinary Tract Symptoms. *Urology.* 2018;123:34-43. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2018.09.012>
- (22) Lee RK, Chung D, Chughtai B, Te AE, Kaplan SA. Central obesity as measured by waist circumference is predictive of severity of lower urinary tract symptoms. *BJU Int.* 2012;110(4):540-545. <https://doi.org/10.1111/j.1464-410X.2011.10819.x>
- (23) Alkhowaiter S, Alotaibi RM, Alwehaibi KK, Aljohany A, Alruhaimi B, Almasaad M, et al. The Effect of Body Mass Index on the Prevalence of Gastrointestinal Symptoms Among a Saudi Population. *Cureus.* 2021;13(9):e17751. <https://doi.org/10.7759/cureus.17751>
- (24) Ghusn W, Cifuentes L, Campos A, Sacoto D, De La Rosa A, Feris F, et al. Association Between Food Intake and Gastrointestinal Symptoms in Patients With Obesity. *Gastro Hep Adv.* 2023;2(1):121-128. <https://doi.org/10.1016/j.gastha.2022.07.019>
- (25) Emerenziani S, Guarino MPL, Trillo Asensio LM, Altomare A, Ribolsi M, Balestrieri P, et al. Role of Overweight and Obesity in Gastrointestinal Disease. *Nutrients.* 2019;12(1):111. <https://doi.org/10.3390/nu12010111>
- (26) Keller N, Zádori J, Lippai B, Szöllösi D, Márton V, Wellinger K, et al. Cardiovascular autonomic and peripheral sensory neuropathy in women with obesity. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2024;15:1386147. <https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1386147>
- (27) Rastović M, Srdić-Galić B, Barak O, Stokić E. Association between anthropometric measures of regional fat mass and heart rate variability in obese women. *Nutr Diet.* 2017;74(1):51-60. <https://doi.org/10.1111/1747-0080.12280>
- (28) Yi SH, Lee K, Shin DG, Kim JS, Kim HC. Differential association of adiposity measures with heart rate variability measures in Koreans. *Yonsei Med J.* 2013;54(1):55-61. <https://doi.org/10.3349/ymj.2013.54.1.55>
- (29) Williams SM, Eleftheriadou A, Alam U, Cuthbertson DJ, Wilding JPH. Cardiac Autonomic Neuropathy in Obesity, the Metabolic Syndrome and Prediabetes: A Narrative Review. *Diabetes Ther.* 2019;10(6):1995-2021. <https://doi.org/10.1007/s13300-019-00693-0>
- (30) Ministerio de Salud. Documento Técnico: Plan Nacional de Prevención y Control del Sobrepeso y Obesidad en el contexto de la COVID-19, 2022. Lima, Peru: MINSA, 2022.
- (31) Lecube A, Azriel S, Barreiro E, et al. Guía Española GIRO: Guía Española del manejo integral y multidisciplinar de la Obesidad en personas adultas: Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad (SEEDO), 2024.

Revista Española de Nutrición Humana y Dietética

Spanish Journal of Human Nutrition and Dietetics

www.renhyd.org

RESEARCH ARTICLE

Investigation of Orthorexia in Breastfeeding Mothers, Adaptation of Orthorexia Nervosa Revised Scale into Turkish

➤ Investigación de la Ortorexia en madres lactantes, adaptación de la escala revisada de ortorexia nervosa al turco

Meral Irem^{a,*}, Gülcan Arusoğlu^b

^a Department of Nutrition and Dietetics, Faculty of Health Sciences, İzmir Kâtip Çelebi University, İzmir, Türkiye.

^b Department of Nutrition and Dietetics, School of Health, Kırklareli University, Kırklareli, Türkiye.

*dytiremhelvacioglu@gmail.com

Assigned Editor: Fanny Petermann-Rocha, Universidad Diego Portales, Santiago, Chile.

Received: 05/07/2025; Accepted: 10/11/2025; Published: 31/12/2025

KEYWORDS

Orthorexia Nervosa
Breastfeeding Mothers
ORTO-R Scale
Validity
Reliability

➤ ABSTRACT

Introduction: The growing emphasis on healthy eating has led to orthorexia nervosa, a pathological obsession with food quality, particularly affecting women. Breastfeeding mothers, concerned with optimal infant nutrition, may be especially at risk. This study aimed to translate the Orthorexia Nervosa Revised Scale (ORTO-R) into Turkish, evaluate its validity and reliability, and determine orthorexic tendencies among breastfeeding mothers.

Methods: A cross-sectional study was conducted from January to December 2023 in five family health centres in Afyonkarahisar, Turkey, with 388 breastfeeding mothers recruited via simple random sampling. Data were collected using the Turkish ORTO-R, EAT-26, and EDE-Q Short Form. Psychometric evaluation included pilot testing, content validity, EFA, CFA, and reliability via Cronbach's alpha and split-half methods. Analyses were performed in SPSS 27.0 ($p < 0.05$).

