

ALAN-VE ISSN 0004-0622
ISSN-e:2309-5806
Depósito Legal: pp 199602DF83

ALAN

Volumen 75, N°3
Julio - Septiembre 2025

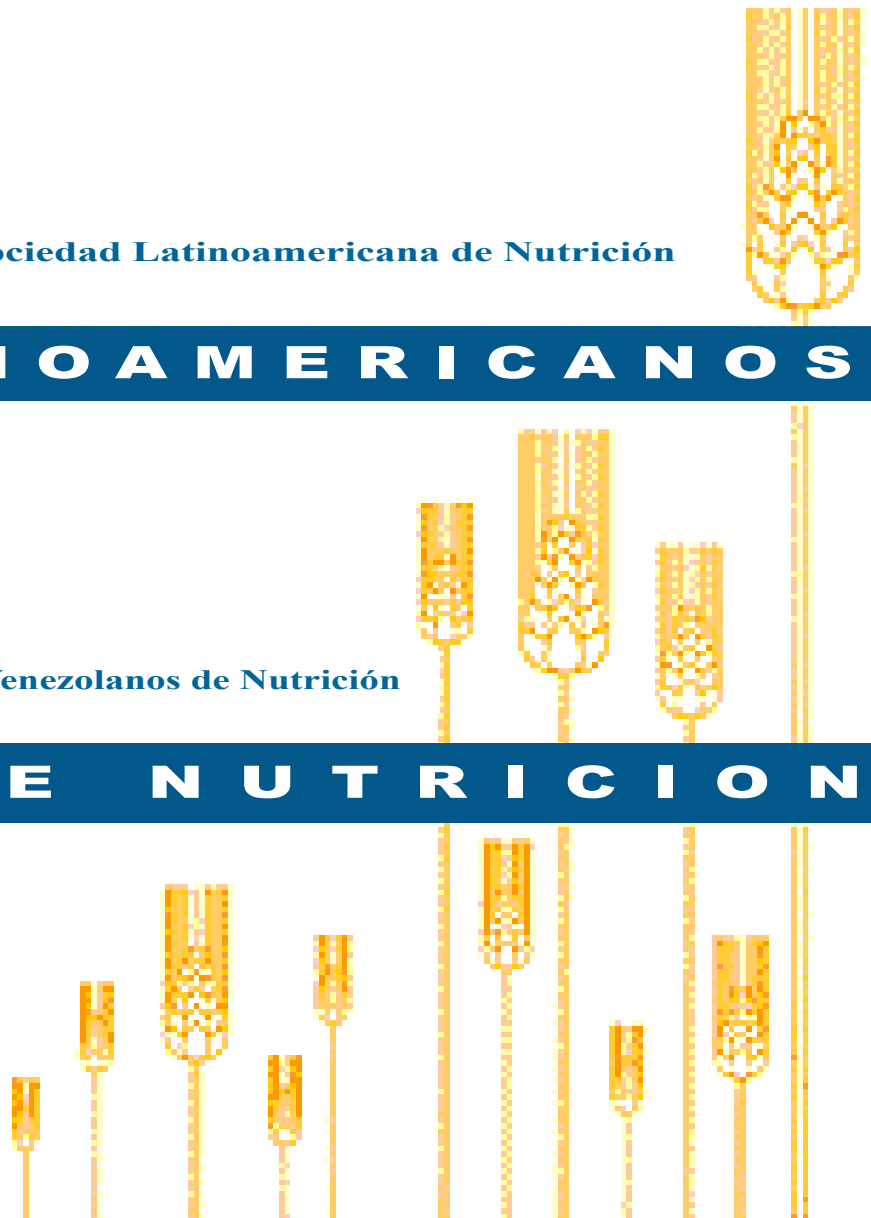
A R C H I V O S

Revista de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición

L A T I N O A M E R I C A N O S

Continuación de Archivos Venezolanos de Nutrición

D E N U T R I C I O N



ALAN-VE ISSN0004-0622
Depósito Legal: pp 199602DF83

Archivos Latinoamericanos de Nutrición, es la revista oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición (SLAN) que se edita desde 1966, cuando el Instituto Nacional de Nutrición de Venezuela transfirió, a la recién creada Sociedad Latinoamericana de Nutrición la revista Archivos Venezolanos de Nutrición que se publicaba desde 1950.

Archivos Latinoamericanos de Nutrición (Arch Latinoamer Nutr / ISSN 0004-0622, ISSN-e: 2309-5806), es una revista Ibero Latinoamericana revisada por pares. Publica editoriales, artículos originales, artículos breves, revisiones sistemáticas y narrativas, artículos especiales y cartas al editor, sobre temas de alimentación, nutrición humana, bioquímica nutricional aplicada, nutrición clínica, pública y comunitaria, educación en nutrición, ciencia y tecnología de alimentos, microbiología de alimentos, entre otras.

Todos los manuscritos presentados a la revista deben ser originales, que no estén en consideración simultánea en otro lugar y no infrinjan los derechos de propiedad intelectual de ninguna persona u organización. Archivos Latinoamericanos de Nutrición publica artículos en tres idiomas: español, inglés y portugués y tiene una frecuencia de publicación trimestral en los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre, respectivamente.

Archivos Latinoamericanos de Nutrición está registrado en ASEREME e indizado en Web of Science Citation Index (SCI), Scopus, Citescore, Scimago, H-index, Directory of Open Access Journal (DOAJ), Latindex, Scientific Electronic Library Online (SciELO), Literatura Latinoamericana en Ciencias de la Salud (LILACS/BVS). También se encuentra incluida en ICDS-Miar, Google Scholar, PERIODICA, The Keepers, WorldCat Biblat, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), Directory of Open Access Scholarly Resources (ROAD), REVENCYT, OCLC WorldCat, SCILITR, Electronic Journals Library EZB y el Repositorio Institucional Saber-UCV. Además, hace uso de las herramientas o plataformas de Crossref, Dimensions, AURA, Publons, Reviewer Credits y ResearchGate.

La revista Archivos Latinoamericanos de Nutrición se edita en Venezuela desde 1992, bajo la responsabilidad del Capítulo Venezolano de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición. La Fundación Bengoa, el Centro de Atención Nutricional Infantil Antímamo, CANIA y el Instituto Nacional de Nutrición respaldan esta publicación. La oficina editorial de la revista se encuentra en las instalaciones de la Fundación Bengoa en la ciudad de Caracas.

The Latin American Nutrition Archives is the official journal of the Latin American Nutrition Society (SLAN) that has been published since 1966, when the National Institute of Nutrition of Venezuela transferred, to the recently created Latin American Nutrition Society, the Venezuelan Nutrition Archives journal, which is published since 1950.

The Latin American Nutrition Archives (Arch Latinoamer Nutr / ISSN 0004-0622, ISSN-e: 2309-5806) is a peer reviewed Ibero Latin American journal. It publishes editorials, original articles, short articles, systematic reviews and narratives, special articles, that letters to the editor, on topics of diet, human nutrition, applied nutritional biochemistry, clinical, public and community nutrition, nutrition education, food science and technology, food microbiology, among others.

All manuscripts submitted to the journal must be original, not under simultaneous consideration elsewhere, that does not infringe the intellectual property rights of any person or organization. The Latin American Nutrition Archives publishes articles in three languages: Spanish, English and Portuguese and is published quarterly in the months of March, June, September, and December, respectively.

Latin American Nutrition Archives is registered in ASEREME and indexed in Web of Science Citation Index (SCI), Scopus, Citescore, Scimago, H-index, Directory of Open Access Journal (DOAJ), Latindex, Scientific Electronic Library Online (SciELO), Latin American Literature in Health Sciences (LILACS/BVS). It is also included in ICDS-Miar, Google Scholar, PERIODICA, The Keepers, WorldCat Biblat, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), Directory of Open Access Scholarly Resources (ROAD), REVENCYT, OCLC WorldCat, SCILITR, Electronic Journals Library EZB, Saber-UCV Repository. In addition, it makes use of the tools or platforms of Crossref, Dimensions, AURA, Publons, Reviewer Credits and ResearchGate.

The Latin American Nutrition Archives journal has been published in Venezuela since 1992, under the responsibility of the Venezuelan Chapter of the Latin American Nutrition Society. The Bengoa Foundation, the Antímamo Child Nutrition Care Center, CANIA and the National Institute of Nutrition support this publication. The editorial office of the journal is in the facilities of the Bengoa Foundation in the city of Caracas.

Dirección: Centro Seguros La Paz, piso 4, Oficina E-41C, sector La California, Avenida Francisco de Miranda, Municipio Sucre, Caracas, Venezuela. Teléfono: (0212) 2351824. Apartado 62.778. Chacao, Caracas 1060. Venezuela.

Correo electrónico: info@alanrevista.org

Página web: www.alanrevista.org

Diagramación y montaje: Ana María Reyes. Teléfono: (0412) 3950405

Portada: Chavez & López, Diseño Gráfico. Caracas, Venezuela. Teléfono: (0212) 2855529

Página web: [Nexus Radical® - web@nexusradical.com](http://NexusRadical.com)

Archivos Latinoamericanos de Nutrición

Revista Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición

VOL 75

JULIO - SEPTIEMBRE 2025

Nº 3

Contenido

Páginas

ARTÍCULOS ORIGINALES

Actividad antioxidante, hemolítica y toxicidad de alimentos ultraprocesados consumidos frecuentemente por niños en México

Heydy Dayanara González-Pérez, María M. Romero-Chávez, Edgar Iván Jiménez-Ruiz, María Marcela Robles-Machuca, María T. Sumaya-Martínez..... 152

Association of liver enzymes and lipid profile with body fat distribution in Mexican university students

Edith Valbuena-Gregorio, Marco Antonio López-Mata, Francisco Javier Olivas-Aguirre, Adriana Alejandra Márquez-Ibarra, Brianda Joanna Armenta-Guirado, Andrea Arreguin Coronado..... 163

Desayunos dominicanos con textura modificada para pacientes con disfagia

Yanilka Yulisa Alcántara Marte, Yulisa Yanilka Alcántara Marte, Yesenia María Ramírez Del Rosario, Madeline Mariel Reynoso Fabián, Martín Medrano..... 175

Factores psicosociales asociados a la calidad dietética en estudiantes universitarios del sureste de México: un análisis según identidad étnica

María del Pilar Ramírez-Díaz, Edna Isabel Rodríguez-López, Yolanda Campos-Uscanga, Ana María González-Ponce, Jorge Fernando Luna-Hernández..... 184

ARTICULOS DE REVISIÓN

Alergias alimentarias: aspectos clave para su definición, diagnóstico y tratamiento nutricional

M Camila Dávila López, Sandra L Restrepo-Mesa, Anghy M Burgos-Salazar, Carlos Chinchilla, Carlos Hugo Torres Salinas, Luis Miguel Becerra-Granados, Guadalupe Morales de León, Caterine Henao Roldan..... 196

Importancia de la agrobiodiversidad en el consumo alimentario en regiones rurales: Una revisión sistemática

Magali Martínez-Villanueva, Mónica Navarro-Meza, Neiber Maldonado-Suárez..... 209

Expossoma alimentar: conceitos, métodos de avaliação e impactos sobre a saúde. Revisión narrativa

Carla Soraya Costa Maia, Karine CM Sena-Evangelista, Maria Dinara de Araújo Nogueira, Juliana Raissa Oliveira Ricarte, Eduardo De Carli, Cecília Zanin Palchetti, Dirce Maria Marchioni..... 222

Archivos Latinoamericanos de Nutrición

Official Publication of the Latin American Society of Nutrition

VOL 75

JULY - SEPTEMBER 2025

N° 3

Contents

Pages

ORIGINAL ARTICLE

Antioxidant, hemolytic activity and toxicity of ultraprocessed foods frequently consumed by children in Mexico

Heydy Dayanara González-Pérez, María M. Romero-Chávez, Edgar Iván Jiménez-Ruiz, María Marcela Robles-Machuca, María T. Sumaya-Martínez..... 152

Association of liver enzymes and lipid profile with body fat distribution in Mexican university students

Edith Valbuena-Gregorio, Marco Antonio López-Mata, Francisco Javier Olivas-Aguirre, Adriana Alejandra Márquez-Ibarra, Brianda Joanna Armenta-Guirado, Andrea Arreguin Coronado..... 163

Dominican breakfasts with modified texture for patients with dysphagia

Yanilka Yulisa Alcántara Marte, Yulisa Yanilka Alcántara Marte, Yesenia María Ramírez Del Rosario, Madeline Mariel Reynoso Fabián, Martín Medrano..... 175

Factors associated with diet quality in college students: differences by ethnic identity

María del Pilar Ramírez-Díaz, Edna Isabel Rodríguez-López, Yolanda Campos-Uscanga, Ana María González-Ponce, Jorge Fernando Luna-Hernández..... 184

REVIEW ARTICLE

Food allergies: key aspects for their definition, diagnosis and nutritional treatment

M Camila Dávila López, Sandra L Restrepo-Mesa, Anghy M Burgos-Salazar, Carlos Chinchilla, Carlos Hugo Torres Salinas, Luis Miguel Becerra-Granados, Guadalupe Morales de León, Caterine Henao Roldan..... 196

Importance of agrobiodiversity in food consumption in rural regions:

A systematic review






Magali Martínez-Villanueva, Mónica Navarro-Meza, Neiber Maldonado-Suárez..... 209

Exposoma alimentar: conceitos, métodos de avaliação e impactos sobre a saúde.

Revisión narrativa

Carla Soraya Costa Maia, Karine CM Sena-Evangelista, Maria Dinara de Araújo Nogueira, Juliana Raissa Oliveira Ricarte, Eduardo De Carlí, Cecília Zanin Palchetti, Dirce Maria Marchioni..... 222

Actividad antioxidante, hemolítica y toxicidad de alimentos ultraprocesados consumidos frecuentemente por niños en México

Heydy Dayanara González-Pérez¹ , María M. Romero-Chávez¹ , Edgar Iván Jiménez-Ruiz¹ ,
María Marcela Robles-Machuca¹ , María T. Sumaya-Martínez¹ .

Resumen: Actividad antioxidante, hemolítica y toxicidad de alimentos ultraprocesados consumidos frecuentemente por niños en México. **Introducción:** México es el segundo país consumidor de alimentos ultraprocesados (AU) en América Latina, dichos alimentos contienen aditivos, colorantes y conservadores que pueden repercutir en carcinogenicidad, citotoxicidad e inducción de estrés oxidativo. **Objetivo.** El objetivo de este estudio fue evaluar la actividad antioxidante, actividad hemolítica y toxicidad de AU de consumo frecuente en niños de 5 a 11 años en México. **Materiales y métodos.** La capacidad antioxidante de 13 AU de consumo frecuente por niños en etapa escolar en México fue determinada por diversos métodos: ORAC, ABTS^{•+}, DPPH[•], FRAP y actividad quelante. Además, se determinó la actividad hemolítica en un modelo *in vitro* con eritrocitos humanos y la toxicidad *in vivo* en *Drosophila melanogaster*. **Resultados:** Los AU presentaron actividad antioxidante, destacando alimentos como CK (cereal de arroz inflado), CC (chorizo de cerdo), TF (botana de maíz enchilado) y dos dulces enchilados (LM y SS). Esta actividad es atribuida a los aditivos, colorantes y antioxidantes sintéticos presentes en ellos. La mayor toxicidad *in vitro* e *in vivo* se observó en LM, CC y TF, causaron una mayor hemólisis y reducción de la sobrevivencia de *Drosophila melanogaster*, afectando la proporción sexual y retrasando el desarrollo de dichos organismos. **Conclusiones:** Algunos de los AU analizados mostraron toxicidad *in vitro* e *in vivo*. Ante el aumento del consumo de AU en México y siendo la población infantil quien ingiere los AU analizados, se requiere diseñar políticas públicas que faciliten el acceso a alimentos saludables a los niños en etapa escolar. **Arch Latinoam Nutr 2025; 75(3): 152-162.**

Palabras clave: Actividad antioxidante, toxicidad, alimentos ultraprocesado.

Abstract: Antioxidant, hemolytic activity and toxicity of ultra-processed foods frequently consumed by children in Mexico. **Introduction:** Mexico is the second largest consumer of ultra-processed foods (UPFs) in Latin America. These products contain additives, colorants, and preservatives that may contribute to carcinogenicity, cytotoxicity, and the induction of oxidative stress. **Objective.** This study aimed to evaluate the antioxidant activity, hemolytic activity, and toxicity of ultra-processed foods (UPFs) commonly consumed by children aged 5 to 11 years in Mexico. **Materials and methods.** The antioxidant capacity of 13 UPFs commonly consumed by school children in Mexico was evaluated using different assays, including ORAC, ABTS^{•+}, DPPH[•], FRAP, and metal chelating activity. Hemolytic activity was assessed using an *in vitro* model with human erythrocytes, while *in vivo* toxicity was evaluated in *Drosophila melanogaster*. **Results.** The UPFs exhibited antioxidant activity, particularly in products such as puffed rice cereal (CK), pork chorizo (CC), a spicy corn snack (TF), and two spicy candies (LM and SS). This activity was mainly attributed to the presence of additives, colorants, and synthetic antioxidants. The highest *in vitro* and *in vivo* toxicity was observed in LM, CC and TF, causing greater hemolysis and reduced survival of *Drosophila melanogaster*, as well as alterations in sex ratio and delayed organismal development. **Conclusions.** Some of the UPFs analyzed in this study exhibited both *in vitro* and *in vivo* toxicity. Considering the increasing consumption of UPFs in Mexico, and the fact that school-aged children represent the primary consumers of these products, there is a pressing need for public policies that promote the accessibility of healthier food options for this population. **Arch Latinoam Nutr 2025; 75(3): 152-162.**

Keywords: Antioxidant activity, toxicity, ultra-processed foods.

Introducción

Los alimentos ultraprocesados (AU) pueden contener una alta cantidad de grasas saturadas, potenciadores de sabor, colorantes, conservadores, sal y azúcares simples, además, son bajos en fibra alimentaria, proteínas, micronutrientes

¹Maestría en Ciencias en Biotecnología, Unidad de Tecnología de Alimentos, Área Ciencias Biológico Agropecuarias y Pesqueras, Secretaría de Investigación y Posgrado, Universidad Autónoma de Nayarit; Ciudad de la Cultura S/N, C.P. 63000 Tepic, Nayarit, México. Autor para la correspondencia: María Teresa Sumaya Martínez, e-mail: teresa.sumaya@uan.edu.mx



y otros compuestos bioactivos. Estos representan una problemática para la salud humana por su bajo valor nutricional, alto contenido calórico y de aditivos, lo cual puede ocasionar repercusiones sociales, culturales, económicas y ambientales, en especial cuando representan una proporción sustancial y cada vez mayor del suministro de alimentos en los individuos (1,2).

El consumo de AU en México ha aumentado progresivamente, del año 2007 al 2017 la venta de AU aumentó en un 29.2 %, aproximadamente el 30% de la ingesta diaria de energía de los mexicanos provino de estos alimentos. Para el año 2012, entre el 34 y 35% de niñas, niños y adolescentes tenía sobrepeso (3). Por otro lado, ciertas características organolépticas incorporadas a este tipo de alimentos pueden distorsionar los mecanismos de conexión entre el aparato digestivo y el cerebro, responsables de enviar la señal de saciedad y controlar el apetito, lo que lleva a un consumo excesivo (4).

La ingesta de este tipo de alimentos provoca el aumento de la formación de radicales libres, lo cual genera un desbalance entre la velocidad de formación y la neutralización por parte del sistema antioxidante endógeno del organismo, dando lugar a lo que se conoce como estrés oxidativo (EO). Si la ingesta de antioxidantes en la dieta (exógenos) está restringida por el alto consumo de AU, se puede promover aún más el EO, lo que puede producir severos daños a nivel celular (5). El EO es responsable de la degeneración celular, debido a las reacciones químicas de los radicales libres con proteínas, lípidos y DNA (ácido desoxirribonucleico), produciendo en milisegundos un daño irreversible que puede generar cambios en el tejido y eventualmente muerte celular (6,7).

En los AU, los antioxidantes sintéticos como BHA (hidroxianisol butilado), BHT (hidroxitolueno butilado) y el BHQT (butilhidroquinona terciaria) son utilizados para retardar la rancidez oxidativa de grasas y aceites, sin embargo, su consumo excesivo podría producir carcinogenicidad, citotoxicidad, inducción de estrés oxidativo y efectos de alteración endocrina (8-10).

Los límites máximos de cada antioxidante sintético agregado en los AU de acuerdo con la ingesta diaria aceptable (IDA) establecida en el *Codex Alimentarius* es de: BHA (40-400 mg/kg o 1000 mg/L), BHT (24-400 mg/kg o 1000 mg/L) y BHQT (100-200 mg/kg). Casi el 30% del total de los alimentos que derivan de la canasta básica mexicana no mencionan el tipo de antioxidante utilizado y más del 81% no mencionan la concentración (11).