Results: Mean ORTO-R score was 16.36 (4.77). EFA retained all items and revealed a two-factor structure; CFA indicated good fit ($\chi^2/df = 0.93$, RMSEA = 0.00). Cronbach's alpha was 0.724; Spearman-Brown and Guttman split-half coefficients were 0.703 and 0.692, confirming internal consistency. Mean EAT-26 and EDE-Q Short Form scores were 11.07 (10.22) and 1.66 (1.11), respectively. Significant positive correlations were observed between ORTO-R, EAT-26, and EDE-Q Short Form scores ($p < 0.05$).

Conclusions: The Turkish ORTO-R scale is valid and reliable for assessing orthorexic tendencies in breastfeeding mothers.

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

Ortorexia nerviosa

Madres lactantes

Escala ORTO-R

Validez

Fiabilidad

Introducción: El creciente énfasis en la alimentación saludable ha dado lugar a la ortorexia nerviosa, una obsesión patológica por la calidad de los alimentos que afecta especialmente a las mujeres. Las madres lactantes, preocupadas por la nutrición óptima de sus bebés, pueden correr un riesgo especial. El objetivo de este estudio fue traducir la Escala Revisada de Ortorexia Nerviosa (ORTO-R) al turco, evaluar su validez y fiabilidad, y determinar las tendencias ortoréxicas entre las madres lactantes.

Metodología: Se llevó a cabo un estudio transversal entre enero y diciembre de 2023 en cinco centros de salud familiar de Afyonkarahisar (Turquía), con 388 madres lactantes reclutadas mediante muestreo aleatorio simple. Los datos se recopilaban utilizando la ORTO-R turca, la EAT-26 y la EDE-Q Short Form. La evaluación psicométrica incluyó pruebas piloto, validez de contenido, EFA, CFA y fiabilidad mediante los métodos alfa de Cronbach y split-half. Los análisis se realizaron en SPSS 27.0 ($p < 0,05$).

Resultados: La puntuación media del ORTO-R fue de 16,36 (4,77). El EFA conservó todos los ítems y reveló una estructura de dos factores; el CFA indicó un buen ajuste ($\chi^2/df = 0,93$, RMSEA = 0,00). El alfa de Cronbach fue de 0,724; los coeficientes de Spearman-Brown y Guttman de mitad dividida fueron de 0,703 y 0,692, lo que confirma la consistencia interna. Las puntuaciones medias del EAT-26 y del EDE-Q Short Form fueron de 11,07 (10,22) y 1,66 (1,11), respectivamente. Se observaron correlaciones positivas significativas entre las puntuaciones de ORTO-R, EAT-26 y EDE-Q Short Form ($p < 0,05$).

Conclusión: La escala ORTO-R turca es válida y fiable para evaluar las tendencias ortoréxicas en madres lactantes.

KEY MESSAGES

1. The ORTO-R scale was successfully adapted into Turkish and demonstrated good validity and reliability among breastfeeding women.
2. The two-factor structure of ORTO-R was confirmed by exploratory and confirmatory factor analyses with strong model fit indicators.
3. Breastfeeding mothers showed orthorexic tendencies, with significant links to marital status, education, and occupation.
4. ORTO-R scores positively correlated with both EAT-26 and EDE-Q scores, indicating shared disordered eating patterns.

CITATION

Irem M, Arusoğlu G. Investigation of Orthorexia in Breastfeeding Mothers, Adaptation of Orthorexia Nervosa Revised Scale into Turkish. Rev Esp Nutr Hum Diet. 2025; 29(4): e2527.
doi: <https://doi.org/10.14306/renhyd.29.4.2527>

INTRODUCTION

In recent years, awareness of the importance of healthy eating has steadily increased in modern societies. This growing awareness influences people's eating habits and shapes their perception of body image. For some individuals, however, the pursuit of healthy eating can lead to obsessive thoughts and behaviours. As a result, various eating disorders, such as anorexia nervosa, bulimia nervosa, and orthorexia nervosa (an obsession with healthy eating), can occur¹.

Orthorexia nervosa is characterised by restrictive and compulsive behaviours related to healthy eating². In other words, it involves pathological attitudes towards healthy food choices³. Individuals with orthorexic tendencies are primarily concerned with the quality rather than the quantity of food⁴. Although the exact prevalence of orthorexia nervosa remains unclear, global studies suggest that it ranges from 6.9% to 75.2%, depending on factors such as gender and occupation⁵. Some studies have found that women are at a higher risk than men^{6,7}.