Los conservadores como benzoato de sodio y sorbato de potasio son frecuentemente utilizados en los AU y cuando son consumidos en altas cantidades (560 mg/kg y 25 mg/kg, respectivamente) pueden producir alergenicidad, citotoxicidad y genotoxicidad (12,13). La toxicidad de diversos colorantes sintéticos usados en alimentos ya ha sido reportada, sin embargo, mientras algunos colorantes como el rojo No. 2 y No. 40 se han prohibido en Austria, Japón, Noruega y Suecia; el rojo No. 40 aún se encuentra en escrutinio en Estados Unidos. El alto consumo de colorantes azoicos en los caramelos (tales como tartrazina, rojo allura AC, negro brillante BN y marrón HT) pueden afectar el desarrollo neurológico, aumentar el estrés oxidativo, ser carcinógenos y afectar el comportamiento de niños presentando hiperactividad, inquietud y trastornos del sueño. Se ha reportado que diversos colorantes sintéticos, principalmente de la gama de rojos, pueden presentar también actividad antioxidante (14).

México ocupa el 2° lugar en países de mayor consumo de AU en América Latina (15), sin embargo, en el etiquetado de los alimentos no se señala la concentración exacta de colorantes, aditivos, saborizantes y conservadores sintéticos que contiene dicho alimento. El alto consumo de AU puede contribuir a la ingesta descontrolada de aditivos como conservadores, aromatizantes, colorantes, saborizantes, edulcorantes y antioxidantes sintéticos; pudiendo ser esto un riesgo en la salud pública, principalmente en la población infantil, ya que además de tener menor peso, también están en una etapa de crecimiento y desarrollo y se pueden alterar algunas funciones fisiológicas. Cabe mencionar que no existe información relacionada sobre las características antioxidantes, hemolíticas o tóxicas de los AU que frecuentemente consumen los niños escolares. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar la actividad antioxidante, actividad hemolítica y toxicidad de AU de consumo frecuente en niños de 5 a 11 años en México. Esto puede proporcionar información que pueda ser de utilidad para determinar el efecto del consumo de éstos en la salud de la población pediátrica en edad escolar.

Materiales y métodos

Este trabajo de investigación se realizó entre septiembre del 2023 y noviembre del 2024, en las instalaciones de la Unidad de Tecnología de los Alimentos de la Universidad Autónoma de Nayarit, México. Fue un estudio experimental completamente aleatorio, todas las determinaciones fueron realizadas por triplicado.

Selección de alimentos ultraprocesados

Para la selección de los AU se utilizó la base de datos de productos alimenticios Open Food Facts, en este sitio se puede obtener información de los ingredientes, aditivos, propiedades nutricionales y etiquetado de productos alimenticios de diversos países. Se seleccionaron 13 AU sólidos con la clasificación NOVA 4, agrupados en "alimentos no recomendados para consumo cotidiano" (carnes procesadas, botanas, dulces, postres, cereales dulces y bebidas no lácteas endulzadas) y de consumo frecuente en escolares de cinco a once años de acuerdo a la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición en México 2018-2019 (16).

Extracción de la muestra analítica

El proceso inició con la trituración de cada AU en un procesador de alimentos, enseguida, se pesaron 5 g y se colocaron en 20 mL del medio de extracción (etanol 70%, agua 29,5% y ácido acético 0,5%, pH=4). La mezcla se agitó vigorosamente en vórtex durante 1 min, luego se colocó en baño ultrasónico por 8 min y finalmente se le aplicó 1 min de agitación vigorosa, este proceso se realizó dos veces. Después, las muestras se centrifugaron por 15 min a 4000 rpm y temperatura ambiente (24°C), el sobrenadante se recuperó por filtración (17). Las extracciones se llevaron a cabo por triplicado.

Métodos para determinación de la capacidad antioxidante

La actividad antioxidante de los triplicados de los extractos de AU se determinó con base en diferentes métodos: la capacidad de atrapamiento de los radicales libres 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH·) y ácido 2,2-acino-bis(3-etilbenzotiazolinona-6-sulfónico) (ABTS·+), la actividad quelante, el ensayo ORAC que mide la capacidad de atrapamiento de radicales peróxilo (un radical que es especialmente dañino en sistemas biológicos y alimentarios) y la capacidad antioxidante reductora del ion férrico, además, se determinó la concentración de

compuestos fenólicos totales (18, 19). Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

Preparación de la suspensión de eritrocitos humanos

La sangre se obtuvo por punción venosa de voluntarios sanos (25-35 años), no fumadores y quienes dieron su consentimiento informado por escrito para ser incluidos en el estudio. Las muestras se recogieron en tubos que contenían heparina de litio como anticoagulante (BD Vacutainer®), posteriormente se centrifugaron a 3500 rpm durante cuatro minutos a 4°C. A continuación, se retiró cuidadosamente el plasma y la capa leucocitaria. Para el ensayo de hemólisis *in vitro*, los eritrocitos se lavaron tres veces con solución de Alsever (0,116 M de dextrosa, 0,071 M de NaCl, 0,027 M de citrato de sodio y 2 mM de ácido cítrico) a pH 6,4. El botón de eritrocitos se mezcló con solución de Alsever para obtener una suspensión de dichas células al 1 % (v/v) de hematocrito (20).

Ensayo de hemólisis in vitro

El ensayo de hemólisis consistió en mezclar 100 µL de la suspensión de eritrocitos humanos con 500 µL de solución Alsever que contenía la muestra necesaria para alcanzar las concentraciones mencionadas con anterioridad. Una solución de eritrocitos incubada con Tritón X-100 (40 mM) fue utilizada para determinar el 100% de liberación de hemoglobina. Cinco controles con medio de solución de Alsever se usaron para determinar la hemólisis espontánea de los eritrocitos y compararla con la actividad hemolítica causada por los extractos en estudio. Las muestras se incubaron durante 1 h a 37 °C en agitación de 500 rpm, después fueron centrifugadas a 3000 rpm durante cuatro minutos. Finalmente, se tomaron alícuotas de 100 µL del sobrenadante y se registró la absorbancia (A) a 410 nm. El porcentaje de hemólisis se calculó utilizando la ecuación 1. La determinación se realizó por triplicado por cada extracto de alimento:

$$\text{Hemólisis (\%)} = \left(\frac{A_{410S} - A_{410NC}}{A_{410PC} - A_{410NC}} \right) * 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

donde A410s es la absorbancia para la muestra, A410CN absorbancia del control negativo (medio de extracción) y A410CP del control positivo (Tritón X-100) (21).

Para los AU que presentaron la mayor actividad antioxidante (o que son de mayor consumo entre los escolares como son los dulces LM y SS) se realizaron determinaciones a cinco concentraciones (4,2, 8,3, 12,5, 16,7, 20,8 mg/mL), para conocer el efecto de la concentración del extracto de AU con respecto a la actividad hemolítica. Estas concentraciones se determinaron tomando en cuenta la máxima concentración de etanol que resulta tóxica para los eritrocitos, a partir de ahí se dividió en 5 y se transformó en mg/mL.

*Toxicidad in vivo en *Drosophila melanogaster**

Con base en los resultados de la actividad hemolítica, se seleccionaron las concentraciones para determinar la toxicidad en *D. melanogaster*. Los extractos de SS, LM y CC se evaluaron a concentraciones de 0-25 mg/mL, mientras que para TF y CK se utilizaron valores de 0 a 10 mg/mL. Como control se usó agua destilada y se realizó una prueba de toxicidad *in vivo* para cada muestra cruzando hembras vírgenes y machos del tipo silvestre (Wild type). El medio de cultivo estándar se preparó con azúcar, agar, harina de maíz, levadura, ácido propiónico y Nipagin (metil-p-hidroxibenzoato) (22). Después de 48 h, las moscas se transfirieron a frascos de cultivo que contenían medio estándar para recolectar los huevos durante 8 h, posteriormente se retiraron los adultos. Cuando las larvas tenían 72 ± 4 h de edad (tercer estadio larvario), se extrajeron con sacarosa al 20% y se lavaron con agua destilada. Luego, entre 40-60 larvas se transfirieron a tubos de vidrio con 1 g de *Drosophila* Instant Medium (Carolina Biological Supply Co., Burlington, NC, EE. UU.) y 4,5 mL de las soluciones de cada AU (23). Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

Consideraciones éticas

El estudio fue revisado y aprobado por la Comisión Estatal de Bioética del Estado de Nayarit, México (número de Aprobación: CEBN/38/2024).

Análisis estadístico

Los resultados se expresaron como la media \pm desviación estándar (DE). Los datos se evaluaron mediante ANOVA de una vía con un $\alpha=0,05$, utilizando el software estadístico Rstudio (Versión 4.1.4). Además, se aplicó la prueba HSD de Tukey (Honestly-significant-difference) para determinar cuáles pares de medias de grupo son significativamente diferentes, con un valor de p inferior a 0,05 se consideró estadísticamente significativo. Para el “% de eclosión” y el “índice sexual” no se realizaron ANOVA.

Resultados

En la Tabla 1 se presenta una descripción de los 13 AU seleccionados y se enlistan los principales aditivos (colorantes, saborizantes, sales, conservadores) contenidos en su etiqueta; no se especifica en que concentración están presentes en los AU.

Actividad antioxidante

Los resultados obtenidos de las propiedades antioxidantes de los AU se muestran en la Tabla 2, las cuales pueden atribuirse a los aditivos contenidos en ellos. Los extractos de AU que presentaron una actividad importante en DPPH \cdot , FRAP, ABTS $\cdot+$ y ORAC fueron CK y CC, además, mostraron las mayores concentraciones de compuestos fenólicos totales. El TF es una de las botanas extruidas enchiladas frecuentemente consumidas por los escolares, la cual presentó un importante atrapamiento de radicales ABTS y actividad ORAC. Los dulces con la mayor actividad ORAC fueron LM y SS. Las propiedades antioxidantes que presentaron los AU pueden atribuirse a los aditivos (potenciadores de sabor, colorantes, conservadores, etc.) presentes en ellos, por lo tanto, esto podría indicar que están presentes en una alta concentración

Actividad hemolítica in vitro

Los 5 AU (CC, CK, TF, LM y SS) que presentaron una actividad importante de atrapamiento de radicales libres DPPH \cdot , ABTS $\cdot+$ y peróxilo fueron seleccionados para analizar su actividad hemolítica y su toxicidad en *D. Melanogaster*. El efecto de la concentración de los AU sobre la actividad hemolítica se presenta en la Tabla 3, donde se observa que el porcentaje de hemólisis es dependiente de la concentración en todos los extractos evaluados (Figura 1). El extracto de LM presentó la mayor actividad hemolítica con

Tabla 1. AU seleccionados de consumo frecuente por niños en México

Código	Descripción	Aditivos
FL	Cereales extruidos azucarados de maíz, trigo y avena.	E110, rojo allura AC, rojo 3, azul 1, bicarbonato de sodio, maltodextrina.
KM	Chocolate en forma de huevo.	Lecitinas, vainilla.
CP	Cereal de maíz extruido azucarado.	Annato, hierro reducido, óxido de zinc, vitaminas (C, E, A, B12, B6, B1, B2 y B9), BHT.
CK	Cereal de arroz inflado con chocolate azucarado.	E110, E133, eritrosina, rojo allura AC, saborizantes artificiales (melaza, vainilla), tocoferoles en mezcla como antioxidantes.
BO	Galleta con chocolate.	Lecitina de soya, bicarbonato de amonio, saborizantes.
SP	Salchicha de pavo.	Fosfato de sodio, cloruro de potasio, eritorbato de sodio, diacetato de sodio, nitrito de sodio.
CT	Botana de maíz extruido con sabor a queso.	Ácido cítrico, dióxido de silicio, glutamato monosódico, caseinato de sodio, tartrazina, fosfato de potasio y calcio, goma arábiga, guanilato de sodio, inosinato de sodio, tocoferoles, rojo allura, benzoato de sodio, BHT.
TF	Botana de maíz mucho picante.	Vitamina C, E621, maltodextrina, E262, rojo allura E129, amarillo FCF E110, E500, E631, E627, E551, antioxidantes (E321, E319), rojo allura E129, amarillo ocaso FCF E110 y trazas de tartrazina.
DA	Producto lácteo cremoso.	Fosfato tricálcico, ácido cítrico, saborizantes, ácido cítrico, goma guar, sorbato potásico, beta caroteno, cloruro de sodio, cloruro de calcio, carragenina, carmín, vitaminas D y C.
SS	Dulce enchilado en tiras.	Sorbitol, ácido cítrico, saborizantes artificiales, glicerina, citrato de sodio, lactato de sodio, ácido málico, benzoato de sodio, dióxido de titanio, sorbato de potasio, tartrazina.
JP	Jamón de pavo.	Cloruro de potasio, saborizantes, carragenina, fosfato de sodio, eritorbato de sodio, nitrito de sodio, carmín.
LM	Dulce enchilado.	E270, E325, tartrazina, azul brillante FCF, E330, dióxido de silicio, laca roja allura AC.
CC	Chorizo de carne de cerdo.	Eritorbato de sodio, benzoato de sodio y sorbato de potasio, nitrito de sodio, condimentos y vinagre.

* Información obtenida de las etiquetas y de la base de datos Open Food Facts. En este sitio se puede consultar la tabla nutrimental del AU: <https://mx.openfoodfacts.org/>.

Tabla 2. Actividad antioxidante promedio de los extractos hidroalcohólicos de los AU seleccionados

AU	DPPH μmol ET/g	ABTS mg EAA/g	FRAP mg EAA/g	QUELANTE EDTA mol/g	CFT mg AG/g	ORAC μmol ET/g
FL	1,19 ^k	52,6 ^c	0,40 ^c	NP	0,51 ^f	18,74 ^{bcd}
KM	12,83 ^a	16,6 ^e	0,58 ^b	0,004 ^a	NP	11,52 ^{cdef}
CP	9,19 ^d	31,9 ^d	0,37 ^c	NP	0,51 ^f	NP
CK	10,96 ^b	413,2 ^a	0,86 ^a	0,002 ^{cd}	2,62 ^a	80,94 ^a
BO	6,96 ^g	21,2 ^e	0,66 ^b	0,003 ^{bc}	1,45 ^b	3,61 ^{gh}
SP	0,51 ^l	55,4 ^c	0,29 ^c	0,003 ^{ab}	0,42 ^g	NP
CT	8,72 ^e	NP	0,40 ^c	0,001 ^{ef}	0,58 ^e	NP
TF	3,67 ^h	134,0 ^b	0,59 ^b	0,001 ^{ef}	0,93 ^d	23,22 ^{bc}
DA	7,90 ^f	NP	0,19 ^c	0,003 ^{efgh}	0,17 ⁱ	2,61 ^{gh}
SS	1,84 ^j	13,2 ^e	0,39 ^b	0,001 ^{de}	0,46 ^{fg}	16,16 ^{bcd}
JP	8,42 ^e	35,0 ^d	0,25 ^c	0,003 ^{bc}	1,19 ^c	NP
LM	0,18 ^m	NP	0,30 ^b	0,003 ^{bc}	0,33 ^h	10,74 ^{defg}
CC	10,60 ^c	55,9 ^c	0,58 ^c	0,003 ^{bc}	1,23 ^c	1,12 ^{gh}

Las letras hacen referencia a las comparaciones por pares entre grupos con una diferencia significativa según la prueba HSD de Tukey ($p < 0,05$); NP: no presentó actividad. CFT: compuestos fenólicos totales, ET: equivalente Trolox, EAA: equivalente Acido Ascórbico, EDTA: ácido etilendiaminotetraacético, AG: ácido gálico.

Tabla 3. Actividad hemolítica de extractos hidroalcohólicos de AU a diferentes concentraciones.

AU	Hemólisis (%)				
	4,2 mg/mL	8,3 mg/mL	12,5 mg/mL	16,7 mg/mL	20,8 mg/mL
TF	49,27 ^b ± 2,63	73,42 ^c ± 0,24	80,36 ^b ± 0,12	78,83 ^c ± 1,27	71,77 ^b ± 3,49
SS	0,0	47,18 ^d ± 0,42	62,76 ^c ± 0,58	65,86 ^d ± 0,69	71,81 ^b ± 0,72
LM	88,63 ^a ± 0,32	102,54 ^a ± 0,81	101,15 ^a ± 0,21	98,50 ^a ± 0,54	102,50 ^a ± 0,68
CC	42,65 ^c ± 1,36	83,48 ^b ± 1,85	80,15 ^b ± 5,27	81,34 ^b ± 0,78	73,79 ^b ± 3,56
CK	21,68 ^d ± 0,12	70,70 ^c ± 3,10	86,83 ^b ± 1,82	79,90 ^c ± 0,10	62,51 ^c ± 1,08

Las letras (a-d) hacen referencia a las comparaciones por pares entre grupos con una diferencia significativa según la prueba HSD de Tukey (p<0,05)

una toxicidad de 88,6% de hemólisis a la mínima concentración evaluada, además, provocó el 100% de hemólisis en el resto de concentraciones utilizadas, mostrando un efecto similar al observado en el Tritón X-100. Este extracto junto con el CC alcanzó el mayor % de hemólisis en 8,3 mg/mL, mientras que CK y TF alcanzaron el mayor % de hemólisis a una concentración de 12,5 mg/mL. Los SS no presentaron toxicidad a 4,2 mg/mL y alcanzaron el % de hemólisis de 71,8 a una concentración de 20,8 mg/mL

Toxicidad in vivo en Drosophila melanogaster

Para verificar los efectos tóxicos de los AU (CC, CK, TF, LM y SS) sobre un modelo *in vivo* de *D. melanogaster* se utilizaron como biomarcadores el porcentaje de eclosión (Figura 2), la sobrevivencia promedio (Figura 3) y el índice de proporción sexual (Figura 4). La respuesta de las larvas de *D.*

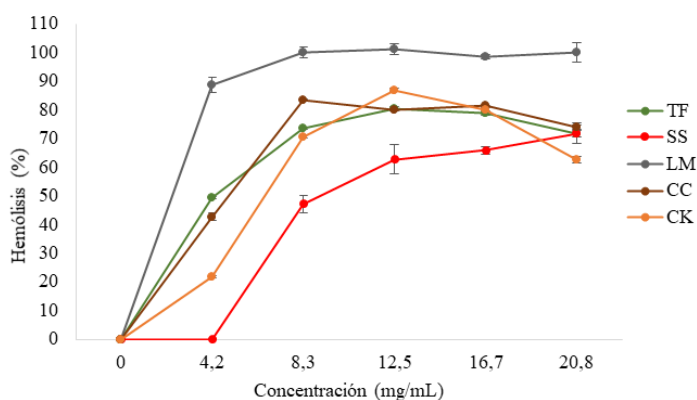


Figura 1. Relación entre la concentración de AU y el porcentaje de hemólisis.

melanogaster a los AU se reflejó en el número de moscas adultas eclosionadas, donde el CC presentó el mayor efecto, ya que desde la concentración de 5 mg/mL se aprecian porcentajes de eclosión menores

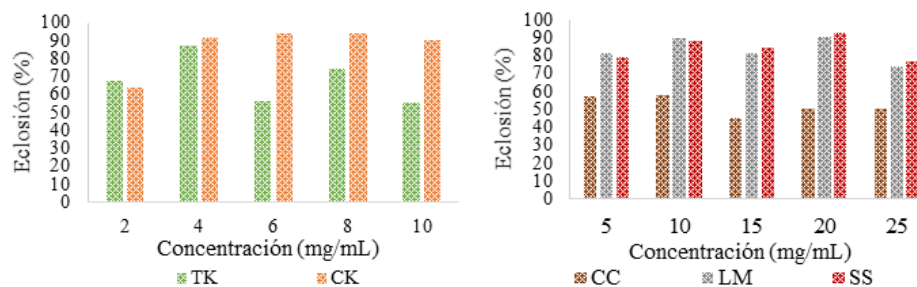


Figura 2. Porcentaje de eclosión de *D. melanogaster* tratadas con extractos hidroalcohólicos AU a diferentes concentraciones.