Women, particularly those of childbearing age, may be at an increased risk of developing orthorexia nervosa due to the emphasis placed on healthy eating, concerns about weight, and the physiological changes that occur during this period. Postpartum psychological and physiological changes can also elevate orthorexic tendencies, with breastfeeding mothers being at a higher risk than non-breastfeeding mothers, likely due to concerns about producing high-quality milk^{8,9}. Restrictive diets focused on 'healthy eating' can lead to nutritional deficiencies in children, suggesting that the offspring of mothers with orthorexia nervosa may adopt similar restrictive behaviours, thereby increasing their risk of developing an eating disorder in the future^{10,11}. Early intervention and maternal awareness are therefore critical for public health.

However, research on orthorexic tendencies in breastfeeding mothers is very limited. Accurate assessment of this phenomenon across populations requires the linguistic and cultural adaptation of measurement instruments. Psychometric analyses demonstrate that a scale can consistently and appropriately measure the intended construct, thereby ensuring the comparability and generalisability of findings. Accordingly, this study aimed to translate the Revised Orthorexia Nervosa Scale (ORTO-R), a revision of the ORTO-15, into Turkish, and to evaluate its validity and reliability among breastfeeding mothers. The study also examined whether the scale's linguistic and cultural adaptation enables reliable identification of orthorexic tendencies in this population.

METHODS

Study Design

This cross-sectional study was conducted between January and December 2023 in five family health centres in the city center of Afyonkarahisar, Turkey. A two-phase observational design was

applied. The study aimed to evaluate the descriptive characteristics of breastfeeding mothers and to assess the validity and reliability of the Revised Orthorexia Nervosa Scale (ORTO-R) in Turkish.

Participants and Sampling

The study included 27,115 women aged 18 years and older who gave birth between 2019 and 2021. A priori power analysis using G*Power 3.1.9.2 (effect size $f = 0.3$, $\alpha = 0.05$, power = 0.80) indicated a required sample of 379 participants, providing statistical justification for the study sample. However, the survey was ultimately administered to 388 breastfeeding mothers in the study 2 (main study). Inclusion criteria were: having a child aged 0–3 years, being 18 years or older, residing in Afyonkarahisar, and being literate. Exclusion criteria included having stopped breastfeeding, being under 18 years old, or submitting incomplete or incorrectly completed surveys.

Instruments and Procedures

ORTO-R Scale Translation and Adaptation

The ORTO-R is a revised form of ORTO-15 developed by Radoslaw Rogoza and Lorenzo M. Donini¹². The Turkish adaptation of ORTO-15 was previously conducted by Arusoğlu, who created the ORTO-11 version¹³. The revision addressed the unstable factorial structure observed in earlier adaptations. ORTO-R includes six best-performing items from ORTO-15, rated on a five-point Likert scale (1 = never, 5 = always), with higher scores indicating greater orthorexic tendencies. Unlike ORTO-15, no reverse scoring is applied.

The six ORTO-R items were first translated into Turkish by a student and then independently by three academic translators (a dietitian, an English specialist, and a medical doctor). The versions were tested with 24 participants to determine clarity, and the most comprehensible translation was finalized. Two independent translators then performed back-translation into English. Finally, three experts evaluated each item for clarity on a three-point scale ("appropriate," "appropriate but should be modified," "not appropriate"). Based on this process, the final Turkish version of ORTO-R was established.

Eating Attitudes Test-26 (EAT-26):

The EAT-26 was adapted to Turkish by Ergüney Okumuş & Sertel Berk¹⁴. The test includes three sections: A (demographic data), B (26 items on eating habits), and C (five items on behaviors during the past six months). Only section B is scored (0–3 scale), with item 26 reverse-coded. Sections A and C are descriptive and not included in scoring.

Eating Disorder Examination Questionnaire – Short Form (EDE-Q Short Form):

The EDE-Q Short Form was adapted to Turkish by Esin & Ayyıldız¹⁵. The Turkish EDE-Q Short Form comprises 13 items and five

subscales, and scores range from 0 to 6. Higher scores indicate greater eating-related psychopathology.

Study 1. Pilot Study

The finalized Turkish ORTO-R scale was tested on 30 participants in family health centres. Reliability analyses were conducted, including calculation of Cronbach's alpha and item-total correlation coefficients. Following the pilot study, no modifications were made to the scale prior to administration in the main survey.

Reliability Analysis:

Internal consistency was assessed with Cronbach's alpha and split-half reliability. In the main study, alpha coefficients were calculated for the entire scale and with each item removed. For the split-half method, items (2, 3, 5) and (1, 4, 6) were analyzed separately, and Spearman-Brown and Guttman coefficients were computed.

Validity Analysis:

Construct validity was evaluated using Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) and Bartlett's tests, confirming data suitability for factor analysis. EFA (Varimax rotation) and CFA were performed, with Scree plot, fit indices, and path diagrams used for interpretation. Content validity was assessed by five experts using Lawshe's method. Items were rated for appropriateness, and Content Validity Ratio (CVR) and Index (CVI) were calculated accordingly.

Variables

The dependent variable in this study was the ORTO-R score, which reflects orthorexic tendencies. The independent variables were age, body mass index (BMI), marital status, educational level, occupation, number of children and duration of breastfeeding. Sociodemographic and clinical covariates, such as height and weight, were also recorded.

Statistical Analysis

Data were analyzed using SPSS for Windows version 27.0. Descriptive statistics of participants and scores on the ORTO-R, EAT-26, and EDE-Q short form were presented as frequencies and percentages. The normality of the data distribution was first assessed using the Shapiro-Wilk test. Since the data were found to be normally distributed, relationships between ORTO-R scores and descriptive variables were analyzed using one-way ANOVA with Tukey HSD post hoc tests, independent samples t-tests, and Pearson correlation coefficients. Statistical significance was set at $p < 0.05$.

Ethical Considerations

Ethical approval was obtained from the Non-Interventional Research Ethics Committee of Kırklareli University (29.12.2022; approval number: E-69456409-199-73137), and necessary permissions were obtained from the Afyonkarahisar Provincial Health Directorate.

RESULTS

Study 1. Pilot Study

The reliability of the ORTO-R scale was initially tested in a pilot study with 30 breastfeeding mothers. During the pilot, participants were presented with three independent Turkish translation versions of the scale, and feedback was collected to determine the most understandable version. Following this, no modifications were made to the scale before administration in the study 2 (main study). The Cronbach's alpha coefficient for the pilot study was 0.52. All items showed item-total correlations above 0.30, and no items were excluded.

Study 2. Main Study

Descriptive Statistics

Descriptive information about the breastfeeding mothers who participated in the study is shown in Table 1. The mean age of the participants was 33.92(5.93) years; 51.8% were aged 31-36 years. Of the participants, 95.9% were married, while 2.8% were divorced and 1.3% were single. In terms of educational background, 40.9% were $\geq$ bachelor's degree and 23.1% had completed high school or equivalent. The majority of women were housewives (52.8%) and had 2 children (51.8%).

Validity

The suitability of factor analysis was confirmed by a KMO value of 0.728 and a significant Bartlett's test ($p < 0.005$). The construct validity of the ORTO-R scale was supported by both EFA and CFA. Items contributed 43.9–78% to the total variance. Eigenvalues greater than 1 indicated a two-factor structure. Factor 1 (items 1, 4, 5 and 6) explained 42.48%, while Factor 2 (items 2 and 3) explained 18.04%. Together, these factors explained 60.5% of the total variance. All factor loadings exceeded 0.40 and no cross-loading or redundant items were identified (Table 2).

CFA was applied to test the structure identified by EFA. The correlation coefficient between the two factors was 0.15, which is within the acceptable reference value (< 0.85). The CFA results for the two-factor structure established according to the EFA, indicating that all values fall within the desired reference range and the model demonstrates a good fit. ($\chi^2/df = 0.93$, RMSEA = 0.000, CFI = 1.00, TLI = 1.00, IFI = 1.00, NFI = 0.957, RFI = 0.90).

Content validity was assessed by submitting the scale to five academic experts. Using the Lawshe technique, all items were rated as 'adequate' (A), resulting in content validity ratios (CVR) and content validity indices (CVI) of +1. This indicates that the scale achieved content validity.

Table 1. Descriptive Characteristics of the Participants

Variable	n	%
Age		
18–24	15	3.9
25–30	68	17.5
31–36	201	51.8
37–42	70	18.0
43–48	32	8.2
49–54	2	0.5
Marital Status		
Married	372	95.9
Divorced	11	2.8
Single	5	1.3
Educational Level		
Primary School	35	9.0
Middle School	71	18.2
High School or Equivalent	90	23.1
Associate Degree	30	7.7
≥Bachelor's Degree	159	40.9
None	3	0.7
Occupation		
Housewife	205	52.8
Education Sector	20	5.2
Health Sector	64	16.5
Worker	5	1.3
Civil Servant	41	10.6
Number of Children		
1	111	28.6
2	201	51.8
3	51	13.1
4 or more	25	6.4
BMI		
Underweight	16	4.1
Normal weight	200	51.5
Overweight	115	29.6
Obese	57	14.6
	<i>x</i> (SD)	Median (min-max)
Body Weight	66,91(13,70)	64,50 (43-140)

Table 2. Factor Loadings from the Varimax Method

Item	Factor 1	Factor 2
1)Are you rigid and restrictive dietary choices conditioned by your worry about your health status?)	0,69	
4)In the last three months, did the thoughts of food make you feel guilt, ashamed and anxious?	0,61	
5)Does thinking about food excessively worry you for more than three hours a day?	0,75	
6)Does eating healthy food changes your lifestyle (frequency of eating out, friends,...)?	0,74	
2)Would you agree that eating healthy food increases your self-esteem?		0,88
3)Do you believe that strict consuming only of healthy food may improve your appearance?		0,79
Eigenvalue	2,072	1,560
Variance %	34,53	26
Cumulative Variance %	34,53	60,53

Reliability

The study included 388 participants. The ORTO-R demonstrated good internal consistency (Cronbach's $\alpha = 0.724$; factors 1 and 2: 0.686 and 0.665, respectively). Item-total correlations ranged from 0.662 to 0.713, indicating that no items needed to be removed. Split-half reliability ($\alpha = 0.56$ –0.61), as well as the Spearman-Brown (0.703) and Guttman (0.692) coefficients, confirmed that the internal consistency was sufficient (Table 3).