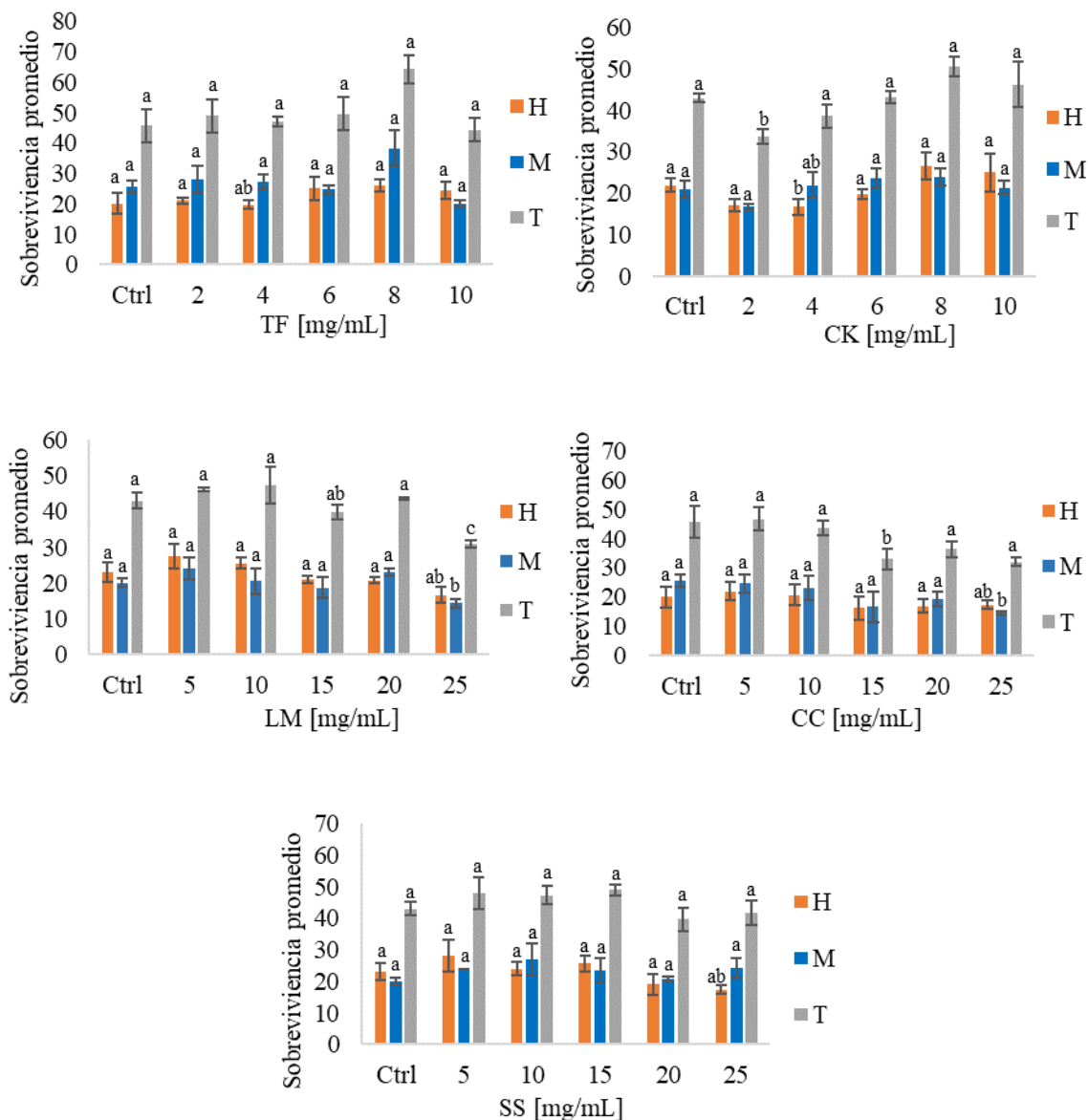


Figura 3. Sobrevivencia promedio de *D. melanogaster* tratadas con extractos hidroalcohólicos de AU a diferentes concentraciones. Las letras hacen referencia a las comparaciones por pares entre grupos con una diferencia significativa según la prueba HSD de Tukey ($p < 0,05$). H: hembras, M: machos, T: Totales

al 60%. Un comportamiento similar se observó en TF y las concentraciones de mayor efecto fueron 2, 6 y 10 mg/mL (Figura 2).

Por otro lado, la sobrevivencia disminuyó a medida que aumentó la concentración en el extracto de CC y LM. En CK, el mayor efecto se observó en 2 y 4 mg/mL, mientras que para TF y SS no se observó un efecto significativo

($p < 0,05$) sobre la sobrevivencia promedio en las diferentes concentraciones (Figura 3). En adición, la proporción sexual fue utilizada para determinar si los extractos afectan a machos y hembras de manera diferente, donde TF y CC mostraron una mayor toxicidad para los machos, mientras que, en SS, LM y CK disminuyó la sobrevivencia de hembras (Figura 4).

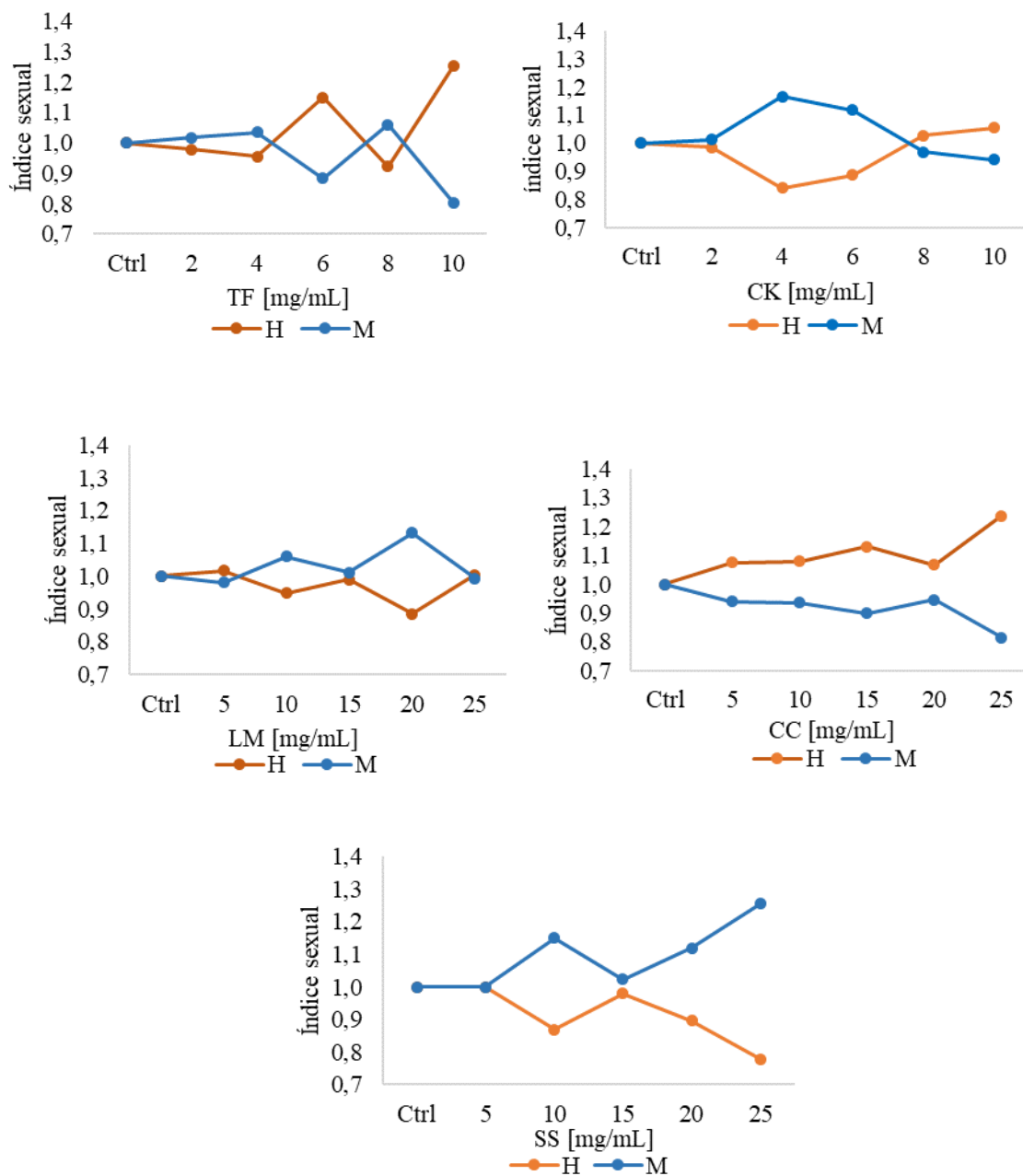


Figura 4. Índice sexual de *D. melanogaster* tratadas con AU a diferentes concentraciones. H: hembras, M: machos

Discusión

No se encontraron trabajos similares en las bases de datos consultadas con los que se pudiese comparar los resultados obtenidos. Respecto a la actividad antioxidante de los

AU, es importante comentar que cada método sigue un mecanismo de reacción diferente y en conjunto pueden describir la forma en que la capacidad de atrapamiento de radicales se presenta en el AU (24). La capacidad de neutralizar radicales en los AU es atribuida a la suma de la actividad antioxidante de

cada uno de sus ingredientes, aditivos y conservadores. Si bien, en el empaque de dichos AU no se especifica la concentración de antioxidantes sintéticos añadido, éstos deberían seguir la normativa existente. En el caso del cereal CK, se sabe que contiene tocoferoles, colorantes rojos y cocoa, que presentan actividad antioxidante, además de compuestos de naturaleza fenólica. Por su parte, el CC se compone de aditivos como eritorbato de sodio, benzoato de sodio y sorbato de potasio, además de una mezcla de condimentos derivados de soya y chile molido seco. Ni los dulces LM o SS, ni el TF mencionan que tipo de conservadores contienen que permiten que presenten una capacidad importante de neutralizar el radical peróxido.

La actividad hemolítica proporciona información sobre la capacidad de una sustancia o mezcla para causar daño al eritrocito. La toxicidad sobre los eritrocitos humanos y *Drosophila melanogaster* puede ser atribuida a la mezcla de ingredientes y aditivos utilizados en la preparación de los AU. El extracto con mayor actividad hemolítica fue un dulce enchilado para niños con dióxido de silicio como aditivo, el cual tiene un nivel de toxicidad alta (26). Además, se ha reportado la citotoxicidad de ciertos extractos de chiles como habanero, serrano, jalapeño, ancho, guajillo y pimienta en células Vero (27). Por otro lado, estudios sugieren que ciertos conservantes, incluido el benzoato de sodio, podrían estar relacionados con alergias, urticaria, trastornos del comportamiento como el trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH) y podrían ser tóxicos y genotóxicos si se ingieren en exceso (28), dicho compuesto está presente en los SS y el CC. Cabe mencionar que se esperaría que la importante actividad antioxidante que presentaron estos 5 AU protegería al hematocrito de la hemólisis, pero no fue así, al contrario: presentaron actividad hemolítica.

Adicionalmente, la presencia de ciertos colorantes en los AU ha suscitado preocupaciones debido a la toxicidad encontrada. El rojo 3 demostró ser cancerígeno en animales, de igual manera se encontró que el rojo 40, amarillo 5 y amarillo 6 están contaminados con bencidina u otros carcinógenos. El azul 1, rojo 40, amarillo 5 y amarillo 6 pueden causar reacciones de hipersensibilidad. En adición, el rojo cítrico 2, rojo 40, amarillo 5 y amarillo 6, son descompuestos por bacterias gastrointestinales y generan productos que al ser absorbidos pueden causar efectos negativos para la salud (29). Los efectos sobre la proporción sexual en *Drosophila melanogaster* se han relacionado con

la regulación hormonal de los organismos tratados, lo cual se ha reportado en algunos disruptores endocrinos, compuestos cancerígenos que causan efectos diferentes en hembras y machos de mamíferos (30).

Si bien ya existen reportes que han establecido una asociación positiva entre el riesgo del sobrepeso en niños y el aumento del riesgo de neoplasias pediátricas con el consumo de AU (31, 32, 33), los resultados obtenidos en este trabajo abren toda un área nueva de investigación sobre la toxicidad del consumo frecuente de dulces, botanas, cereales de desayuno y embutidos sobre la salud de los escolares en México.

Conclusiones

Algunos de los AU analizados en este trabajo mostraron toxicidad *in vitro* e *in vivo*. La presencia de aditivos, colorantes, picante y conservadores como el benzoato de sodio producen un mayor porcentaje de hemólisis y disminuyen la sobrevivencia en *Drosophila melanogaster*. Además, presentaron efectos sobre la proporción sexual y un retraso en el desarrollo que se reflejó en el porcentaje de eclosión de los organismos.

Estos resultados son importantes ante el aumento del consumo de AU en México y siendo la población infantil en edad escolar quien ingiere los productos analizados en este trabajo. Ante este problema de salud pública, se requiere diseñar políticas públicas que faciliten la producción, promoción y acceso a alimentos saludables a los niños en etapa escolar.

Agradecimientos

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por la beca de posgrado de la estudiante de la Maestría en Ciencias en Biotecnología de la UAN de la Lic en N. H. Heydy Dayanara González Pérez.

Conflictos de intereses

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







Referencias

1. Mashki SF, de Oliveira MH, Pereira DBDS, Gregolin GC, Conde WL. Association between ultraprocessed food consumption and obesity in US adults: an analysis of NHANES 2009-2018. *Arch Latinoam Nutr* 2023; 73(2): 113-121. <https://doi.org/10.37527/2023.73.2.003>
2. Rojas Martínez A. Expansión de la oferta de alimentos ultraprocesados y transformación del patrón alimentario: influencia en la vulnerabilidad por COVID-19 en México. *Cofactor*. 2022; 11(22): 9-48. <https://biblat.unam.mx/hevila/COFACTOR/2022/vol11/no22/1.pdf>
3. Marrón-Ponce JA, Sánchez-Pimienta TG, Louzada MLDC, Batis C. Energy contribution of NOVA food groups and sociodemographic determinants of ultra-processed food consumption in the Mexican population. *Public Health Nutr*. 2018;21(1):87-93. <https://doi.org/10.1017/s1368980017002129>
4. Gearhardt AN, Schulte EM. Is food addictive? A review of the science. *Annual Review of Nutr*. 2021;41(1), 387-410. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-110420-111710>
5. Kotha RR, Tareq FS, Yildiz E, Luthria DL. Oxidative stress and antioxidants-A critical review on *in vitro* antioxidant assays. *Antioxidants*. 2022;11(12):2388. <https://doi.org/10.3390/antiox11122388>
6. Chaudhary P, Janmeda P, Docea AO, et al. Oxidative stress, free radicals and antioxidants: Potential crosstalk in the pathophysiology of human diseases. *Front. Chem*. 2023;11: 1158198. <https://doi.org/10.3389/fchem.2023.1158198>
7. Houldsworth A. Role of oxidative stress in neurodegenerative disorders: a review of reactive oxygen species and prevention by antioxidants. *Brain Comm*. 2024; 6(1). <https://doi.org/10.1093/braincomms/fcad356>
8. Llancari A, Matos A. Valoración de los nutrientes y antioxidantes en la salud humana e industria alimentaria. En: I Congreso Nacional de Investigación; 2011 Nov 2-4; Lima, Perú. Lima:Universidad Peruana Unión.
9. Xu X, Liu A, Hu S, et al. Synthetic phenolic antioxidants: Metabolism, hazards and mechanism of action. *Food Chem*. 2021; 353. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129488>
10. Zhang XJ, Diao MN, Zhang YF. A review of the occurrence, metabolites and health risks of butylated hydroxyanisole (BHA). *J. Sci. Food Agric*. 2023; 103(13). <https://doi.org/10.1002/jsfa.12676>
11. Carbajal-Sánchez JA, Ramírez-Durán N, Gamboa-Angulo M, Moreno-Pérez PA. Estado de la información del consumo en México de antioxidantes sintéticos en alimentos ultraprocesados, basados en los alimentos de la canasta básica. *Estud Soc Rev Aliment Contemp Desarro Reg*. 2021;31(58): e211143. <https://doi.org/10.24836/es.v31i58.1143>
12. Shahmohammadi M, Javadi M, Nassiri-Asl M. An overview on the effects of sodium benzoate as a preservative in food products. *Biotech Health Sci*. 2016;3(3): e35084. <https://doi.org/10.17795/BHS-35084>
13. Dehghan P, Mohammadi A, Mohammadzadeh-Aghdash H, Ezzati Nazhad Dolatabadi J. Pharmacokinetic and toxicological aspects of potassium sorbate food additive and its constituents. *Trends Food Sci Technol*. 2018;80:123-130. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.012>
14. Amchova P, Siska F, Ruda-Kucerova J. Food safety and health concerns of synthetic food colors: an update. *Toxics*. 2024 12(7), 466. <https://doi.org/10.3390/toxics12070466>
15. Organización Panamericana de la Salud. Alimentos y bebidas ultraprocesados en América Latina: ventas, fuentes, perfiles de nutrientes e implicaciones. 2019. Editorial OPS, Washington, D.C. <https://doi.org/10.37774/9789275320327>
16. Shamah-Levy T, Vielma-Orozco E, Heredia-Hernández O, et al. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018-19: Resultados Nacionales. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública; 2020. 1ª ed. https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/doctos/informes/ensanut_2018_informe_final.pdf
17. Takebayashi J, Oki T, Chen J, Sato M, Matsumoto T, Taku K, Ishimi Y. Estimated average daily intake of antioxidants from typical vegetables consumed in Japan: a preliminary study. *Biosci Biotechnol Biochem*. 2010;74(10):2137-2140. <https://doi.org/10.1271/bbb.100430>
18. Macías-Hernández CE, Romero-Chávez MM, Mojica-Sánchez JP, et al. A. Synthesis and characterization of new monothiooxalamides containing pyridine nuclei with promising antiproliferative and antioxidant activity. *J. Mol. Struct*. 2022;1265:133360. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2022.133360>
19. Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventós RM. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol*. 1999; 299:152-178. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
20. Manna C, Galletti P, Cucciolla V, Montedoro G, Zappia V. Olive oil hydroxytyrosol protects human erythrocytes against oxidative damages. *J Nutr Biochem*. 1999;10(3):159-165. doi:10.1016/s0955-2863(98)00085-0.
21. López-Nahuatt G, Sumaya-Martínez MT, Jiménez-Ruiz EI, et al. Hemolytic, antimicrobial and antioxidant activity of aqueous extracts of calyx from roselle. *Rev Bio Ciencias*. 2020;7:e995. doi:10.15741/revbio.07.e995.
22. Romero-Chávez MM, Macías-Hernández CE, Ramos-Organillo A, et al. Synthesis and toxicity of monothiooxalamides against human red blood cells, brine shrimp (*Artemia salina*), and fruit fly (*Drosophila melanogaster*). *Heliyon*. 2024;10(16):e36182. doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36182.
23. Jenkins JB, Tompkins L. Effects of amiloride on taste responses of *Drosophila melanogaster* adults and larvae. *J Insect Physiol*. 1990;36(9):613-618. doi:10.1016/0022-1910(90)90064-m.

24. Munteanu IG, Apetrei C. Analytical methods used in determining antioxidant activity: A review. *IJMS*. 2021; 22(7):3380. <https://doi.org/10.3390/ijms22073380>
25. Markowicz-Piasecka M, Mikiciuk-Olasik E, Sikora J. Stability of erythrocyte membrane and overall hemostasis potential – A biocompatibility study of mebrotfenin and other iminodiacetic acid derivatives. *Pharmacol Rep*. 2015;67(6):1230-1239. doi:10.1016/j.pharep.2015.05.021.
26. Moreno-Altamirano L, Hernández-Valencia S, García-García JJ, Robles-Rivera K, Robles-Vizcaya OI, Flores-Ocampo AE. Food additives in ultra-processed products and some health effects. *Revista médica del Hospital General de México*. 2024;87(4), 184-193. <https://doi.org/10.24875/hgm.23000078>
27. Ordaz-Trinidad N, Dorantes-Álvarez L, Salas-Benito J, Barrón-Romero BL, Salas-Benito M, Nova-Ocampo MD. Citotoxicidad y actividad antiviral de extractos de chiles (*Capsicum spp*). *Polibotánica*. 2018; 46:273–285. doi:10.18387/polibotanica.46.18.
28. Yadav A, Kumar A, Das M, Tripathi A. Sodium benzoate, a food preservative, affects the functional and activation status of splenocytes at non-cytotoxic dose. *Food Chem Toxicol*. 2016;88:40-47. doi:10.1016/j.fct.2015.12.016.
29. Gautam N. Food colorants and their toxicology: An overview. *Sunsari Technol Coll J*. 2015;2(1):69-75. doi:10.3126/stcj.v2i1.14803.
30. Cederroth CR, Auger J, Zimmermann C, Eustache F, Nef S. Soy, phyto-oestrogens and male reproductive function: a review. *Int J Androl*. 2010;33(2):304-316. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2605.2009.01011.x>
31. Diethelm K, Günther A, Schulze M, Standl M, Heinrich J, Buyken A. Prospective relevance of dietary patterns at the beginning and during the course of primary school to the development of body composition. *British J Nutr*. 2014; 111(8), 1488-1498. <https://doi.org/10.1017/S0007114513004017>
32. Vallianou NG, Kounatidis D, Tzivaki I, et al. Ultra-processed foods and childhood obesity: Current evidence and perspectives. *Curr. Nutr. Rep.*, 2025;14(1), 5. <https://doi.org/10.1007/s13668-024-00596-y>
33. Cárdenas-Cardon MS, Zapata-Tarrés M. Aumenta la esperanza de curación del cáncer pediátrico. *Boletín*. 2021. UNAM-DGCS-116. https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2021_116.html

Recibido: 24/05/2025
Aceptado: 07/08/2025

Association of liver enzymes and lipid profile with body fat distribution in Mexican university students

Edith Valbuena-Gregorio^{1,2} , Marco Antonio López-Mata¹ , Francisco Javier Olivas-Aguirre³ ,
Adriana Alejandra Márquez-Ibarra¹ , Brianda Joanna Armenta-Guirado¹ ,
Andrea Arreguín Coronado⁴ .