Correlation Data of All Scales

Table 4 shows the mean, minimum and maximum scores for the ORTO-R, EAT-26 and EDE-Q short form. The EDE-Q evaluates the severity and scope of eating disorder symptoms, including restraint, eating habits, and concerns about body shape and weight. Higher scores suggest a greater degree of psychopathology. The EAT-26 is a screening tool for identifying individuals at risk of disordered eating behaviours and attitudes, with higher scores reflecting more pronounced symptoms.

Table 3. Reliability of the ORTO-R Scale and Factor Structure

Scale / Factor	Cronbach's α	Item-Total Correlation	Split-Half α	Spearman-Brown	Guttman Split-Half
ORTO-R (Total)	0.724	0.662–0.713	–	–	–
Factor 1 (Items 1,4,6)	0.686	–	0.56	0.703	0.692
Factor 2 (Items 2,3,5)	0.665	–	0.61	–	–

Table 4. Descriptive Statistics for ORTO-R total and subscale, EAT-26, EDE-Q Short Form Scores (mean, minimum, maximum)

ORTO-R	$\bar{x}$ (SD)	Min	Max
Factor 1			
1)Are you rigid and restrictive dietary choices conditioned by your worry about your health status?	2,03(0,94)	1	4
4)In the last three months, did the thoughts of food make you feel guilt, ashamed and anxious?	2,38(1,40)	1	5
5)Does thinking about food excessively worry you for more than three hours a day?	1,97(1,19)	1	5
6)Does eating healthy food changes your lifestyle (frequency of eating out, friends,...)?	2,58(1,28)	1	5
Factor 2			
2)Would you agree that eating healthy food increases your self-esteem?	3,81(1,29)	1	5
3)Do you believe that strict consuming only of healthy food may improve your appearance?	3,70(1,33)	1	5
Scale	16,36(4,77)	6	29
EAT-26	11,07(10,22)	0	54
EDE-Q Short Form	1,66(1,11)	0,2	5,2

The study found that higher ORTO-R scores were associated with increased orthorexic behaviors. ORTO-R showed a moderate, positive correlation with EAT-26 and EDE-Q, and weak but significant correlations with BMI and body weight. A positive relationship between EAT-26 and EDE-Q indicated that abnormal eating attitudes rise with eating disorder severity. While EDE-Q correlated positively with age, BMI, and weight, EAT-26 showed no such associations. Overall, orthorexic tendencies and eating disorders were interrelated and linked to body size (Table 5).

DISCUSSION

This study aimed to validate and confirm the reliability of the ORTO-R scale for use with breastfeeding mothers. This is the first study to examine the validity and reliability of the Turkish version of the scale in this target group.

A total of 388 breastfeeding women with children aged 0–3 years took part in the study, achieving an average ORTO-R score of 16.36 (4.77). There are limited studies on the ORTO-R in the literature. One Turkish study reported a mean score of 17.09 (2.70)¹⁶, while another Turkish study reported a lower mean score of 13.2 (3.3)¹⁷. Participants' mean age was 33.92 (5.93) years, compared to 30.6 (4.24) years in a study that compared breastfeeding and non-breastfeeding mothers¹⁰. In our study, no significant association was found between age and mean orthorexia scores. Similarly,

one study of breastfeeding mothers reported no significant relationship, while another study found a negative association, with orthorexic tendencies decreasing with increasing age⁹.

The participants' mean BMI was 25.16(5.36). A significant positive correlation was found between BMI and mean orthorexia scores, suggesting that participants with a higher BMI exhibited higher orthorexic tendencies. Postpartum women often experience increased body dissatisfaction due to physical changes, which can impact eating behaviours and lead to disordered eating. While one study found no significant relationship between BMI and orthorexia in pregnant and breastfeeding/non-breastfeeding women¹⁰, another study reported that a higher BMI was associated with increased orthorexic tendencies¹⁸.