Abstract: Association of liver enzymes and lipid profile with body fat distribution in Mexican university students.

Introduction: Evidence suggests that the type of adipose tissue distribution contributes to a higher risk of developing cardiovascular diseases. It has been observed that visceral adipose tissue is highly lipolytic, and lipid distribution is primarily directed towards the liver, resulting in an excessive flow of fatty acids that can trigger lipid alterations and a high risk of hepatic steatosis. **Objective:** This study aimed to find the association of liver enzymes and lipid profile with body fat distribution in Mexico university students. **Materials and methods:** Cross-sectional, descriptive, and correlational study with a sample of university students aged 18 to 26 years. Anthropometric measurements, a 24-hour dietary recall (R24h), Pittsburgh sleep quality index, body fat determination, DXA-derived visceral adipose tissue (cm²) and subcutaneous adipose tissue (g), and blood samples were collected to determine lipid profile (low-density lipoprotein [LDL], high-density lipoprotein [HDL], very low-density lipoprotein [VLDL], triglycerides [TG], total cholesterol [TC]) and liver enzymes (aspartate aminotransferase [AST], alanine aminotransferase [ALT], and gamma-glutamyl transferase [γ -GT]). **Results:** We found a positive association between the type of fat distribution and LDL, VLDL, TC, TG, ALT, and γ -GT, indicating that higher visceral adipose tissue (VAT), subcutaneous adipose tissue (SAT), and body mass index (BMI) increase the concentrations of these biochemical parameters. In contrast, HDL showed a negative association, decreasing with an increase in VAT, SAT, and BMI. **Conclusions:** Body fat distribution (VAT and SAT) influences the lipid (LDL, VLDL, TC, TG, and HDL) and liver (ALT and γ -GT) levels of university students, which may indicate metabolic alterations. **Arch Latinoam Nutr 2025; 75(3):163-174.**

Keywords: adipose cell, visceral fat, subcutaneous fat, DXA, cardiovascular disease, young adult.

Resumen: Asociación de las enzimas hepáticas y el perfil lipídico con la distribución de la grasa corporal en estudiantes universitarios mexicanos.

Introducción: La evidencia sugiere que el tipo de distribución del tejido adiposo contribuye a un mayor riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares. Se ha observado que el tejido adiposo visceral es altamente lipolítico, y la distribución de lípidos se dirige principalmente hacia el hígado, lo que resulta en un flujo excesivo de ácidos grasos que puede desencadenar alteraciones lipídicas y un alto riesgo de esteatosis hepática. **Objetivos:** Este estudio tuvo como objetivo determinar la asociación entre las enzimas hepáticas y el perfil lipídico con la distribución de grasa corporal en estudiantes universitarios de México. **Materiales y métodos:** Estudio transversal, descriptivo y correlacional con una muestra de estudiantes universitarios de 18 a 26 años. Se realizaron mediciones antropométricas, un recordatorio dietético de 24 horas (R24h), índice de calidad del sueño de Pittsburgh, determinación de grasa corporal, tejido adiposo visceral (cm²) y tejido adiposo subcutáneo (g) derivados de DXA, y se tomó muestra de sangre para determinar el perfil lipídico (lipoproteínas de baja densidad [LDL], lipoproteínas de alta densidad [HDL], lipoproteínas de muy baja densidad [VLDL], triglicéridos [TG], colesterol total [CT]) y enzimas hepáticas (aspartato aminotransferasa [AST], alanina aminotransferasa [ALT] y gamma-glutamil transferasa [γ -GT]). **Resultados:** Encontramos una asociación positiva entre el tipo de distribución de la grasa y LDL, VLDL, TC, TG, ALT y γ -GT, indicando que un mayor tejido adiposo visceral (TAV), tejido adiposo subcutáneo (TAS) e índice de masa corporal (IMC), aumentan las concentraciones de los parámetros bioquímicos. En cambio, la HDL mostró una asociación negativa, disminuyendo con el aumento del TAV, el TAS e IMC. **Conclusiones:** La distribución de la grasa corporal (TAV y TAS) influye en los niveles lipídicos (LDL, VLDL, TC, TG y HDL) y enzimas hepáticas (ALT y γ -GT) de los estudiantes universitarios, lo que puede indicar alteraciones metabólicas. **Arch Latinoam Nutr 2025; 75(3): 163-174.**

Palabras clave: célula adiposa, grasa visceral, grasa subcutánea, DXA, enfermedad cardiovascular, adulto joven.

Introduction

Overweight and obesity are abnormal or excessive fat accumulation, posing a health risk (1). The accumulation, distribution, storage, and differences in the mobilization of adipose tissue

¹Department of Health Sciences, University of Sonora, Campus Cajeme.

²Department of Health and Nutrition, International Iberoamerican University. ³CONAHCyT National Laboratory of Body Composition and Energetic Metabolism (LaNCoCoME). Autonomous University of Baja California. ⁴Faculty of Nursing and Nutrition, Autonomous University of San Luis Potosí. Corresponding author: Andrea Arreguín Coronado, e-mail: andrea.arreguin@uaslp.mx



play a significant role in the development of cardiovascular diseases (2,3). Although vascular diseases typically manifest their signs and symptoms during adulthood, some of these issues may originate from early life stages (4). University students are not exempt from this problem, as they face increased responsibilities and autonomy, including independence in decision-making. These decisions encompass not only academic matters but also dietary choices. Furthermore, changes in lifestyle, such as the number of hours of sleep, type of physical activity, and food consumption, negatively impact their body composition, potentially leading to overweight or obesity (5).

Adipose tissue is considered the organ with the greatest plasticity, as it can modify its size in response to environmental factors such as age, physical activity, diet (6), sleep quality, and even genetic factors (7). The roles of adipose tissue include fat storage, which is influenced by two processes: cellular hypertrophy, referring to the increase in the volume of pre-existing adipose cells, and hyperplasia, referring to the formation of new adipocytes (8). Several compartments related to the storage of fat are recognized in the body, including the distribution of subcutaneous adipose tissue (SAT), which is subdivided into the superficial layer of SAT (SATs) and a deeper layer (SATp). Another compartment is the gluteofemoral fat, distributed in the lower part of the body. These two compartments are the most abundant in the body (approximately 80%). Additionally, visceral adipose tissue (VAT, composed of omental and mesenteric fat) can represent 10% of total fat in women and up to 25% in men (9). VAT has been reported to be highly lipolytic, with the liver as its primary target organ. Excessive stimulation in the release of lipids by VAT can cause an excessive flow of non-esterified fatty acids, which may lead to hypertriglyceridemia due to the overproduction of very low-density lipoproteins (VLDL) and a subsequent increase in low-density lipoproteins (LDL), predisposing to the metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease (MASLD)

(10). MASLD can cause cellular damage, often associated with elevated levels of intracellular liver enzymes such as aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT), gamma-glutamyl transferase (γ -GT) (11), and increased mortality related to cardiovascular diseases. In contrast, subcutaneous adipose tissue has been associated with a protective effect against the development of cardiometabolic diseases (12).

Previous studies agree that the distribution of fat and dysfunction of adipose tissue are related to the development of obesity and associated diseases such as insulin resistance, cardiovascular diseases, diabetes, and certain types of cancer (13). In this regard, university students in northwestern Mexico represent a high-risk group, as it has been reported that 32.6% of their total energy intake derives from processed foods (PF) and ultra-processed foods (UPF) (14). Specifically, the northern region of Mexico has a higher energy intake from these sources compared to the central and southern regions of the country, in addition to being the region with the highest prevalence of overweight and obesity in adults (15). Therefore, this study aimed to find the association of liver enzymes and lipid profile with body fat distribution in Mexico university students.

Materials and methods

Study Design

This cross-sectional, descriptive, and correlational study included university students enrolled at the University of Sonora, aged between 18 and 26 years. The objective was to evaluate the association between liver enzymes and lipid profile with body fat distribution. The study period was from October 2023 to November 2024. A total of 227 participants were recruited; after applying elimination criteria (incomplete records, incomplete anthropometric measurements, or outliers), the total sample was 219 participants. Exclusion criteria were as follows: undergoing medical treatment, having any body metal implants, consumption of diuretics, engagement in strenuous exercise the day before body composition evaluation, adherence to a prior dietary regime, pregnancy, lactation, and chronic diseases such as type 1 or type 2 diabetes, hypertension, MASLD, hypertriglyceridemia, and previously diagnosed hyperlipidemia.

Clinical Data and Laboratory Tests

All participants were scheduled for blood sample collection following a 12-hour fasting period. Blood samples were taken from the antecubital region of the arm. The obtained samples were centrifuged at 3500 rpm for 15 minutes to separate the serum. All serum samples were stored in cryovials in a freezer at -20°C until analysis. Biochemical analyses were conducted using a semi-automated clinical chemistry analyzer (SPIN-LAB, photometer-quartz-iodide lamp) manufactured in the Netherlands. All results were obtained using normal and pathological controls from Spinreact®.

Lipid Profile

Lipid profile parameters were determined following the Spinreact® kit protocols: triglycerides [glycerol phosphate dehydrogenase-peroxidase method], total cholesterol [cholesterol oxidase-peroxidase method], and high-density lipoprotein cholesterol (HDLc) [direct enzymatic method]. Very low-density lipoprotein (VLDL) was estimated using the equation: $VLDL = \text{triglycerides (mg/dL)}/5$, and low-density lipoprotein (LDL) using the Friedewald equation: $LDL = \text{total cholesterol} - \text{HDL} - \text{VLDL}$. Lipid biomarkers were reported in mg/dL and were analyzed as continuous variables.

Liver Enzymes

The liver enzymes determined were alanine aminotransferase (ALT) [NADH. Kinetic UV method], aspartate aminotransferase (AST) [NADH. Kinetic UV method], and gamma-glutamyltransferase (γ -GT) [carboxylated substrate-Kinetic method] using Spinreact kits. Liver enzymes biomarkers are reported in U/L and were analyzed as continuous variables.

Body Fat Distribution

Body fat distribution was assessed using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) equipment (PRIMUS model, OsteoSys Software Version 3.1, Osteosys Co., Ltd., Gurogu, Seoul, Korea). DXA allowed for the measurement of visceral adipose tissue (VAT) by area (cm²) and subcutaneous adipose tissue (SAT) mass (g). VAT and SAT were determined by in a central abdominal ROI by positioning the upper pelvic marker above the iliac crests. The lateral pelvic markers were adjusted by the edge so that it crossed the femoral necks. The leg ROI was defined to isolate one lower limb, the android ROI was set to delimit the abdominal region, and the

gynoid ROI for the gluteal-femoral region. The cutoff points for ratio VAT/SAT were based on those used by Fujioka et al (16). For the SAT, no cutoff points associated with health benefits have been established (17). The DXA scan also provided the fat mass index, the fat mass (kg) ratio to area (m²). Classification was based on the cutoff points proposed by Messina et al (18).

Dietary Assessment

A 24-hour recall (R24h) was used to obtain detailed information regarding the foods and beverages consumed the previous day (type, quantity, preparation method, etc.), with the technique described by Sanjur employed for this purpose (19). The SMAE 5th edition database was used to obtain the energy and nutrient intake of the participants (20).

Anthropometry

Weight and height were measured for all participants using a Seca scale model 284 with a capacity of 300 kg (\pm 50 g margin of error) and a stadiometer 30-220 cm (\pm 2 mm margin of error), following standardized techniques (21).

Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI)

The PSQI, validated in Spanish for the Mexican population by Jiménez-Genchi et al., was used. The PSQI evaluates sleep conditions over the past month. The cutoff points proposed were those suggested by Jiménez-Genchi et al (22).

International Physical Activity Questionnaire (IPAQ)

The short version of the IPAQ consisted of seven questions regarding the frequency, duration, and intensity of physical activity (moderate and intense) performed in the last seven days and walking and sitting time on a workday. Data obtained were classified according to the scoring described by Mantilla et al (23).

Statistical Analysis

The total population of university students was 1400, which was the basis for calculating the sample size using the G Power program (2010-2020 Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf)

(24), through an a priori analysis with Fisher's exact test for two tails for the independent variable HDL, while the rest were calculated with one tail. The probability of H1 was determined using a previously reported ratio by Mahmoud et al. (25) of 0.22, an alpha error of 0.05, and a beta error of 0.95, with a power of 95.1%, resulting in a sample size of 219 subjects. Descriptive tests assessed data normality using skewness, kurtosis, and the Shapiro-Wilk test. For mean comparisons, t-test and analysis of variance (ANOVA) or their non-parametric alternatives (Wilcoxon and Kruskal-Wallis, respectively) were used; the Bonferroni post hoc test was considered to determine the group evoking the difference. Categorical variables were analyzed using contrast tests (Chi-square). Implausible energy values (n=3) (<500 kcal and >6500 kcal) were eliminated and replaced by the population's mean energy (1844.14 kcal).

The association between lipid and hepatic profiles with body fat distribution in university students was evaluated using multiple linear regression. A crude model and an adjusted model for confounding variables: age (years), sex (male or female), physical activity (METs), energy (kcal/day), and sleep quality (points), identified considering the literature and directed acyclic diagrams (26) (Supplementary Figures 1 and 2). Independent models were created for each response variable. All analyses were performed using STATA version 17 (StataCorp. 2021. Stata Statistical Software: Release 17. College Station, TX: StataCorp LLC), setting a statistical significance level at $\alpha=0.05$.

Ethical Statements

The study was conducted following the Helsinki Declaration of 1975, as revised in 2000. The study protocol was approved by the Ethics Committee of International Iberomerican University (CR-270). Everyone provided written informed consent before the laboratory test.

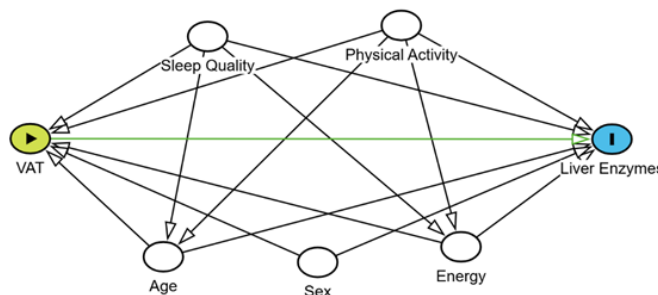


Figure 1. Directed Acyclic Graph (DAG) of the association between body fat distribution and liver enzymes.

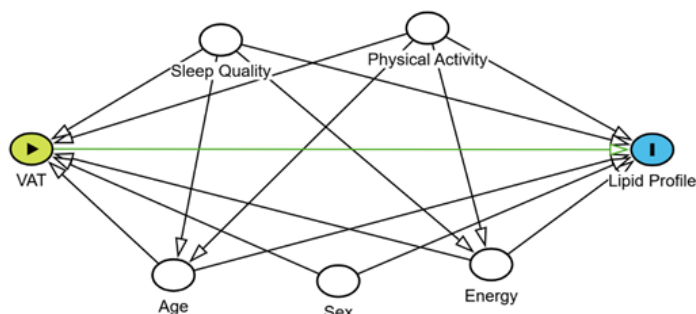


Figure 2. Directed Acyclic Graph (DAG) of the association between body fat distribution and lipid profile.

Results

A total of 219 university students were evaluated, 72.60% were females. The mean age was 20.15 ± 1.59 years for males and 20.47 ± 2.10 years for females. Daily energy intake was higher in males compared to females (2237.18 ± 974.96 kcal/day vs. 1695.21 ± 723.34 kcal/day; $p < 0.000$). The values of SAT mass vs. VAT area showed differences by sex. SAT mass was similar between males and females (419.33 ± 73.21 g vs. 404.06 ± 61.21 g; $p = 0.1207$), whereas the VAT area was significantly lower in males compared to females (76.46 ± 76.67 cm² vs. 107.11 ± 66.44 cm²; $p = 0.0039$). Similarly, the fat mass index (FMI)

presented significant differences between both groups (males: 4.87 ± 3.32 kg/m², females: 6.86 ± 3.39 kg/m²; $p < 0.001$). Detailed population characteristics are presented in Table 1.

A sex-stratified analysis of body fat distribution by FMI in relation to lipid profile, liver enzymes, VAT, and SAT is shown in Table 2 y 3. In females (Table 2), there was a significant increase ($p < 0.05$) in the values of VLDL, HDL, triglycerides (TG), and γ -GT among overweight females compared to the underweight group. In males (Table 3), a significant increase ($p < 0.05$) in LDL and total cholesterol (TC) concentrations was observed in the obesity group compared to the overweight group. A significant difference ($p < 0.05$) was observed with higher LDL and TC levels in men with normal FMI compared to the overweight group. Regarding ALT, a significant increase ($p < 0.05$) was found in the obesity group compared to the underweight and overweight groups. For γ -GT, a significant increase

($p < 0.05$) was observed in the obesity group compared to the underweight and normal weight groups. Significant differences in the amount of adipose tissue ($p < 0.05$) were found between all groups for both VAT and SAT in females and males, showing an increase in these deposits as individuals moved from normal weight to obesity.

Regarding the association between lipid profile and liver enzymes with body fat distribution, a positive and statistically significant association was observed between VAT and SAT with the lipid profile (LDL, VLDL, TC, and TG), suggesting that higher VAT and SAT increase the concentrations of these lipoproteins. For HDL levels, the association was inversely significant with VAT and SAT, indicating that lower HDL concentrations correlate with higher VAT and SAT volume and mass,

Tabla 1. Characteristics of the population (n= 219)

Variables	Females n=159	Males n=60	p-value
	Mean \pm SD	Mean \pm SD	
Age (years)	20.47 \pm 2.10	20.15 \pm 1.59	0.2756
Physical activity (METs)	1630.31 \pm 2108.88	2208.02 \pm 2767.72	0.0998
Sleep quality (points)	7.44 \pm 2.75	7.30 \pm 2.45	0.7181
BMI (kg/m ²)	25.03 \pm 5.02	26.54 \pm 4.93	0.0470
Energy (kcal/day)	1695.21 \pm 723.34	2237.18 \pm 974.96	0.0000
BMI (%)			0.1610
Underweight	6.92	1.67	
Normal	49.69	40.00	
Overweight	28.93	40.00	
Obesity	14.47	18.33	
SAT mass (g)	404.06 \pm 61.21	419.33 \pm 73.21	0.1207
VAT area (cm ²)	107.11 \pm 66.44	76.46 \pm 76.67	0.0039
Ratio VAT/SAT	1.20 \pm 0.62	0.73 \pm 0.66	0.0000
Classification of the VAT/SAT Ratio (%)			0.0000
Visceral Fat (≥ 0.4)*	89.94	61.67	
Subcutaneous Fat (< 0.4)*	10.06	38.33	
FMI (kg/m ²)	6.86 \pm 3.39	4.87 \pm 3.32	0.0001

DE: standard deviation; MET: metabolic equivalent; BMI: body mass index; FMI: fat mass index; SAT: subcutaneous adipose tissue; VAT: visceral adipose tissue; FMI: fat mass index. *Cut-off point according to Fujioka et al. (16) Classification of the VAT/SAT ratio. p-value defined as alpha < 0.05 .

Tabla 2. Body Fat Distribution According to FMI by Lipid Profile, Liver Enzymes, Visceral and Subcutaneous Adipose Tissue in Female (n=159)

	Underweight n= 51	Normal n= 73	Overweight n= 26	Obesity n= 9	p-value
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	
Lipid profile					
LDL (mg/dL)	77.24 ± 30.22 ^a	74.21 ± 28.51 ^a	80.30 ± 25.50 ^a	100.93 ± 27.56 ^a	0.0681
VLDL (mg/dL)	13.38 ± 5.56 ^a	16.87 ± 10.21 ^{ab}	20.92 ± 11.36 ^b	22.40 ± 14.59 ^{ab}	0.0029
HDL (mg/dL)	69.82 ± 19.59 ^a	64.88 ± 16.86 ^{ab}	58.07 ± 14.60 ^b	58.00 ± 10.85 ^{ab}	0.0240
TC (mg/dL)	160.45 ± 35.01 ^a	155.97 ± 32.87 ^a	159.30 ± 25.66 ^a	181.33 ± 31.16 ^a	0.1782
TG (mg/dL)	67.01 ± 27.76 ^a	84.36 ± 50.97 ^{ab}	104.73 ± 56.70 ^b	112.00 ± 72.65 ^{ab}	0.0028
Liver enzymes					
AST (U/L)	18.33 ± 11.24 ^a	18.50 ± 6.96 ^a	18.11 ± 6.45 ^a	19.77 ± 3.89 ^a	0.9640
ALT (U/L)	9.58 ± 4.35 ^a	11.06 ± 6.84 ^a	12.15 ± 4.96 ^a	10.22 ± 4.26 ^a	0.2698
γ-GT (U/L)	10.84 ± 3.41 ^a	12.71 ± 7.56 ^{ab}	19.50 ± 26.64 ^b	17.77 ± 5.60 ^{ab}	0.0187
VAT / SAT					
VAT area (cm ²)	39.17 ± 22.68 ^a	108.98 ± 26.18 ^b	187.73 ± 29.23 ^c	244.00 ± 58.91 ^d	0.0000
SAT mass (g)	352.01 ± 27.90 ^a	399.97 ± 37.21 ^b	473.96 ± 33.40 ^c	530.22 ± 44.52 ^d	0.0000

FMI: fat mass index; LDL: low-density lipoprotein; VLDL: very low-density lipoprotein; HDL: high-density lipoprotein; TC: total cholesterol; TG: triglycerides; AST: Aspartate aminotransferase; ALT: Alanine aminotransferase; γ-GT: γ-Gamma glutamyltransferase; VAT: Visceral adipose tissue; SAT: subcutaneous adipose tissue. SD: standard deviation. ^{a-d} Different literals per column indicate significant difference with Bonferroni post hoc test. p value defined as alpha < 0.05.

Tabla 3. Body Fat Distribution According to FMI by Lipid Profile, Liver Enzymes, Visceral and Subcutaneous Adipose Tissue in Male (n=60)

	Underweight n= 18	Normal n= 26	Overweight n= 9	Obesity n= 7	p-value
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	
Lipid profile					
LDL (mg/dL)	94.4 ± 52.43 ^{ab}	93.61 ± 33.99 ^{ab}	66.42 ± 32.57 ^a	139.45 ± 21.54 ^b	0.0063
VLDL (mg/dL)	15.93 ± 7.90 ^a	17.01 ± 7.99 ^a	17.15 ± 7.86 ^a	22.74 ± 13.22 ^a	0.3659
HDL (mg/dL)	56.94 ± 17.70 ^a	55.30 ± 13.86 ^a	56.88 ± 18.81 ^a	49.57 ± 9.81 ^a	0.7432
TC (mg/dL)	167.27 ± 48.60 ^{ab}	165.92 ± 30.78 ^{ab}	140.44 ± 47.51 ^a	211.85 ± 29.67 ^b	0.0078
TG (mg/dL)	79.66 ± 39.53 ^a	84.96 ± 40.01 ^a	85.77 ± 39.30 ^a	113.57 ± 66.26 ^a	0.3697
Liver enzymes					
AST (U/L)	16.72 ± 6.56 ^a	20.03 ± 8.84 ^a	18.44 ± 6.93 ^a	23.14 ± 7.71 ^a	0.2765
ALT (U/L)	10.55 ± 4.23 ^a	15.07 ± 10.69 ^{ab}	10.77 ± 3.92 ^a	24.71 ± 12.56 ^b	0.0038
γ-GT (U/L)	14.72 ± 4.79 ^a	15.03 ± 5.82 ^a	17.66 ± 7.10 ^{ab}	26.14 ± 9.51 ^b	0.0007
VAT / SAT					
VAT area (cm ²)	15.50 ± 37.77 ^a	60.53 ± 30.17 ^b	122.00 ± 30.17 ^c	233.85 ± 63.90 ^d	0.0000
SAT mass (g)	347.77 ± 40.18 ^a	415.65 ± 23.19 ^b	467.11 ± 27.89 ^c	555.57 ± 65.98 ^d	0.0000

FMI: fat mass index; LDL: low-density lipoprotein; VLDL: very low-density lipoprotein; HDL: high-density lipoprotein; TC: total cholesterol; TG: triglycerides; AST: Aspartate aminotransferase; ALT: Alanine aminotransferase; γ-GT: γ-Gamma glutamyltransferase; VAT: Visceral adipose tissue; SAT: subcutaneous adipose tissue. SD: standard deviation. ^{a-d} Different literals per column indicate significant difference with Bonferroni post hoc test. P value defined as alpha < 0.05.

Tabla 4. Association Models between VAT, SAT, and FMI with Lipid Profile and Liver Enzymes respectively (n=219)

VAT (cm ²)				
	Undadjusted Model		Adjusted Model	
	β (IC 95%)	p-value	β (IC 95%)	p-value
Lipid profile				
LDL (mg/dL)	0.26 (-0.01, 0.53)	0.061	0.34 (0.07, 0.61)	0.011
VLDL (mg/dL)	2.12 (1.17, 3.07)	0.000	1.91 (0.97, 2.85)	0.000
HDL (mg/dL)	-0.61 (-1.15, -0.08)	0.024	-0.77 (-1.30, -0.25)	0.004
TC (mg/dL)	0.24 (-0.01, 0.50)	0.070	0.25 (0.00, 0.50)	0.045
TG (mg/dL)	0.42 (0.23, 0.61)	0.000	0.38 (0.19, 0.57)	0.000
Liver enzymes				
AST (U/L)	0.81 (-0.32, 1.96)	0.161	0.77 (-0.31, 1.87)	0.163
ALT (U/L)	1.71 (0.41, 3.02)	0.010	2.00 (0.73, 3.28)	0.002
γ-GT (U/L)	1.28 (0.46, 2.10)	0.002	1.29 (0.49, 2.08)	0.002
SAT (g)				
	Undadjusted Model		Adjusted model	
	β (IC 95%)	p-value	β (IC 95%)	p-value
Lipid profile				
LDL (mg/dL)	0.42 (0.17, 0.67)	0.001	0.37 (0.12, 0.625)	0.003
VLDL (mg/dL)	2.12 (1.25, 2.98)	0.000	1.80 (0.93, 2.67)	0.000
HDL (mg/dL)	-0.93 (-1.41, -0.45)	0.000	-0.80 (-1.29, -0.31)	0.001
TC (mg/dL)	0.31 (0.07, 0.55)	0.010	0.26 (0.03, 0.50)	0.024
TG (mg/dL)	0.42 (0.25, 0.59)	0.000	0.36 (0.18, 0.53)	0.000
Liver enzymes				
AST (U/L)	0.71 (-0.34, 1.76)	0.184	0.55 (-0.46, 1.57)	0.285
ALT (U/L)	2.27 (1.09, 3.45)	0.000	1.90 (0.71, 3.09)	0.002
γ-GT (U/L)	1.55 (0.81, 2.29)	0.000	1.37 (0.63, 2.10)	0.000
FMI (kg/m ²)				
	Undadjusted Model		Adjusted model	
	β (IC 95%)	p-value	β (IC 95%)	p-value
Lipid profile				
LDL (mg/dL)	0.01 (-0.00, 0.02)	0.098	0.016 (0.00, 0.03)	0.011
VLDL (mg/dL)	0.09 (0.52, 0.14)	0.000	0.09 (0.04, 0.13)	0.000
HDL (mg/dL)	-0.02 (-0.05, -0.00)	0.045	-0.03 (-0.06, -0.01)	0.004
TC (mg/dL)	0.01 (-0.00, 0.02)	0.094	0.01 (0.00, 0.02)	0.049
TG (mg/dL)	0.02 (0.01, 0.02)	0.000	0.01 (0.00, 0.02)	0.000
Liver enzymes				
AST (U/L)	0.03 (-0.01, 0.09)	0.195	0.03 (-0.01, 0.09)	0.178
ALT (U/L)	0.07 (0.01, 0.14)	0.020	0.09 (0.03, 0.16)	0.002
γ-GT (U/L)	0.05 (0.01, 0.09)	0.006	0.06 (0.02, 0.09)	0.002

VAT: Visceral adipose tissue; SAT: subcutaneous adipose tissue; FMI: fat mass index; LDL: low-density lipoprotein; VLDL: very low-density lipoprotein; HDL: high-density lipoprotein; TC: total cholesterol; TG: triglycerides; AST: Aspartate aminotransferase; ALT: Alanine aminotransferase; -GT: -Gamma glutamyltransferase. P-value defined as alpha < 0.05

respectively. The same trend was observed for VAT and SAT with liver enzymes ALT and γ-GT; an increase in body composition parameters (VAT and SAT) was associated with alterations in these liver enzymes. FMI was also positively associated with liver enzymes and lipoproteins, indicating an increase in biochemical concentrations when VAT and SAT increased, except for HDL, where the association was negative, meaning HDL decreased when FMI increased (Table 4).

Discussion

Our study showed higher VAT levels in women compared with men, while the literature indicates that men tend to have higher VAT than women. However, national data from Mexico reported that women have a higher prevalence of abdominal adiposity than men (88.4% and 72.1%, respectively). It has also been reported that adults aged 20 - 29 years have a 62.1% prevalence of abdominal adiposity, and by region, Northern Mexico (which includes the state of Sonora) ranks second, with a high prevalence of this adiposity (83.5%) compared with other regions of the country, except for Mexico City, which shows the highest prevalence (88%) (15). In this regard, another study reported a subgroup of adults with a normal BMI but metabolic abnormalities called metabolically unhealthy normal weight in which 71.6% of women and 56.5% of men had elevated visceral adipose tissue (VAT); the same study also reported that 26.42% of women and 5.54% of men had central obesity (27). Similarly, in Mexican adults aged 20 - 64 years, women have been reported to engage in less physical activity than men (28), consistent with what we observed in our study population. These findings may offer a possible explanation for why men exhibited lower visceral adipose tissue (VAT) than women.

The findings of this study indicate a positive association between body fat distribution, as assessed by dual-energy X-ray absorptiometry (DXA), and biochemical concentrations of liver enzymes and lipid profiles. Furthermore, a negative association

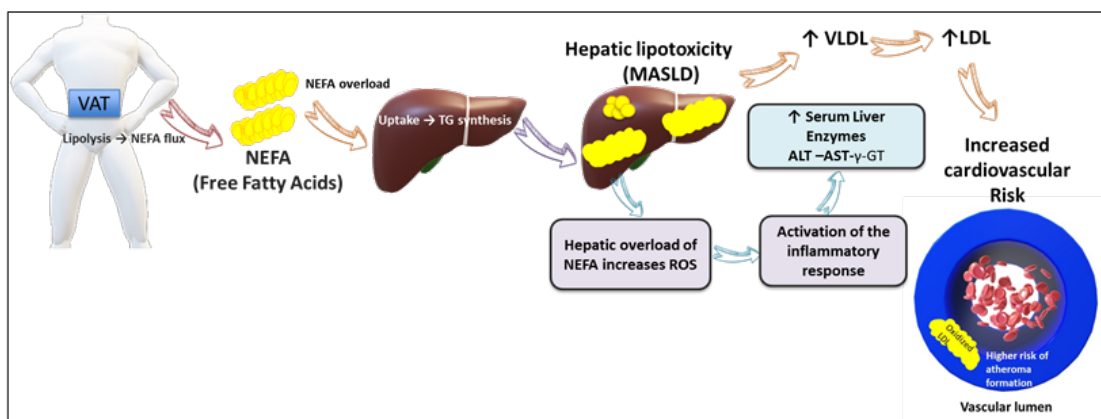


Figure 3. Schematic representation of the pathway linking VAT to dyslipidemia, hepatic dysfunction, inflammatory processes, and vascular risk.

was observed between visceral adipose tissue (VAT) and subcutaneous adipose tissue (SAT) with high-density lipoprotein (HDL) concentrations. These associations were significant for most liver enzymes, except for aspartate aminotransferase (AST) (Figure 3).

Our study demonstrates that body fat distribution is related to changes in lipid biochemical parameters among university students, suggesting that an increase in body fat alters lipid concentrations, increasing the levels of lipoproteins (LDL and VLDL), TG, and TC. Previous studies align with our findings, establishing that an increase in visceral adiposity leads to elevated lipid biochemical profiles (29, 30). A descriptive, cross-sectional, prospective study determined the relationship between the degree of MASLD and quantitative lipid profile values in overweight and obese patients, reporting increased levels of TC, LDL, and TG from the early stages of fatty liver disease. Also, identified that elevated TG and LDL were indicative parameters of fatty liver disease; these are necessary to consider in diagnosis. They concluded that greater obesity and steatosis also increase LDL and decrease HDL, and significant lipid profile changes can occur even with overweight alone (31). Although hepatic steatosis was not evaluated in the patients in this study, biochemical parameters were used as risk indicators, which can be utilized for more specific studies and to prevent potential pathologies at an early age (university students).

Furthermore, we found a relationship between body fat distribution and alterations in liver enzyme parameters among university students. This indicates that an increase in visceral fat results in elevated plasma levels of liver enzymes. A previous study conducted on apparently healthy and preclinical Japanese subjects found that subcutaneous fat was not associated with significant changes in liver enzymes. Instead, visceral fat accumulation was positively associated with increased enzyme levels (32), which concurs with our study. Similarly, Kotronen et al. studied 356 American adults aged 18-70 years, reporting a significant correlation of SAT with TG ($p < 0.01$ females; $p < 0.001$ males), ALT ($p < 0.05$ females; $P < 0.001$ males) and AST ($P < 0.001$ males) and a negative relationship with HDL ($p < 0.001$ both sexes) and VAT with TG ($p < 0.001$ both sexes), ALT ($P < 0.001$ both sexes) and AST ($p < 0.05$ females; $p < 0.001$ males) and a negative relationship with HDL ($p < 0.001$ both sexes). These authors suggested that the association of VAT and liver enzymes might be an important indicator of increased liver fat in individuals with abdominal obesity (33). Another study by Liu et al. (34), evaluating 2986 participants (1581 with hepatic steatosis) over 18 years old, found that subjects with steatosis had higher levels of ALT, AST, TG, TC, and VAT area ($p < 0.001$ for all) compared to those without steatosis. The association of VAT with ALT was also observed in the present study. Similarly, Mukherjee et al. evaluated 135 apparently healthy university students from Bangladesh regarding the presence of hepatic steatosis with liver enzymes and other variables, finding a positive relationship between ALT and γ -GT and hepatic steatosis, highlighting γ -GT elevation as a better predictor of fatty liver severity (regardless

of etiopathogenesis) than ALT (35). Another study related to Chinese adults observed an increase in VAT associated with elevated γ -GT values ($\beta = 0.796$; $P = 0.043$), but not with ALT, and no significant association with other liver enzymes (36). This contrasts with our study findings. It appears that γ -GT elevation might be closely related to the progression towards developing fatty liver, and some authors have noted that this enzyme might play an important role in the formation and progression of metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease (MASLD) (37).

FMI has proven to be a useful tool for evaluating body composition in subjects, eliminating the difference between fat-free mass and body fat associated with height. It is also useful for identifying individuals with excess muscle mass but without excess body fat (38). In this study, a significant association was found between FMI and lipid profile (LDL - $p < 0.011$; VLDL - $p < 0.000$; HDL - $p < 0.004$; TC - $p < 0.049$; TG - $p < 0.000$), as well as with liver enzymes (ALT - $p < 0.002$ and γ -GT - $p < 0.002$). These results align with those reported by Salinas et al. in young Mexican adults (18-25 years), who reported that an increase in FMI significantly correlated with high TG levels in both males and females ($r = 0.293$, $p < 0.0001$ females; $r = 0.332$, $p < 0.0001$ males). They also indicated that females with obesity and males with higher fat mass tend to present a higher risk of cardiovascular risk factors. The researchers confirmed that increased adiposity has an opposite association with metabolism, thereby increasing the risk of developing metabolic disorders (39).

There are biological mechanisms related to fat distribution, where different fat deposits regulate lipid metabolism differently, suggesting that metabolic dysfunction could be more associated with fat distribution (lipoproteins) (40). Additionally, visceral obesity is recognized to be associated with cardiovascular diseases (CVD) and alterations in lipid and carbohydrate metabolism. Akiyama et al. observed that patients diagnosed with increased abdominal obesity (ICT ≥ 0.5) tend to present significantly higher levels of TG, VLDL, and all VLDL subclasses (41). It has also been documented that VAT is highly lipolytic, directing lipid distribution primarily towards the liver, producing an excessive flow of non-esterified fatty acids, which can cause overproduction of VLDL, potentially leading to hypertriglyceridemia and indirectly increasing LDL levels through VLDL conversion, as well as increasing the risk of fatty liver disease (42). This accumulation of fat in the liver

can also be associated with elevated liver enzymes above the normal interval (43). Denova-Gutiérrez et al. mentioned that obesity, metabolic syndrome, and insulin resistance promote increased serum levels of AST, ALT, and γ -GT (44). SAT represents the most voluminous structure of the body, and its lipolysis could affect blood lipid levels, with adipocytes in SAT potentially playing a significant role in the pathogenesis of certain diseases (45).

Our study has some limitations. Regarding the sample, it was convenience-based and non-probabilistic, comprising Health Sciences students, which may indicate a higher health awareness or lifestyle choices influenced by their academic training. Additionally, the cross-sectional design precludes the ability to establish causality, and the possibility of reverse causality cannot be ruled out. To mitigate this, participants provided a 24-hour dietary recall to reflect their usual consumption and family history. Selection bias (46) is likely due to the non-probabilistic nature of the sample, as students who opted to participate might have been more health-conscious and engaged in better self-care practices compared to those who did not participate, thereby limiting the generalizability of the findings to the broader population. Furthermore, non-differential measurement error may be inherent (47) in dietary information questionnaires, assessments of sleep quality, and evaluations of physical activity, as these tools rely on retrospective self-reporting and memory, which are subject to bias despite their continued use and validation in research. Likewise, the use of a single 24-hour dietary recall, instead of the recommended two or more recalls to capture habitual intake, may introduce recall bias and intra-individual variability, particularly for nutrients with high day-to-day variation (e.g., DHA and HEPA), since the lack of repeated measures limits the adjustment for within-person variability. Nevertheless, to mitigate this potential bias, the mean energy intake in our sample was estimated at 1823.36 kcal, which is comparable to the population mean reported by ENSANUT 2016 (1908.0 kcal) (48), supporting

the validity of our group estimates and their consistency with nationally representative data. In the analysis of fat distribution by sex, overweight men were showed lower LDL and TC values compared to the normal group. This inconsistency could be explained by the sample size (overweight $n=9$ and normal $n=26$), which may have limited representativeness. It has also been reported that small samples can limit the ability to draw meaningful conclusions and generalize findings (49). Therefore, these results should be interpreted with caution, and further research with larger sample size should be conducted. Similarly, the obesity group had a smaller sample size ($n=7$), the magnitude of the effect was stronger in this group. This could be explained by the fact that this group had a higher amount of fat mass, which is associated with metabolic alterations (30), and the effect on LDL and TC levels was more consistent.

Our study has several important strengths. The primary one is the use of DXA, a reference standard considered one of the gold standards (50 – 52) for measuring body composition and fat distribution. It has high precision and reliability ($r^2=0.996$) and low measurement variability (coefficient of variation [CV] less than 4%). It can estimate abdominal fat and quantify fat mass with a CV of 2%, and it has a good correlation for muscle mass compared to other methods (53). Another strength to consider is the biochemical evaluation of the lipid profile and liver enzymes using standardized methods, providing a detailed metabolic profile evaluation (54, 55). To mitigate unassessed confounding variables, multiple regression models were performed, and sample size calculation inferred greater statistical reliability.

Conclusions

The findings of this study indicate that body fat distribution (VAT and SAT) is associated with lipid levels (LDL, VLDL, TC, TG, and HDL) and certain liver enzymes (ALT and γ -GT) in university students. These may indicate the onset of metabolic alterations. Additionally, we demonstrated that FMI is a simple

indicator that can function as a predictor of lipid profile and liver enzyme alterations, potentially aiding in the prevention of diseases related to excess and the type of body fat accumulation.

Acknowledgments

The authors express their gratitude to PCN. Itzel Yareli Hurtado Díaz, Víctor Oswaldo Valenzuela Bojórquez, Ana Cristina Amavizca Holguín, and Luz Fernanda Castro Campos for their valuable collaboration in taking anthropometric measurements, applying surveys, and determining VAT and SAT using DXA. We also thank PQBC. Sabrina Esquer Contreras, Marcos Eduardo Martínez Hernández, Gilberto Carlos Corella Contreras, and Dalila Rivera Gutiérrez for their support in blood sample collection and processing. Our gratitude extends to the Department of Health Sciences at the University of Sonora Cajeme campus, for providing the facilities and some materials necessary for the research development. Finally, we thank the faculty who encouraged the students to participate in this study.

Conflict of interest

The author(s) declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article..