Our study has proposed a two-factor structure instead of a single-factor structure, while maintaining the original number of items. The two factors identified in our study explain 60.5% of the variance. The KMO value was found to be 0.728, and the Bartlett's sphericity test was statistically significant, indicating that the data are suitable for factor analysis. Our results are consistent with previous studies conducted in Lebanon and Turkey. In one study, the ORTO-R scale was evaluated with a KMO value of 0.57, a Bartlett's p-value of <0.05 and an explained variance of 50.07%¹⁹. In another study, the ORTO-R scale was assessed, showing a KMO value of 0.718, a Bartlett's p-value of less than 0.001 and an explained variance of 68.21%²⁰. Another study evaluated the ORTO-R scale, showing a

Table 5. Pearson Correlation Between Participants' ORTO-R, EAT-26, EDE-Q Short Form Scores, Age, BMI, and Body Weight

Variables		ORTO-R	EAT-26	EDE-Q	Age	BMI	Body Weight
ORTO-R	r	1					
	p	-					
EAT-26	r	0,462*	1				
	p	<0,001	-				
EDE-Q	r	0,398*	0,392*	1			
	p	<0,001	<0,001	-			
Age	r	0,49	0,61	0,192*	1		
	p	0,332	0,277	<0,001	-		
BMI	r	0,156*	0,65	0,358*	0,102	1	
	p	0,002	0,199	<0,001	0,45	-	
Body Weight	r	0,149*	0,088	0,401*	0,137*	0,938*	1
	p	0,003	0,085	<0,001	0,007	<0,001	-

P<0,05

KMO value of 0.62, a Bartlett's p-value of less than 0.001, and an explained variance of 63.13%¹⁷.

Structural validity was evaluated using both EFA and CFA. The CFA goodness-of-fit indices indicated an acceptable model fit, with the following values: $\chi^2/df = 0.93$, RMSEA = 0.00, NFI = 0.957, RFI = 0.90, IFI = 1.00, TLI = 1.00 and CFI = 1.00. There was a correlation of 0.15 between the two factors. These results are consistent with those of previous studies, in which the original English version of the ORTO-R showed a CFI of 0.976 and an RMSEA of 0.057, while the Arabic version showed a CFI of 0.96 and an RMSEA of 0.077^{19,21}.

Content validity was assessed using the Lawshe technique with five experts (three nutrition and dietetics specialists and two food technology academics), yielding a content validity index (CVI) of 1.00. Reliability analysis showed a Cronbach's alpha of 0.72 for the entire scale, 0.68 for Factor 1 and 0.66 for Factor 2. This indicates good overall reliability and is consistent with the Arabic adaptation ($\alpha = 0.78$)²².

In the Greek adaptation, omega coefficients ranged from 0.65 to 0.75, with values of 0.70 and 0.65 for the ORTO-15 and ORTO-R, respectively²³. A Turkish study, however, reported a lower value of 0.64 for Cronbach's alpha⁷. In our study, Cronbach's alpha remained stable after items were removed, confirming the reliability of the original scale. Split-half reliability yielded alpha coefficients of 0.61 and 0.56, with Spearman-Brown and Guttman coefficients of 0.703 and 0.69, respectively, which also support internal consistency. Pearson correlation analysis revealed a significant positive correlation between ORTO-R and both the EAT-26 and the EDE-Q short form ($r = 0.462$, $p < 0.001$), indicating that individuals exhibiting disordered eating behaviours are more likely to exhibit orthorexic tendencies. While previous studies have reported an increase in orthorexic tendencies with higher EAT-26 scores, some findings suggest that individuals with lower EAT-26 scores exhibit higher orthorexic tendencies^{24,25}.

Pearson's correlation analysis revealed a significant positive correlation between the EDE-Q short form total and subscale scores and the ORTO-R ($r = 0.398$, $p < 0.001$), suggesting a growing correlation between the two measures. Significant positive correlations were observed between the ORTO-R and the 'restrained eating', 'body shape and weight concerns', 'binge eating' and 'purging' subscales. However, the relationship with 'body dissatisfaction' was positive, yet not significant. Previous research has also reported a significant positive correlation between the EDE-Q and the ORTO-R ($r = 0.620$, $p < 0.001$)²⁶.

Correlation analysis between the EDE-Q and the EAT-26 revealed a significant positive relationship ($r = 0.392$, $p < 0.001$), with positive correlations observed for the 'restrained eating' and 'body shape and weight concerns' subscales. Non-significant negative and positive relationships were observed for the 'body dissatisfaction', 'binge eating', and 'purging' subscales. Earlier studies have also reported positive and significant correlations between the EAT-26 and the EDE-Q, for the total score and for the restriction, body concern and weight concern subscales ($r = 0.31$ – 0.512 , $p < 0.01$)²⁷.

Strengths

This study has several strengths. A large sample of 388 breastfeeding mothers improved generalisability. The Turkish ORTO-R scale was developed through a two-phase design, including a pilot study. Multiple validated instruments enabled comprehensive assessment, while structural validity was tested with factor analyses and reliability with internal consistency and split-half methods. Content validity was ensured through expert evaluation and the Lawshe technique. Together, these methods confirm the scale's validity and reliability in this population.