References

1. World Health Organization. Obesity and overweight. Geneva: WHO; 2024. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
2. Blüher M. Obesity: global epidemiology and pathogenesis. *Nat Rev Endocrinol.* 2019;15(5):288–98. <https://doi.org/10.1038/s41574-019-0176-8>
3. Frank AP, Santos RS, Palmer BF, Clegg DJ. Determinants of body fat distribution in humans may provide insight about obesity-related health risks. *J Lipid Res.* 2019;60(10):1710–19. <https://doi.org/10.1194/jlr.R086975>
4. Libby P. Inflammation during the life cycle of the atherosclerotic plaque. *Cardiovasc Res.* 2021;117(13):2525–36. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvab303>
5. López Maupomé A, Vacio Muro Mlos Á. La etapa universitaria y su relación con el sobrepeso y la obesidad. *Rev Digit Univ.* 2020;21(5):1–9. <http://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2020.21.5.7>
6. Gholami F, Karimi Z, Samadi M, et al. The association between dietary pattern and visceral adiposity index, triglyceride glucose index, inflammation, and body composition among Iranian overweight and obese women. *Sci Rep.* 2023;13(1):13162. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-39653-x>

7. Loos RJF, Yeo GSH. The genetics of obesity: from discovery to biology. *Nat Rev Genet.* 2022;23(2):120–33. <https://doi.org/10.1038/s41576-021-00414-z>
8. Nieto MC, Palacio MA. Alteraciones moleculares en el individuo metabólicamente obeso con peso normal. *Revista Latinoamericana de Hipertensión.* 2022;17(2):185–97. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6785198>
9. Porro S, Genchi VA, Cignarelli A, Natalicchio A, Laviola L, Giorgino F, Perrini S. Dysmetabolic adipose tissue in obesity: morphological and functional characteristics of adipose stem cells and mature adipocytes in healthy and unhealthy obese subjects. *J Endocrinol Invest.* 2021;44(5):921–41. <https://doi.org/10.1007/s40618-020-01446-8>
10. Pérez MAJ, Cabrera W, Varela G, Garaulet M. Distribución regional de la grasa corporal: uso de técnicas de imagen como herramienta de diagnóstico nutricional. *Nutr Hosp.* 2010;25(2):207–23. <https://doi.org/10.3305/nh.2010.25.2.4406>
11. Akter S. Non alcoholic fatty liver disease and steatohepatitis: risk factors and pathophysiology. *Middle East J Dig Dis.* 2022;14(2):167–81. <https://doi.org/10.34172/mejdd.2022.270>
12. Lee MJ, Kim J. The pathophysiology of visceral adipose tissues in cardiometabolic diseases. *Biochem Pharmacol.* 2024;222:116116. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2024.116116>
13. Mallick R, Basak S, Das RK, et al. Fatty acids and their proteins in adipose tissue inflammation. *Cell Biochem Biophys.* 2024;82(1):35–51. <https://doi.org/10.1007/s12013-023-01185-6>
14. Marrón-Ponce JA, Sánchez-Pimienta TG, Louzada MLDC, Batis C. Energy contribution of NOVA food groups and sociodemographic determinants of ultra-processed food consumption in the Mexican population. *Public Health Nutr.* 2018;21(1):87–93. <https://doi.org/10.1017/S1368980017002129>
15. Barquera S, Hernández-Barrera L, Trejo B, Shamah T, Campos-Nonato I, Rivera-Dommarco J. Obesidad en México, prevalencia y tendencias en adultos. *Ensanut 2018-19.* *Salud Publica Mex* 2020;682-9. <https://doi.org/10.21149/11630>
16. Fujioka S, Matsuzawa Y, Tokunaga K, Tarui S. Contribution of intra-abdominal fat accumulation to the impairment of glucose and lipid metabolism in human obesity. *Metabolism.* 1987;36(1):54–9. [https://doi.org/10.1016/0026-0495\(87\)90063-1](https://doi.org/10.1016/0026-0495(87)90063-1)
17. Ladeiras Lopes R, Sampaio F, Bettencourt N, et al. El cociente entre la grasa abdominal visceral y la subcutánea evaluado por tomografía computarizada es un predictor independiente de mortalidad y eventos cardíacos. *Rev Esp Cardiol.* 2017;70(5):331–7. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2016.09.006>
18. Messina C, Albano D, Gitto S, et al. Body composition with dual energy X ray absorptiometry: from basics to new tools. *Quant Imaging Med Surg.* 2020;10(8):1687–98. <https://doi.org/10.21037/qims.2020.03.02>
19. Sanjur D, Rodríguez M. Evaluación de la ingesta dietaria: aspectos selectos en la colección y el análisis de datos. In: *División deficiencias nutricionales. Programa de Nutrición Comunitaria. Colegio de Ecología Humana. Cornell Univ; 1997.*
20. Pérez AB, Palacios B. *Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes (SMAE).* Ciudad de México: Fomento de Nutrición y Salud, A.C.; 2024.
21. Esparza Ros A, Vaquero Cristóbal R, Marfell Jones M J. Protocolo internacional para la valoración antropométrica. Perfil restringido. *Int Soc Adv Cineanthropometry;* 2019.
22. Jiménez Genchi A, Monteverde Maldonado E, Nenclares Portocarrero A, Vega Pacheco GEM, de la A. Confiabilidad y análisis factorial de la versión en español del índice de calidad de sueño de Pittsburgh en pacientes psiquiátricos. *Gac Med Mex.* 2008;144(6):491–96. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=21491>
23. Mantilla SC, Gómez Conesa A. El Cuestionario Internacional de Actividad Física. Un instrumento adecuado en el seguimiento de la actividad física poblacional. *Rev Iberoam Fisioter Kinesiología.* 2007;10(1):48–52. [https://doi.org/10.1016/S1138-6045\(07\)73665-1](https://doi.org/10.1016/S1138-6045(07)73665-1)
24. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods.* 2007;39(2):175–91. <https://doi.org/10.3758/bf03193146>
25. Mahmoud OM, Mahmoud GAE, Atta H, Abbas WA, Ahmed HM, Abozaid MAA. Visceral and subcutaneous fat, muscle mass, and liver volume as noninvasive predictors of the progress of non alcoholic fatty liver disease. *Egypt J Radiol Nucl Med.* 2023;54(1):5. <https://doi.org/10.1186/s43055-022-00949-z>
26. Textor J, vander Zander B, Gilthorpe MS, Liskiewicz M, Ellison GTH. Robust causal inference using directed acyclic graphs: the R package 'dagitty'. *Int J Epidemiol.* 2017;45(6):1887–94. <https://doi.org/10.0.4.69/ije/dyw341>
27. Lu YC, Lin YC, Yen AM-F, et al. Adipose tissues assessed by dual-energy X-ray absorptiometry in metabolically unhealthy normal-weight Asians. *Sci Rep.* 2019;9:17698. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53557-9>
28. Medina C, Jáuregui A, Hernández C, González C, Olvera AG, Blas N, Campos I, Barquera S. Prevalencia de comportamientos del movimiento en población mexicana. *Salud Publica Mex.* 2023;65(Supl 1):S259–S267. <https://doi.org/10.21149/14754>
29. Ribeiro Filho FF, Mariosa LS, Ferreira SRG, Zanella MT. Visceral fat and metabolic syndrome: more than a simple association. *Arq Bras Endocrinol Metabol.* 2006;50(2):230–9. <https://doi.org/10.1590/S0004-27302006000200009>
30. Tayefi M, Tayefi B, Darroudi S, Mohammadi Bajgiran M, Mouhebati M, Heidari Bakavoli A, et al. There is an association between body fat percentage and metabolic abnormality in normal weight subjects: Iranian large population. *Transl Metab Syndr Res.* 2019;2(1):11. <https://doi.org/10.1016/j.tmsr.2019.08.001>
31. Mesa SG, Indhira M. Relación entre el grado de esteatosis hepática grasa no alcohólica por ultrasonografía y valores cuantitativos en el perfil lipídico de los pacientes con sobrepeso y obesidad atendidos en la consulta de atención primaria en el periodo abril mayo 2020 del

- Hospital Central de las Fuerzas Armadas [tesis]. Santo Domingo: Univ. Nacional Pedro Henríquez Ureña; 2020.
32. Mochizuki K, Miyauchi R, Misaki Y, et al. Accumulation of visceral fat is positively associated with serum ALT and γ GTP activities in healthy and preclinical middle aged Japanese men. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*. 2011;57(1):65–73. <https://doi.org/10.3177/jnsv.57.65>
 33. Kotronen A, Yki Järvinen H, Sevastianova K, Bergholm R, Hakkarainen A, Pietiläinen KH, et al. Comparison of the relative contributions of intra abdominal and liver fat to components of the metabolic syndrome. *Obesity (Silver Spring)*. 2011;19(1):23–28. <https://doi.org/10.1038/oby.2010.137>
 34. Liu Y, Chai S, Zhang X. Association between different parameters of adipose distribution and transient elastography assessed hepatic steatosis in American adults with diabetes, prediabetes and normal glucose tolerance. *Diabetes Metab Syndr Obes*. 2023;16:299–308. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S394564>
 35. Mukherjee S, Saha S, Banerjee U, Banerjee AK, Banerjee R. A correlational study of hepatic steatosis (fatty liver disease) and liver enzymes (ALT, AST, GGT) in the scenario of insulin resistance among young medicos. *Biosci Biotechnol Res Asia*. 2021;17(4):717–26. <https://doi.org/10.13005/bbra/2876>
 36. Tang L, Yuan B, Zhang F, et al. Visceral fat is associated with elevation of serum alanine aminotransferase and gamma glutamyltransferase in middle aged Chinese adults. *Postgrad Med J*. 2018;94(1117):641–46. <https://doi.org/10.1136/postgradmedj-2018-135644>
 37. Xuan Y, He F, Liu Q, et al. Elevated GGT to HDL ratio as a marker for the risk of NAFLD and liver fibrosis. *Sci Rep*. 2025;15(1):10. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-84649-w>
 38. Kyle UG, Schutz Y, Dupertuis YM, Pichard C. Body composition interpretation: contributions of the fat free mass index and the body fat mass index. *Nutrition*. 2003;19(7):597–603. [https://doi.org/10.1016/S0899-9007\(03\)00061-3](https://doi.org/10.1016/S0899-9007(03)00061-3)
 39. Salinas Mandujano RG, Reynoso Camacho R, Salgado LM, et al. A new approach using BMI and FMI as predictors of cardio vascular risk factors among Mexican young adults. *Eur J Invest Health Psychol Educ*. 2023;13(10):10. <https://doi.org/10.3390/ejihpe13100146>
 40. Karpe F, Pinnick KE. Biology of upper body and lower body adipose tissue—link to whole body phenotypes. *Nat Rev Endocrinol*. 2015;11(2):90–100. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2014.185>
 41. Akiyama H, Iwata F, Okada T. Lipoprotein subclass particle numbers in children with abdominal obesity. *Pediatr Int*. 2022;64(1):e15045. <https://doi.org/10.1111/ped.15045>
 42. Moreira VC, Silva CMS, Welker AF, da Silva ICR. Visceral adipose tissue influence on health problem development and its relationship with serum biochemical parameters in middle aged and older adults: a literature review. *J Aging Res*. 2022;2022:8350527. <https://doi.org/10.1155/2022/8350527>
 43. Castro AL, Arriaga HE, Palacios del C. Hepatic steatosis (HS) as a factor associated with the presence of metabolic risk in obese school aged children and adolescents. *Gac Med Mex*. 2014;150:95–100. PMID: 25643684
 44. Denova Gutiérrez E, Lara Castor L, Hernández Alcaraz C, et al. Prevalence and predictors of elevated liver enzyme levels in Mexico: The Mexican National Health and Nutrition Survey, 2016. *Ann Hepatol*. 2021;26:100562. <https://doi.org/10.1016/j.aohep.2021.100562>
 45. Sbarbati A, Accorsi D, Benati D, et al. Subcutaneous adipose tissue classification. *Eur J Histochem*. 2010;54(4):e48. <https://doi.org/10.4081/ejh.2010.e48>
 46. Hernández Avila M, Garrido F, Salazar Martínez E. Sesgos en estudios epidemiológicos. *Salud Pública México*. 2000;42(5):438–446. <https://www.scielosp.org/pdf/spm/v42n5/3995.pdf>
 47. Innes GK, Bhondoekhan F, Lau B, Gross AL, Ng DK, Abraham AG. The measurement error elephant in the room: challenges and solutions to measurement error in epidemiology. *Epidemiol Rev*. 2021;43(1):94–105. <https://doi.org/10.1093/epirev/mxab011>
 48. Ramírez-Silva I, Rodríguez-Ramírez S, Barragán-Vázquez S, et al. Prevalence of inadequate intake of vitamins and minerals in the Mexican population correcting by nutrient retention factors, Ensanut 2016. *Salud Publica Mex*. 2020;62(5):521-31. <https://doi.org/10.21149/11096>
 49. Yang S, Berdine G. Small sample size. *Southwest Respir Crit Care Chron*. 2023;11(49):52-5. <https://doi.org/10.12746/swrccc.v11i49.1251>
 50. Mattsson S, Thomas BJ. Development of methods for body composition studies. *Phys Med Biol*. 2006;51(13):R203–R228. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/51/13/R13>
 51. González J. Análisis de composición corporal y su uso en la práctica clínica en personas que viven con obesidad. *Rev Méd Clínica Las Condes*. 2022;33(6):615–22. <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2022.08.005>
 52. Kelly TL, Wilson KE, Heymsfield SB. Dual energy X Ray absorptiometry body composition reference values from NHANES. *PLoS One*. 2009;4(9):e7038. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0007038>
 53. Costa O, Alonso Aubin D, Patrocinio C, Candia Luján R, De Paz J. Métodos de evaluación de la composición corporal: una revisión actualizada de descripción, aplicación, ventajas y desventajas. *Arco. medicina deporte*. 2015;32(6):387–394. https://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/rev1_costa_moreira.pdf
 54. Murray R. Alanine aminotransferase. In: Kaplan A, editor. *Clin Chem*. St Louis: CV Mosby Co; 1984. p. 1088–90, 1112–16. https://www.spinreact.com/assets/files/Inserts/Bioquimica/BEIS11_GPT_ALT-2016.pdf
 55. Gendler S. Gamma GT. In: Kaplan A, editor. *Clin Chem*. St Louis: CV Mosby Co; 1984. p. 1120–23. https://www.spinreact.com/assets/files/Inserts/Bioquimica/BEIS08_GGT_2016.pdf

Recibido: 20/06/2025
Aceptado: 25/08/2025

Desayunos dominicanos con textura modificada para pacientes con disfagia

Yanilka Yulisa Alcántara Marte¹ , Yulisa Yanilka Alcántara Marte¹ , Yesenia María Ramírez Del Rosario¹ ,
Madeline Mariel Reynoso Fabián¹ , Martín Medrano² .

Resumen: Desayunos dominicanos con textura modificada para pacientes con disfagia. **Introducción:** La disfagia es una condición que impide la correcta deglución de los alimentos; alrededor del 8% de la población mundial padece de algún grado de esta, e impacta notablemente la calidad de vida de quienes la padecen, pudiendo ocasionar severos problemas de salud relacionados con la condición nutricional. **Objetivo:** Este estudio se centró en desarrollar formulaciones de desayunos dominicanos con textura modificada para pacientes con disfagia. **Materiales y métodos:** Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, evaluando el efecto de diferentes formulaciones consistentes en composiciones [Plátano con Jamón (PIJ), Plátano con Queso (PIQ), Yuca con Jamón (YJ), Yuca con Queso (YQ), Papa con Jamón (PJ), Papa con Queso (PQ), Batata con Jamón (BJ), Batata con Queso (BQ)] y viscosidades (pudding: 1,751-4,000 mPa.s, miel: 351-1,750 mPa.s y néctar: 51-350 mPa.s), sobre la valoración química aproximada y aceptación organoléptica de los desayunos. **Resultados:** Se pudo observar diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medias de los tratamientos para los análisis químicos (cenizas, humedad, proteínas, grasa y carbohidratos) y atributos sensoriales estudiados. Los desayunos con viscosidad de 351-1,750 mPa.s mostraron una mayor aceptación organoléptica. **Conclusiones:** Es posible el desarrollo de desayunos dominicanos con textura modificada para el consumo de los pacientes que padezcan la condición de disfagia y así mejorar su calidad de vida y estado nutricional. **Arch Latinoam Nutr 2025; 75(3): 175-183.**

Palabras clave: disfagia, desayuno, alimento con textura modificada, composición, viscosidad.

Abstract: dominican breakfasts with modified texture for patients with dysphagia. **Introduction:** Dysphagia is a condition that hinders the proper swallowing of food; around 8% of the global population suffers from some degree of it, significantly impacting the quality of life of those affected and potentially leading to severe health issues related to nutritional condition. **Objective:** This study focused on developing texture-modified dominican breakfasts formulations for dysphagic patients. **Materials and methods:** A completely randomized experimental design was used to evaluate the effect of different formulations consisting of compositions [Plantain with Ham (PIJ), Plantain with Cheese (PIQ), Cassava with Ham (YJ), Cassava with Cheese (YQ), Potato with Ham (PJ), Potato with Cheese (PQ), Sweet Potato with Ham (BJ), Sweet Potato with Cheese (BQ)] and viscosities (pudding: 1,751-4,000 mPa.s, honey: 351-1,750 mPa.s and nectar: 51-350 mPa.s) on the approximate chemical assessment and organoleptic acceptance of the breakfasts. **Results:** Significant differences ($p < 0.05$) were observed among treatment means for the chemical analyses (ash, moisture, protein, fat and carbohydrates) and sensory attributes studied. Breakfasts with viscosities ranging from 351-1,750 mPa.s showed higher organoleptic acceptance. **Conclusion:** It is possible to develop dominican breakfasts with modified texture for consumption by dysphagic patients, thus improving their quality of life and nutritional status. **Arch Latinoam Nutr 2025; 75(3): 175-183.**

Keywords: dysphagia, breakfast, modified texture food, composition, viscosity.

Introducción

La disfagia es la alteración de la capacidad de tragar, que puede ser atribuible a factores como la edad, enfermedades y trastornos fisiológicos. Esta condición representa un reto para la población geriátrica debido a que puede ocasionar serias complicaciones de salud como desnutrición, deshidratación y neumonía por aspiración, identificados como factores de riesgo de

¹Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad ISA. Santiago de Los Caballeros, República Dominicana. Av. Pte. Antonio Guzmán Fernández, Km. 5½, La Herradura. C.P. 51000. ²Escuela de Medicina. Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra, República Dominicana. Autor para la correspondencia: Yanilka Alcántara, e-mail: yalcantara@isa.edu.do



mortalidad en estos pacientes (1). De acuerdo con Nativ *et al.* (2), la incidencia de mortalidad y casos de neumonía por aspiración en pacientes con disfagia es alta, representando un 11 % y un 22%, respectivamente.

Según Kampuse *et al.* (3) a nivel mundial existen aproximadamente 590 millones de personas que padecen de trastornos de la deglución (disfagia) y diariamente necesitan alimentos con textura modificada (ATM) para asegurar la ingesta nutricional. La población en general presenta una prevalencia de disfagia entre el 2 % y el 16 %. En el caso particular de los adultos mayores se ha reportado una prevalencia de 26 % (4). En la República Dominicana es de 72 %, en pacientes con enfermedad de Párkinson (5), mientras en otras geografías se indica una prevalencia entre 52 – 82 % en pacientes con esta enfermedad (6).

Para mejorar la condición de vida y adecuar el estado nutricional de los pacientes con disfagia, la alimentación funge como un punto neurálgico. En este sentido, modificar la textura de los productos puede reducir los episodios de vómito, facilitar la deglución, disminuir el riesgo de neumonía por aspiración, además de aumentar el suministro de nutrientes y cumplir con las necesidades nutricionales individuales (6).

La modificación de la textura de los alimentos se basa en cambiar sus características en función a las necesidades de los pacientes, por lo que resulta una buena alternativa para mejorar la eficiencia de la deglución (7). No obstante, desarrollar este tipo de productos representa un reto porque la calidad nutricional de los ATM suele ser insuficiente para mantener ingestas nutricionales adecuadas. Además, las percepciones organolépticas negativas asociadas con las dietas para disfagia hacen que los casos de malnutrición aumenten (8).

En la República Dominicana no se encuentran registros de comercialización de alimentos con textura modificada para pacientes con disfagia, por lo que, para ofrecer opciones alimenticias viables para estos pacientes, se plantea desarrollar formulaciones de

desayunos con textura modificada a partir de materias primas típicas del país.

Materiales y métodos

Esta investigación se realizó durante el periodo de marzo a septiembre de 2022, en la Universidad ISA.

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar, evaluando el efecto de 17 tratamientos correspondientes a diferentes composiciones y viscosidades (pudding: 1,751-4,000 mPa.s, miel: 351-1,750 mPa.s y néctar: 51-350 mPa.s), sobre las variables de respuesta de esta investigación. De cada producto se realizaron 3 repeticiones, totalizando 51 unidades experimentales (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos evaluados (desayunos elaborados con diferentes composiciones y viscosidades).