Limitations

Despite its contributions, this study has several limitations. Firstly, the cross-sectional design prevents any conclusions about causality being drawn. Secondly, conducting face-to-face surveys in family health centres may have introduced response biases, including social desirability bias. Thirdly, while this is the first study to examine the Turkish ORTO-R in breastfeeding mothers, the sample size is limited to one city, which may affect how generalisable the findings are. Finally, self-reported data on eating behaviours and anthropometric measures may be subject to reporting errors. Further studies using longitudinal designs and more diverse populations are needed to confirm these findings.

CONCLUSIONS

This study is the first to assess the validity and reliability of the Turkish ORTO-R scale in breastfeeding mothers. Unlike the original single-factor structure, the Turkish version revealed two factors. EFA indicated KMO = 0.728, Bartlett's $\chi^2 = 169.134$, $p < 0.001$, $Z = 28.12$, with cumulative variance of 60.5% (Factor 1: 42.48%, Factor 2: 18.04%) and factor loadings of 0.61–0.75 and 0.79–0.88, confirmed by Varimax rotation. CFA demonstrated excellent fit ($\chi^2/df = 0.93$, RMSEA = 0.000, NFI = 0.957, IFI = 1.00, TLI = 1.00, CFI = 1.00), and content validity was high (KGI = 1.00).

Reliability analyses showed Cronbach's alpha of 0.724 (Factor 1: 0.686, Factor 2: 0.665), item-deleted alphas 0.662–0.713, and split-half reliability with Spearman-Brown = 0.703 and Guttman = 0.692. ORTO-R correlated positively with EAT-26 ($r = 0.462$, $p < 0.001$), indicating higher orthorexic tendencies in participants with disordered eating behaviours.

Overall, the Turkish ORTO-R is a valid and reliable tool for assessing orthorexic tendencies in breastfeeding mothers, supporting early identification and intervention in clinical and public health settings.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are grateful to all individuals who participated in this study.

AUTHORS' CONTRIBUTIONS

Study conception and design: I.M and G.A, Data collection: I.M Data analysis and interpretation: I.M. Drafting of the article: G.A and I.M. Critical revision of the article: G.A. and I.M

FUNDING

The authors declare that there has been no funding to carry out this study.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors state that there are no conflicts of interest when writing the manuscript.

DATA AVAILABILITY

Data from this study are available upon request from the corresponding author.

REFERENCES

- (1) Şengül R, Hocaoglu Ç. Ortoreksiya Nervosa nedir? Tanı ve tedavi yaklaşımları. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi. 2019;14(2):101-4. <https://doi.org/10.17517/ksutfd.441380>
- (2) Koven NS, Wabry A. The clinical basis of orthorexia nervosa: Emerging perspectives. Neuropsychiatr Dis Treat. 2015;11:385-94. <https://doi.org/10.2147/NDT.S61665>
- (3) Cheshire A, Berry M, Fixsen A. What are the key features of orthorexia nervosa and influences on its development? A qualitative investigation. Appetite. 2020;155. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2020.104798>
- (4) Ormanci N. Kadınların beslenme alışkanlıklarının ve ortoreksiya nervosa ilişkisi: KKTC örneği. Kadınların sağlıklı beslenme takıntıları İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi. 2022:223-9.
- (5) Zagaria A, Vacca M, Cerolini S, Ballesio A, Lombardo C. Associations between orthorexia, disordered eating, and obsessive-compulsive symptoms: A systematic review and meta-analysis. International Journal of Eating Disorders. 2022. <https://doi.org/10.1002/eat.23654>
- (6) Yeşil E, Turhan B, Tatan D, Şarahman C, Saka M. Yetişkin bireylerde cinsiyetin ortoreksiya nervosa eğilimine etkisi. Ankara Sağlık Bilimleri Derg. 2018;7(1):1-9. <https://doi.org/10.46971/ausbid.438858>
- (7) Pfennig M. A study on the relationship between orthorexia nervosa and body dissatisfaction: what role does gender identity play? University of Twente, 2023.
- (8) İpkırmaz Bİ, Saka M. Gebelerin sağlıklı beslenme takıntısı (ortoreksiya nervosa) ve yeme tutumlarının değerlendirilmesi. Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi. 2020;5(1): 17-30.
- (9) Ayhan Başer D, Cankurtaran M. The assessment of the orthorexia nervosa tendencies among postpartum women. Konuralp Tıp Dergisi. 2021;13(2). <https://doi.org/10.18521/ktd.777632>
- (10) Fenercioğlu Eken T, Ayhan Başer D, Kasım İ, Şencan İ, Özkara A. Is there a relationship between breastfeeding status and life style changes, eating behaviors, attitudes, and orthorexia nervosa tendencies of mothers? A web-based study. Int J Clin Pract. 2021;75(6). <https://doi.org/10.1111/ijcp.14098>
- (11) Aslantaş Ertekin B. Yeme bozukluğu hastalarında aile ortamının ve aile işlevselliğinin değerlendirilmesi. 2010.
- (12) Ergüney-Okumuş FE, Sertel-Berk HÖ. Yeme Tutum Testi Kısa Formunun (YTT-26) Üniversite Örnekleminde Türkçeye Uyarlanması ve Psikometrik Özelliklerinin Değerlendirilmesi. Psikoloji Çalışmaları / Studies in Psychology. 2020:57-78. <https://doi.org/10.26650/sp2019-0039>

- (13) Esin K, Ayyıldız F. Validity and reliability of the Turkish version of the Eating Disorder Examination Questionnaire (EDE-Q-13): short-form of EDE-Q. *J Eat Disord.* 2022;10(1). <https://doi.org/10.1186/s40337-022-00628-4>
- (14) Karakas N, Kapikiran G, Kartal M. Orthorexia Nervosa Tendencies of Liver Transplant Patients Receiving Immunosuppressant Treatment: A Cross-Sectional Study. s. f. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8248750>
- (15) Kamarli Altun H, Özyıldırım C, Koç Ş, Aksoy HN, Sağır B, Bozkurt MS, et al. The factors associated with orthorexia nervosa in type 2 diabetes and their effect on diabetes self-management scores. *Eating and Weight Disorders.* 2023;28(1). <https://doi.org/10.1007/s40519-023-01552-5>
- (16) Bağcı Bosi AT, Çamur D, Güler Ç. Prevalence of orthorexia nervosa in resident medical doctors in the faculty of medicine (Ankara, Turkey). *Appetite.* 2007;49(3):661-6. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2007.04.007>
- (17) Hallit S, Brytek-Matera A, Obeid S. Orthorexia nervosa and disordered eating attitudes among Lebanese adults: Assessing psychometric proprieties of the ORTO-R in a population-based sample. *PLoS One.* 2021;16(8 August). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254948>
- (18) Obeid S, Hallit S, Akel M, Brytek-Matera A. Orthorexia nervosa and its association with alexithymia, emotion dysregulation and disordered eating attitudes among Lebanese adults. *Eating and Weight Disorders.* 2021;26(8). <https://doi.org/10.1007/s40519-021-01112-9>
- (19) Rogoza R, Donini LM. Introducing ORTO-R: a revision of ORTO-15. *Eating and Weight Disorders - Studies on Anorexia, Bulimia and Obesity.* 2021;26(3). <https://doi.org/10.1007/s40519-020-00924-5>
- (20) Rogoza R, Mhanna M, Gerges S, Donini LM, Obeid S, Hallit S. Validation of the Arabic version of the ORTO-R among a sample of Lebanese young adults. *Eating and Weight Disorders.* 2022;27(6). <https://doi.org/10.1007/s40519-021-01350-x>
- (21) Gkiouras K, Grammatikopoulou MG, Tsaliki T, Ntwali L, Nigdelis MP, Gerontidis A, et al. Orthorexia nervosa: replication and validation of the ORTO questionnaires translated into Greek in a survey of 848 Greek individuals. *Hormones.* 2022;21(2). <https://doi.org/10.1007/s42000-022-00351-4>
- (22) Arusoğlu G. Sağlıklı beslenme takıntısı (ortoreksiya) belirtilerinin incelenmesi, orto-15 ölçeğinin uyarlanması. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2006.
- (23) Demir G, Savucu Y. Üniversite öğrencilerinde ortoreksiya nervosa sıklığının belirlenmesi (spor bilimleri fakültesi örneği). *Spor Eğitim Dergisi.* 2022;6(1):1-13. <https://doi.org/10.55238/seder.1001872>
- (24) Christodoulou E, Markopoulou V, Koutelidakis AE. Exploring the link between mindful eating, instagram engagement, and eating disorders: A focus on orthorexia nervosa. *Psychiatry International.* 2024;5(1). <https://doi.org/10.3390/psychiatryint5010003>
- (25) Gündüz B. Gebelik dönemindeki ilişkilerin ilişki doyumu ve algılanan sosyal destek düzeyinin kaygı, yeme durumu ve gelişimi ile ilişkisinin incelenmesi. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, 2022.
- (26) Plichta M, Rogoza R. Comparing Questionnaires for Assessing Orthorexic Thoughts and Behaviors in College Students. *J Behav Health Serv Res.* 2025. <https://doi.org/10.1007/s11414-025-09957-z>
- (27) Otani M, Hiraide M, Horie T, Mitsui T, Yoshida T, Takamiya S, et al. Psychometric properties of the Eating Disorder Examination-Questionnaire and psychopathology in Japanese patients with eating disorders. *Int J Eat Disord.* 2021;54(2):203-211. <https://doi.org/10.1002/eat.23452>