Tratamiento	Composición	Viscosidad (mPa.s)
PIJN		51-350
PIJM	Plátano con Jamón (PIJ)	351-1,750
PIJP		1,751- 4,000
PIQN		51-350
PIQM	Plátano con Queso (PIQ)	351-1,750
PIQP		1,751- 4,000
YJN		51-350
YJM	Yuca con Jamón (YJ)	351-1,750
YQN		51-350
YQP	Yuca con Queso (YQ)	1,751- 4,000
PJN		51-350
PJM	Papa con Jamón (PJ)	351-1,750
PQN		51-350
PQM	Papa con Queso (PQ)	351-1,750
BJN		51-350
BJM	Batata con Jamón (BJ)	351-1,750
BQN	Batata con Queso (BQ)	51-350

Las letras finales N, M y P indican las viscosidades (N = néctar: 51-350 mPa.s, M = miel: 351-1,750 mPa.s y P = pudding: 1,751-4,000 mPa.s)

Tabla 2. Formulaciones de desayunos dominicanos con textura modificada estudiadas

Ingredientes	Tratamientos												
	PIJN	PIQN	PIJM	PIQM	PIQP	PIJP	BJN	BJM	BQN	YJN y YQN	YJM y YQM	PJN y PQN	PJM y PQM
	(%)												
Sal	0.44	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.41	0.41	0.41	0.407	0.41	0.41	0.41
Pimiento	0.80	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.70	0.70	0.70	0.69	0.60	0.70	0.40
Viveres*	3.70	11.50	11.50	11.80	13.00	8.67	9.40	20.00	20.00	9.60	12.00	20.00	28.50
Aguacate	1.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.50	1.50	1.50	2.034	1.00	1.80	0.80
Jamón /queso	8.50	6.00	6.00	6.00	6.00	5.60	6.00	6.00	6.00	5.51	5.50	7.00	6.00
Aceite	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Regulador de acidez	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	1.058	0.60	0.60	0.60
Agua	83.56	79.47	79.47	79.17	77.97	79.26	80.89	70.29	70.29	80.20	79.39	68.99	62.79
Espesante	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.66	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

*Papa/plátano/yuca/batata

La selección de estas composiciones o matrices de alimentos se efectuó con base a los productos de mayor consumo en República Dominicana para los desayunos, mientras que las texturas fueron escogidas atendiendo al criterio de De Luis *et al.* (9) para la producción de ATM, correspondiendo la textura de néctar a un rango de 51-350 mPa.s (líquidos que pueden beberse en una taza, o con ayuda de un sorbete); textura de miel para viscosidades entre 351 y 1750 mPa.s (líquidos que pueden beberse en una taza, pero no con sorbete) y la textura pudding para viscosidades superiores a 1750 mPa.s (productos que deben tomarse con una cuchara).

Preparación de los desayunos con textura modificada

Se recibieron las materias primas vegetales (plátanos, yuca, papas, batatas, pimientos y aguacates) y fueron lavadas y desinfectadas con solución de NaClO a 150 mg. L⁻¹ durante 3 minutos, tras lo cual fueron peladas y cortadas manualmente. Luego los ingredientes fueron pesados según las formulaciones (Tabla 2). Posteriormente fueron licuados en un triturador Oster clásica-BLST4655, el proceso inició agregando el tipo de víveres correspondiente: plátano / papa / yuca / batata en el agua y la sal. Después se adicionó el jamón / el queso, según correspondía; se añadió el regulador de

acidez, aguacate, pimentón y aceite y se mezcló hasta homogeneizar. Las mezclas obtenidas fueron colocadas en ollas de acero inoxidable y sometidas a cocción empleando una estufa Protege-PE405G durante 30 minutos a 85°C, a excepción de los tratamientos BJN, BJM y BQN, en los que la cocción se aplicó durante 30 minutos a 75°C. Por último, los productos calientes fueron envasados en frascos de vidrio de 113 g previamente esterilizados.

Variables evaluadas y métodos aplicados

La Tabla 3 contiene las variables evaluadas con los respectivos métodos empleados en cada caso.

Variables organolépticas

Previo a la evaluación sensorial de los desayunos desarrollados se realizaron valoraciones fisicoquímicas y los análisis microbiológicos referidos en la Tabla 3 para asegurar que fueran aptos para el consumo.

La evaluación sensorial de los productos fue efectuada en la Universidad ISA, por 30

Tabla 3. Variables evaluadas en los desayunos dominicanos con textura modificada

Análisis	Método
Variables de control*	
Viscosidad aparente	Viscosímetro digital (Brookfield DV-2T), husillo RV#3, 50 rpm.
pH	AOAC 943.02 (28)
Acidez libre	AOAC 942.15 (29)
Sólidos solubles	ISO 2173:2003 (30)
Concentración de sal	Potenciometría
Actividad de agua	Higrometría
Aerobios mesófilos	AOAC 966.23-2005 (31)
Coliformes totales	ISO 4832-2006 (32)
Recuento de hongos y levaduras	ISO 7954-2002 (33)
Variables de respuesta	
Humedad	Gravimetría: Kirk, Sawyer y Egan (34)
Cenizas totales	
Extracto etéreo	Soxhlet: AOAC, 1984 (35)
Proteína cruda	Kjeldahl: Zumbado (36)
Carbohidratos totales	Diferencia: Iturbe y Sandovall (37)
Color	
Olor	Prueba de aceptación hedónica adaptada a tres puntos
Sabor	
Textura	

*Estas fueron definidas como variables de control para confirmar que los productos estuvieran dentro de los rangos a estudiar y de los valores permitidos por las normativas.

panelistas no entrenados (y no disfágicos) que valoraron el color, olor, sabor y textura de los desayunos utilizando una escala de aceptación hedónica de tres puntos, siendo el 3 la máxima aceptación, 2 el valor medio y 1 el menor nivel de agrado. A cada panelista se le entregó una muestra de aproximadamente 25 gramos y se utilizó agua como agente borrador. La evaluación se efectuó en horas de la tarde.

El hecho de que los panelistas no presentaran el trastorno de disfgia se debió a que se trataba de una evaluación preliminar; posteriormente se aplicó el Método de exploración clínica

volumen-viscosidad, donde los sujetos evaluados no presentaron datos de broncoaspiración, demostrando la seguridad de estos ATM (estos resultados serán publicados próximamente y se realizará la comparación entre panelistas con y sin disfgia).

Análisis Estadístico

Los datos obtenidos durante esta investigación se analizaron con el paquete estadístico Statistix 8.0. Se realizaron análisis de varianza y las medias fueron separadas aplicando la prueba de Tukey al 95% de confiabilidad.

Resultados

Análisis proximal de los desayunos con textura modificada

Según se presenta en la Tabla 4, las formulaciones de los desayunos evaluados modificaron las respectivas composiciones proximales ($p < 0.05$). Los rangos obtenidos en los análisis proximales de los desayunos fueron: cenizas de 0.7367 (YJN) a 1.1500 % (PQM), humedad de 87.230 (BQN) a 93.817 % (PIJN), grasas de 0.140 (YJM) a 3.3467 % (YQN), proteínas de 0.666 (YJN) a 2.050 % (PIQN) e hidratos de carbono de 2.8033 (PIJN) a 8.6600 % (BQN).

Variables sensoriales de los desayunos con textura modificada

En la Tabla 5 se agrupan los resultados de las características organolépticas evaluadas en los

desayunos con textura modificada. Según estos resultados, se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) para las variables organolépticas estudiadas en los desayunos. Los rangos estuvieron comprendidos entre 1.9778 (PQN) y 2.5444 (PIQN), para el color; 1.8778 (PQN) y 2.4778 (PIQN) para el olor; 1.6444 (PIQM) y 2.3556 (PIJM) para el sabor y 1.8000 (PQN) y 2.4667 (PIJM) para la textura.

Los desayunos que resultaron con mayor nivel de aceptación global en los cuatro atributos evaluados fueron PIJM, PIQN y BJM; mientras que el desayuno menos aceptado respecto al color, olor y textura fue el PQN (papa más queso con viscosidad de néctar).

Tabla 4. Resultados nutricionales de los desayunos dominicanos con textura modificada

Tratamiento	Cenizas (%)	Humedad (%)	Grasas (%)	Proteínas (%)	Hidratos de Carbono (%)
PIJN	0.8300 ^{ab}	93.817 ^a	1.2733 ^{cde}	1.2733 ^{cd}	2.8033 ^g
PIJM	0.9933 ^{ab}	92.057 ^{abcd}	1.4200 ^{cde}	0.7800 ^e	4.7600 ^{defg}
PIJP	0.8500 ^{ab}	90.353 ^{cdefg}	0.2600 ^f	1.0000 ^{de}	7.5367 ^{abc}
PIQN	0.9567 ^{ab}	90.027 ^{defg}	0.4233 ^f	2.0500 ^a	6.5400 ^{abcde}
PIQM	0.8500 ^{ab}	90.290 ^{defg}	1.7867 ^{bc}	1.3467 ^{bcd}	5.7300 ^{cedf}
PIQP	0.8667 ^{ab}	89.483 ^{efg}	0.3033 ^f	1.6833 ^{abc}	7.6600 ^{abc}
YJN	0.7367 ^b	91.350 ^{bcde}	1.2633 ^{cde}	0.6660 ^e	5.9800 ^{bcdef}
YJM	0.9733 ^{ab}	91.213 ^{bcde}	0.1400 ^f	0.7725 ^e	6.9000 ^{abcd}
YQN	0.7900 ^b	89.707 ^{efg}	3.3467 ^a	1.4523 ^{bc}	4.7033 ^{defg}
YQP	0.7933 ^b	89.467 ^{efg}	0.2600 ^f	1.4500 ^{bc}	8.0333 ^{ab}
PJN	0.8433 ^{ab}	92.883 ^{ab}	0.7700 ^{ef}	1.4133 ^{bcd}	4.0900 ^{fg}
PJM	1.0467 ^{ab}	90.657 ^{cdef}	1.6700 ^{bcd}	1.3767 ^{bcd}	5.2500 ^{def}
PQN	0.9433 ^{ab}	90.620 ^{cdef}	2.1100 ^b	1.6667 ^{abc}	4.6633 ^{efg}
PQM	1.1500 ^a	88.750 ^{fgh}	1.8700 ^{bc}	1.6300 ^{abc}	6.5967 ^{abcde}
BJN	0.8833 ^{ab}	92.430 ^{abc}	1.1167 ^{de}	1.7400 ^{ab}	3.8300 ^{fg}
BJM	0.8433 ^{ab}	88.520 ^{gh}	1.6200 ^{bcd}	1.4867 ^{bc}	7.5300 ^{abc}
BQN	0.7667 ^b	87.230 ^h	1.8800 ^{bc}	1.4633 ^{bc}	8.6600 ^a
COVENIN*	-	-	Máx. 10	-	-
INEN**	-	-	-	Mín. 2.8 g/100 kcal	-

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia entre las medias de los tratamientos evaluados.

*COVENIN 2005: 1994 (Alimentos colados y picados, envasados para lactantes)

**INEN: NTE INEN 2009: 2013 (Alimentos colados y picados, envasados para lactantes y niños. Requisitos)

Tabla 5. Resultados de las características organolépticas de los desayunos dominicanos con textura modificada

Tratamiento	Color	Olor	Sabor	Textura
PIJN	2.1667 ^{bcd}	2.1000 ^{bcd}	2.1333 ^{abcde}	2.0889 ^{abcd}
PIJM	2.4000 ^{abc}	2.2889 ^{ab}	2.3556 ^a	2.4667 ^a
PIJP	2.0556 ^{cd}	1.9111 ^{cd}	1.6778 ^{fg}	2.0333 ^{bcd}
PIQN	2.5444 ^a	2.4778 ^a	2.3000 ^{ab}	2.4111 ^{ab}
PIQM	2.3222 ^{abcd}	2.0444 ^{bcd}	1.6444 ^g	2.1333 ^{abcd}
PIQP	2.2111 ^{abcd}	2.0556 ^{bcd}	1.8333 ^{defg}	2.1111 ^{abcd}
YJN	2.2000 ^{abcd}	2.0556 ^{bcd}	1.9111 ^{cdefg}	1.9667 ^{abcd}
YJM	2.4556 ^{ab}	2.1889 ^{abcd}	1.9556 ^{bcdefg}	2.1667 ^{cd}
YQN	2.1667 ^{bcd}	2.0000 ^{bcd}	1.7444 ^{fg}	1.8222 ^{abcd}
YQP	2.4556 ^{ab}	2.1333 ^{abcd}	1.8333 ^{defg}	2.2333 ^{abc}
PJN	2.2889 ^{abcd}	2.2556 ^{abc}	2.0111 ^{abcdefg}	2.0333 ^{bcd}
PJM	2.2111 ^{abcd}	2.1222 ^{abcd}	1.9556 ^{bcdefg}	2.1444 ^{abcd}
PQN	1.9778 ^d	1.8778 ^d	1.7667 ^{efg}	1.8000 ^d
PQM	2.3000 ^{abcd}	2.2667 ^{abc}	2.0444 ^{abcdef}	2.0222 ^{bcd}
BJN	2.0778 ^{cd}	2.0333 ^{bcd}	1.8444 ^{cdefg}	1.9667 ^{cd}
BJM	2.3778 ^{abc}	2.2333 ^{abcd}	2.2111 ^{abc}	2.1333 ^{abcd}
BQN	2.1778 ^{abc}	2.1111 ^{bcd}	2.2000 ^{abcd}	2.0111 ^{cd}

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia entre las medias de los tratamientos evaluados. Las terminaciones N, M y P de los códigos indican las viscosidades (N = néctar: 51-350 mPa.s, M = miel: 351-1,750 mPa.s y P = pudding: 1,751-4,000 mPa.s).

Discusión

Análisis proximal de los desayunos con textura modificada

Los resultados mostrados en la Tabla 4, confirman lo lógicamente esperado, y puede explicarse indicando que se trata de productos con diferentes fórmulas, incluso mezclas de materias primas de origen animal y vegetal y de diferentes consistencias. Estos resultados son corroborados por Chen y Rosenthal (10), quienes expresan que la estructura de los alimentos modificados es dependiente de los ingredientes que los componen y de los procesos aplicados para su elaboración. Además, Gallego *et al.* (11) destacan que tanto la composición como la

estructura son fundamentales al formular para lograr las características texturales deseadas y la eficacia general de los ATM para la digestión gastrointestinal, garantizando que satisfagan las necesidades específicas de la población con dificultades para masticar o tragar.

Salvo los datos colocados en la Tabla 4, los reglamentos y normas consultadas no indican parámetros sobre los productos elaborados en esta investigación. Se observa que los desayunos cumplen con el valor designado para las grasas en la norma COVENIN 2005: 1994 (12); no obstante, están por debajo del mínimo requerido por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (13) en la norma INEN 2009: 2013 para el porcentaje de proteínas. De acuerdo con Velasco y García (14), las operaciones usadas para modificar los alimentos disminuyen considerablemente el contenido de este

macronutriente. Para evitar esta situación, Kampuse *et al.* (3) agregaron 7% de aislado de proteína a sopas elaboradas con puré de zanahorias, papas y jugo de repollo para personas con disfagia.

De Luis *et al.* (9), reportan valores de 5-6 %, > 6 % y < 4.2 % de hidratos de carbono, proteínas y lípidos, respectivamente, en puré de huevo, calabacín y patatas preparado con textura modificada en el mercado español, siendo similares a los productos de esta investigación.

Al consultar el contenido de cenizas de las materias primas en la Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS) (15), se apreció que el mismo disminuyó en los productos elaborados con relación al de las materias primas utilizadas y algunas investigaciones sobre los métodos de cocción demuestran que el calor o calentamiento provoca pérdida del contenido de cenizas y otros nutrientes (16). Estos autores (16) también expresan que el contenido de humedad se incrementa al utilizar mayor cantidad de agua en la preparación del producto, lo cual es lógico y pudo comprobarse en esta investigación.

Respecto al contenido graso de los productos desarrollados, según la Unión Europea (17) un producto es considerado bajo en grasa cuando no contenga más de 3g de grasa por 100g de producto, para sólidos o 1.5g de grasa por 100 ml para líquidos. Como se puede apreciar en la Tabla 4, no todos los productos desarrollados se pueden considerar bajos en grasa; sin embargo, la grasa adicionada en estos productos fue aceite de oliva, lo que según Irles y García (18) representa que la composición de las grasas es baja en ácidos grasos saturados. Este tipo de ácidos grasos pueden aumentar el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares (19).

En cuanto al contenido de hidratos de carbono se observa que, después del contenido de humedad, este es el nutriente con mayor porcentaje en todos los tratamientos. Los carbohidratos representan la principal fuente de energía para el cuerpo humano, ya que es recomendable que del 45 – 60% de la energía aportada por la dieta provenga de este macronutriente, el cual aporta 4 kilocalorías por gramo (20).

En las demás literaturas consultadas no se encontraron datos para comparar los resultados de esta investigación, debido quizás a que no se han estudiado específicamente estos productos o se

evalúan otras características, como contenido de sal (21), vitaminas, minerales y compuestos bioactivos (3), propiedades mecánicas y estructurales (22), etc.

Variables sensoriales de los desayunos con textura modificada

En la Tabla 5 se agrupan los resultados de las características organolépticas evaluadas en los desayunos con textura modificada. En general, los valores indican promedios de aceptación con tendencia hacia el máximo nivel de satisfacción, a excepción del sabor, donde 9 de los 17 tratamientos estudiados obtuvieron valoraciones por debajo de 2. Esto puede explicarse por el argumento de Munialo *et al.* (23) y Schmidt *et al.* (6), quienes expresan que las características sensoriales de los ATM, principalmente el sabor, la apariencia y la sensación en la boca, normalmente se perciben de manera negativa.

La baja aceptación del desayuno correspondiente a papa más queso con viscosidad de néctar probablemente se deba a que los panelistas no están acostumbrados a la combinación de estos productos en esa textura. No obstante, Merino *et al.* (24) y Hall y Wendin (25) indican que una consistencia demasiado espesa como las verduras con textura modificada, no son aceptados por personas mayores con disfagia.

Respecto a las características sensoriales evaluadas en este estudio, Capello *et al.* (26) indican que el color está determinado por pigmentos que se encuentran en los alimentos de manera natural y que pueden ser modificados debido a procesos tecnológicos. Dahl (27), en su artículo sobre ATM para los adultos mayores, expresó que los alimentos al ser convertidos en puré son difíciles de reconocer, convirtiéndose el color en un aspecto clave para identificarlo.

Picallo (28) expresa que el olor es la percepción por medio de la nariz de sustancias volátiles liberadas por los alimentos. Además, Dahl (27) argumenta que el sabor es una de las características más importantes en alimentos

para pacientes con disfagia, al influir en la estimulación de la deglución; no obstante, puede ser afectado en el procesamiento.

Merino *et al.* (24) reportan resultados similares a los de esta investigación, donde los panelistas (no disfágicos) otorgaron puntuaciones superiores a 4.7 de 9.0 (equivalente a “ni me gusta ni me disgusta”) en la evaluación hedónica de guiso de garbanzos, estofado de pollo, lentejas con arroz, halibut con salsa verde y pasta a la boloñesa, siendo los primeros dos platos los más aceptados.

Conclusiones

Las formulaciones de los desayunos evaluados y sus respectivas viscosidades modificaron las composiciones químicas proximales (cenizas, humedad, grasas, proteínas e hidratos de carbono) y variables organolépticas estudiadas (color, olor, sabor y textura) y, en general, los valores asignados por los panelistas indican promedios de aceptación con tendencia hacia el máximo nivel de satisfacción en estos productos. Los resultados de este estudio sugieren que se pueden preparar fórmulas de desayunos dominicanos con texturas adaptadas para personas que presentan condición de disfagia con valor nutricional y sensorial aceptables.

Agradecimientos

Se expresa gratitud al Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico de la República Dominicana (FONDOCYT), proyecto No. 2018-2019-1B2-105, por su apoyo financiero a este estudio. Además, se agradece la colaboración del Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (MESCYT), la Universidad ISA, la Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra (PUCMM) y Centro de Nutrición Clínica (CNC). También se valora la contribución de todos los miembros que participaron en esta investigación.

Conflictos de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

Referencias

1. Doan T, Ho W, Wang L, Chang F, Nhu N, Chou L. Prevalencia y Métodos de Evaluación de la Disfagia Orofaríngea en Adultos Mayores: Una Revisión Sistemática y un Metanálisis. *J. Clin. Med.* 2022; 11(9): 2605. <https://doi.org/10.3390/jcm11092605>
2. Nativ N, Nachalon Y, Kaufman MW, Seeni IC, Bastea S, Aulakh SS *et al.* Predictores de neumonía por aspiración y mortalidad en pacientes con disfagia. *The Laryngoscope* [Internet]. 2022;132(6):1172–6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1002/lary.29770>
3. Kampuse S, Ozola L, Krūma Z, Kļava D, Galoburda R, Straumite E *et al.* Composición nutricional de la textura de origen vegetal: alimentos modificados para pacientes con disfagia. *Proc Latv Acad Sci Sect B Nat Exact Appl Sci* [Internet]. 2022;76(1):22–9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2478/prolas-2022-0004>
4. Rajati F, Ahmadi N, Naghibzadeh ZA, Kazeminia M. The global prevalence of oropharyngeal dysphagia in different populations: a systematic review and meta-analysis. *J Transl Med* 2022;20(1). <http://doi.org/10.1186/s12967-022-03380-0>
5. Hernández J, Tejada S, De Núñez S, Madera A, Pérez A, Cambero A. Prevalencia de síntomas de disfagia orofaríngea en pacientes ancianos con párkinson [Tesis de Grado]. República Dominicana: Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra; 2017.
6. Schmidt H, Komeroski MR, Steemburgo T, Oliveira VR. Influence of thickening agents on rheological properties and sensory attributes of dysphagic diet. *J Texture Stud.* 2021, 52 (5-6): <https://doi.org/10.1111/jtxs.12596>
7. Vargas García MA, Delprado Aguirre AF, Posada Salazar V, Grajales Gómez L. Factores limitantes del uso de las consistencias en la alimentación del paciente con disfagia: percepción del cuidador principal. *Rev Investig Logop* 2023; 13(1), 2-9: <https://doi.org/10.5209/rlog.82300>
8. Ahmed M, editor. *Dysphagia: New advances.* London, England: IntechOpen; 2022. <http://doi.org/10.5772/intechopen.95743>
9. De Luis DA, Aller R, Izaola O. Menú de textura modificada y su utilidad en pacientes con situaciones de riesgo nutricional. *Nutr Hosp.* 2014;29(4):751–759. <https://doi.org/10.3305/nh.2014.29.4.7003>.
10. Chen J, Rosenthal A. Food texture and structure. In *modifying food texture.* Eds.; Woodhead Publishing: Cambridge, UK, 2015; Vol 1, pp. 3–24.
11. Gallego M, Barat JM, Grau R, Talens P. Compositional, structural design and nutritional aspects of texture-modified foods for the elderly *Trends Food Sci Technol.* 2022; 119:152–163. <http://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.12.008>
12. Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). *Alimentos Colados y Picados, Envasados para Lactantes.* Norma COVENIN 2005:1994. Caracas: FONDONORMA; 1994. <https://sigbs.sencamer.gob.ve/cgi-bin/koha/opac-retrieve-file.pl?id=d7b669c973d69b7d30763cd4c65efec9>

13. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). Alimentos Colados y Picados, Envasados para Lactantes y Niños. Requisitos. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2009:2013. Quito
14. Velasco C, García P. Tecnología de alimentos y evolución en los alimentos de textura modificada: del triturado o el deshidratado a los productos actuales. *Nutr Hosp* 2014;29(3):465–469. <https://doi.org/10.3305/NH.2014.29.3.7153>
15. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) y Organización Panamericana de la Salud (OPS). Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica. INCAP SEÑ Sociedad Española de Nutrición. 2012 <https://www.sennutricion.org/media/tablas/INCAP.pdf>
16. Viganó CP, Silva SN, Cremonezi JC, Vannucchi PG, Campanelli MM. Variation in the energy and macronutrient contents of texture modified hospital diets. *Rev Chil Nutr* 2011; 38(4): 451-457. <http://doi.org/10.4067/S0717-75182011000400008>
17. Unión Europea. Reglamento (CE) No 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo. Sobre las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables que se hacen en los alimentos [Internet]. 2007 [citado 13 diciembre 2024]. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02006R1924-20141213>
18. Irlés Rocamora JA, García-Luna PP. El menú de textura modificada; valor nutricional, digestibilidad y aportación dentro del menú de hospitales y residencias de mayores. *Nutr. Hosp.* 2014;29(4):873–879. <https://doi.org/10.3305/nh.2014.29.4.7285>
19. Office of Disease Prevention and Health Promotion [ODPHP]. Pautas Alimentarias para estadounidenses, 2015-2020. 2016 https://odphp.health.gov/sites/default/files/2019-10/DGA_Cut-Down-On-Saturated-Fats-SP.pdf
20. Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires [UNNOBA]. Taller de Alimentación y Hábitos Saludables. s.f. <https://www.unnoba.edu.ar/wp-content/uploads/2020/05/alimentaci%C3%B3n-clase-4-archivo-2-Carbohidratos.pdf>
21. Ascrizzi GI, Martini D, Piazza L. Nutritional quality of dysphagia-oriented products sold on the Italian market. *Front Nutr* 2024; 11:1425878 <http://doi.org/10.3389/fnut.2024.1425878>
22. Ang CL, Goh KKT, Lim K, Matia-Merino L. High-Protein foods for dysphagia: manipulation of mechanical and microstructural properties of whey protein gels using de-structured starch and salts. *Gels*. 2022;8(7):399. <https://doi.org/10.3390/gels8070399>
23. Munialo CD, Kontogiorgos V, Euston SR, Nyambayo I. Rheological, tribological and sensory attributes of texture modified foods for dysphagia patients and the elderly: A review *Int J Food Sci Technol* 2020;55(5):1862–1871. <http://doi.org/10.1111/ijfs.14483>
24. Merino G, Marín-Arroyo MR, Beriain MJ, Ibáñez FC. Dishes adapted to dysphagia: sensory characteristics and their relationship to hedonic acceptance 2021;10(2):480. <http://doi.org/10.3390/foods10020480>
25. Hall G, Wendin K. Sensory design of foods for the elderly. *Ann Nutr Metab* 2008;52(Suppl. 1):25–28. <http://doi.org/10.1159/000115344>
26. Capello M, Igartúa D, Sceni P. Aroma, sabor y color. 2017 <http://alimentos.web.unq.edu.ar/wp-content/uploads/sites/57/2016/03/06-Aroma-sabor-y-color-1.pdf>.
27. Dahl W. Modified Texture Food Production: A Manual Food Production for Patient Care Facilities. Florida: Dietitians of Canada; 2018.
28. Picallo A. Análisis sensorial de los alimentos: el imperio de los sentidos. En: Encrucijadas UBA N° 46. Universidad de Buenos Aires. 2009 http://repositoriouba.sisbi.uba.ar/gsd/collect/encrucij/index/assoc/HWA_257.dir/257.PDF.
29. Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC). Método 943.02: pH de la harina. Método potenciométrico, 18a edición; AOAC: Gaithersburg, MD, USA, 2005.
30. Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC). Método 942.15: Acidez (titulable) de productos de frutas, 18a edición; AOAC: Gaithersburg, MD, USA, 2005.
31. ISO 2173:2003, Productos de frutas y hortalizas. Determinación de sólidos solubles. Método refractométrico. Ginebra (CH): Organización Internacional de Normalización; 2003. <https://www.iso.org/standard/35851.html>
32. Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC). Método 966.23: Métodos microbiológicos, 18a edición; AOAC: Gaithersburg, MD, USA, 2005.
33. ISO 4832:2006, Microbiología de alimentos y piensos animales - Método horizontal para el recuento de coliformes - Técnica de recuento en placa. Ginebra (CH): Organización Internacional de Normalización; 2006 <https://www.iso.org/standard/38275.html>
34. ISO 7954:2002, Microbiología general - Directrices para el recuento de microorganismos - Técnica de recuento en placa vertida a 25 grados C. Ginebra (CH): Organización Internacional de Normalización; 2002. <https://vdocuments.es/hc-iso-7954-hongos-y-levaduras.html>
35. Kirk RS, Sawyer R, Egan H. Composición y análisis de alimentos de Pearson. 2da ed. México: Compañía Editorial Continental; 1996.
36. Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC). Métodos oficiales de análisis de la AOAC, 14a edición; AOAC: Arlington, VA, 1984.
37. Zumbado H. Análisis Químico de los Alimentos Métodos Clásicos. 2da ed. La Habana, Cuba: Editorial Universitaria; 2022.
38. Iturbe F, Sandoval J. Manual de análisis de alimentos, fundamentos y técnicas. Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México. 2011.

Recibido: 17/12/2024
Aceptado: 08/07/2025

Factores psicosociales asociados a la calidad dietética en estudiantes universitarios del sureste de México: un análisis según identidad étnica

María del Pilar Ramírez-Díaz¹ , Edna Isabel Rodríguez-López² , Yolanda Campos-Uscanga³ ,
Ana María González-Ponce⁴ , Jorge Fernando Luna-Hernández¹ .

Resumen: Factores psicosociales asociados a la calidad dietética en estudiantes universitarios del sureste de México: un análisis según identidad étnica. **Introducción:** La calidad dietética es uno de los factores modificables asociados con mayor mortalidad. Estudiar la dieta de los universitarios es relevante, ya que, se encuentran expuestos a factores como estrés, calidad de sueño, desregulación emocional, que impactan en el comportamiento alimentario. Además, las diferencias étnicas en este grupo poblacional han sido poco estudiadas. **Objetivo:** Identificar los factores asociados a la calidad de la dieta y su diferencia por identidad étnica de universitarios del sureste de México. **Materiales y métodos:** Se realizó un estudio transversal en 182 universitarios a través de una encuesta en línea. Se determinó la calidad de la dieta mediante la encuesta MINI-ECCA y se evaluaron factores como el IMC, estrés, actividad física, calidad del sueño y alimentación emocional. Se utilizó el paquete estadístico SPSS V27, con el que se realizaron análisis de tipo descriptivo, se estimaron coeficientes de correlación de Pearson y modelos predictivos por medio de regresión lineal, considerando un valor significativo de $p < 0,05$. **Resultados:** En la muestra total, una ingesta saludable (mayor calidad dietética) tuvo relación negativa con la respuesta a la saciedad ($\beta = -1,163$), esta asociación se mantuvo en estudiantes indígenas, donde además la ingesta saludable se asoció al estrés percibido; mientras que en estudiantes mestizos no se encontraron asociaciones. La respuesta a la saciedad ($\beta = -1,250$) y el estrés percibido ($\beta = -0,620$) se consideraron variables predictoras para una ingesta saludable en el grupo de estudiantes indígenas. **Conclusiones:** Existen diferencias en algunos factores asociados a la ingesta saludable considerando la etnicidad por lo que las intervenciones deben adaptarse culturalmente. **Arch Latinoam Nutr 2025; 75(3): 184-195.**

Palabras clave: Alimentación emocional; calidad de dieta; calidad del sueño; estrés percibido; población indígena

Abstract: Factors associated with diet quality in college students: differences by ethnic identity. **Introduction:** Dietary quality is one of the modifiable factors associated with higher mortality. Studying the diet of university students is relevant, as they are exposed to factors such as stress, sleep quality, and emotional dysregulation, which impact eating behavior. In addition, ethnic differences in this population group have been little studied. **Objective:** To identify the factors associated with diet quality and its differences by ethnic identity among university students in southeastern Mexico. **Materials and methods:** A cross-sectional study was conducted on 182 university students through an online survey. Diet quality was determined using the MINI-ECCA survey, and factors such as BMI, stress, physical activity, sleep quality, and emotional eating were evaluated. The SPSS V27 statistical package was used to perform descriptive analyses, estimate Pearson correlation coefficients, and develop predictive models using linear regression, considering a significant value of $p < 0,05$. **Results:** In the total sample, higher dietary quality was negatively related to satiety response ($\beta = -1,163$). This association was maintained in indigenous students, where diet quality was also associated with perceived stress, while no associations were found in mestizo students. Satiety response ($\beta = -1,250$) and perceived stress ($\beta = -0,620$) were considered predictor variables for a higher quality diet in the indigenous student group. **Conclusions:** There are differences in some factors associated with diet quality considering ethnicity, so interventions must be culturally adapted. **Arch Latinoam Nutr 2025; 75(3): 184-195.**

Keywords: Eating behavior; diet quality; sleep quality; perceived stress; indigenous population

Introducción

La dieta es uno de los factores más asociados al mantenimiento de la salud, incluso se ha considerado que la calidad de la dieta podría relacionarse de manera independiente con una reducción de la mortalidad por todas las

¹Unidad de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad del Istmo. Carretera Transistmica Juchitán - La Ventosa Km. 14, C.P. 70102. La Ventosa, Oaxaca, México. ²Escuela de Nutrición, Universidad Regional del Sureste, Oaxaca, México. ³Universidad Veracruzana. Av. Dr Luis, Dr. Castelazo Ayala s/n, Col. Industrial Ánimas, C.P. 91193 Xalapa-Enríquez, Veracruz, México. ⁴Universidad del Papaloapan campus Tuxtepec. Tuxtepec, Oaxaca, México. Autor para la correspondencia: Jorge Fernando Luna Hernández, e-mail: analistaver09@gmail.com



causas hasta en un 28% (1). No obstante, la ingesta alimentaria está determinada por una gran variedad de factores, entre ellos; el ambiente en el que se desarrolla el individuo, características sociales, fisiológicas, psicológicas y genéticas; además de aspectos cognitivo-afectivos. Dichos factores influyen tanto en la cantidad como en la calidad de la dieta (2).

Actualmente, la población mexicana ha enfrentado cambios en los patrones de alimentación, transitando de una dieta tradicional caracterizada por alimentación a base de maíz, frutas y verduras, a una dieta occidentalizada representada por el consumo de bebidas azucaradas, cereales refinados, comida rápida, dulces y postres (3). Estos cambios han sido el reflejo de una transición demográfica caracterizada por la urbanización de las zonas rurales y por la migración de la población indígena a las ciudades, aumentando el consumo de alimentos procesados y ultraprocesados, incidiendo de manera negativa en el estado nutricional (4).

En este sentido, un grupo vulnerable a los cambios en los hábitos dietéticos son los universitarios, ya que, el ingreso a la universidad constituye un cambio drástico en el estilo de vida que puede generar nuevos desafíos y afectar significativamente la salud de los estudiantes (5). La vida universitaria puede ser causa de angustia, y altos niveles de estrés que impactan la calidad de vida. Esto puede provocar efectos negativos inmediatos en la calidad del sueño y el bienestar general, los cuales son relevantes debido a que influyen en la cognición y el rendimiento académico (6). Además, se ha reportado que la ansiedad, el estrés y la depresión se han asociado a patrones de alimentación poco saludables en estudiantes universitarios (7). Aunado a lo anterior, se ha documentado que en los grupos minoritarios, como es el caso de la población indígena, existe un mayor riesgo de desarrollar enfermedades no transmisibles y se infiere que parte de esta disparidad es atribuible a factores de riesgo modificables, incluida la ingesta dietética (8). En México, es común que para estudiar la universidad algunos estudiantes indígenas abandonen sus lugares natales, lo que puede

generar cambios en su estilo de vida y exacerbar la aculturación, influyendo en sus patrones alimentarios, de ahí que resulte crucial, identificar los factores que influyen en la alimentación de los estudiantes indígenas para generar intervenciones encaminadas a mejorar la calidad de su dieta (9).

Por otro lado, uno de los principales retos actuales a enfrentar que condiciona la calidad de la dieta es el comportamiento alimentario, dentro del cual se han identificado tres condiciones de riesgo: la alimentación emocional, la alimentación externa y la alimentación restringida (10). La alimentación emocional se caracteriza por el consumo excesivo de alimentos en respuesta a emociones como la ira, el miedo y la ansiedad, mientras que la alimentación externa se refiere a comer en respuesta a señales externas relacionadas con los alimentos, sin considerar las señales internas de hambre y saciedad (10). Por último, la alimentación restringida implica la intención de limitar la ingesta de alimentos para controlar el peso, ignorando las señales fisiológicas de hambre y saciedad (10). Todos estos comportamientos alimentarios son poco saludables y pueden conducir al consumo excesivo de alimentos.

En estudiantes universitarios preocupa la alimentación emocional. Este comportamiento puede originarse por diferentes razones, como usar la comida para lidiar con emociones negativas o confundir sensaciones de hambre y saciedad con cambios emocionales (11). Además, los estudiantes universitarios indígenas pueden pasar por mayores presiones y estrés aculturativo y lingüístico que pueden conllevar a depresión y ansiedad, lo cual puede tener implicaciones en el comportamiento alimentario (12). Algunas investigaciones han evidenciado que el estrés crónico puede conllevar a la obesidad (OB), a través del consumo excesivo de calorías y un consecuente incremento en la producción de cortisol, glucosa e insulina (13). Por otro lado, la actividad física (AF) se ha asociado con mejor calidad de los alimentos consumidos, mejorando las señales de hambre y saciedad, además de ayudar a modular algunas señales hormonales y el metabolismo energético (14), sin embargo, en la etapa universitaria, la presión, la carga académica y la mala gestión del tiempo, suelen reportarse como barreras para realizarla (15).

Los años universitarios son un momento clave en el que los estudiantes pueden consolidar hábitos aprendidos previamente, aprender nuevos patrones y reemplazar los antiguos (7). Si bien, existe cada vez más

evidencia sobre los factores que pueden incidir en la calidad de la dieta de los estudiantes universitarios (7), la evidencia sobre cómo estos factores se relacionan con la etnicidad en la compleja etapa universitaria para estudiantes indígenas; es escasa, justificación por la cual, el objetivo de este estudio fue identificar los factores asociados a la calidad de la dieta y las diferencias de acuerdo con la identidad étnica de universitarios del sureste de México, una región caracterizada por alto grado de pobreza, indigenismo y marginación.

Materiales y métodos

Diseño del estudio y participantes

Se realizó un estudio transversal y analítico, en dos universidades del Sur de México, se incluyeron 182 estudiantes universitarios (110 indígenas y 72 mestizos), mayores de edad, con acceso a internet y que otorgaron su consentimiento informado. El tamaño de la muestra se estimó a través del programa Epidat 4,2 considerando una potencia estadística del 90% y una correlación esperada de 0,302 de acuerdo con un estudio previo que relaciona el IMC con el estrés (16). La selección de la muestra fue no probabilística, ya que, se proporcionó una encuesta a través de internet utilizando la plataforma de Google Forms, la cual estuvo disponible de febrero a julio del año 2023.

Variables

Dependiente: Calidad de la dieta.

Independientes: IMC, calidad del sueño, alimentación emocional (divido en dos categorías y ocho dimensiones), estrés percibido, sueño y actividad física.

Instrumentos

Información sociodemográfica

La obtención de la información sociodemográfica se realizó mediante un cuestionario de datos generales, donde se obtuvo el sexo, edad, estado civil, nivel socioeconómico, entre otras.

El nivel socioeconómico se midió de acuerdo con la metodología de la Asociación Mexicana de agencias de inteligencia de Mercado y Opinión (AMAI) que permite agrupar y clasificar a los hogares mexicanos en siete

niveles según su capacidad de satisfacer sus necesidades, clasificadas en seis dimensiones: capital humano, infraestructura práctica, conectividad y entretenimiento, infraestructura sanitaria, planeación y futuro e infraestructura básica y espacio (17).

Identidad étnica

La autoadscripción indígena se definió tomando en cuenta tres criterios: si habla alguna lengua indígena, si sus padres hablan alguna lengua indígena o si se identifica como indígena (18), quienes cumplieran con uno de estos criterios fueron considerados indígenas.

Evaluación de la calidad dietética

Para la evaluación dietética se utilizó la Mini encuesta de calidad del consumo alimentario (MINI-ECCA) la cual está diseñada y validada para evaluar la calidad del consumo de alimentos en población mexicana ($K=0,422-0,585$), consta de 14 preguntas que se basan en las recomendaciones mexicanas e internacionales de consumo de alimentos y bebidas, viene incluido con apoyo visual para estimar las cantidades de alimentos. Su escala es de tipo Likert y clasifica la calidad de la dieta en tres categorías: ingesta saludable, hábitos que necesitan mejorarse e ingesta no saludable, considerando la ingesta saludable como una dieta de mayor calidad, categoría que se tomará como referencia (19).

Obtención de medidas antropométricas

El índice de masa corporal (IMC) se obtuvo por el autorreporte de peso y talla, se ha encontrado buena correlación entre el IMC obtenido por autorreporte y cuando es medido por personal capacitado (20). Para minimizar el sesgo asociado al autoreporte de talla y peso, las preguntas de la encuesta fueron formuladas de manera precisa y clara, solicitando a los participantes que proporcionaran cifras exactas. Antes de responder se enfatizó la importancia y confidencialidad de la información proporcionada, con el fin de aumentar la confianza y disminuir la probabilidad de respuestas inexactas. Este procedimiento, se

ha reportado en la literatura y ha demostrado ser eficaz para reducir la sobreestimación o subestimación en medidas autorreportadas (21). Posteriormente, se clasificó de acuerdo con los criterios establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Calidad del sueño

La calidad del sueño se evaluó mediante el índice de calidad de sueño de Pittsburgh, esta encuesta fue diseñada por el departamento de psiquiatría de la Universidad de Pittsburgh en 1988, evalúa tanto aspectos cualitativos como cuantitativos de la calidad del sueño en el mes previo a la aplicación. Consta de 19 preguntas que deben ser respondidas por el propio sujeto. Dentro de los aspectos que se evalúan se encuentran: la calidad subjetiva, la latencia, la duración, la eficiencia habitual, las perturbaciones, el uso de hipnóticos y la disfunción diurna. Las puntuaciones de los componentes van de 0 (sin dificultad) a 3 (dificultad grave) y su suma da una puntuación global de 0 a 21, una puntuación mayor a 5 se considera indicativa de una mala calidad de sueño. La encuesta fue validada en población mexicana con valores de confiabilidad adecuados ($\alpha=0.78$) (22). En nuestra muestra el α de Cronbach obtenido fue de 0,793.

Estrés percibido

El estrés percibido se midió por medio el instrumento de estrés percibido de Cohen, Kamarak, y Mermelstein, el cual fue diseñado con el fin de conocer qué tan estresantes perciben las personas los eventos de la vida cotidiana por lo menos durante el último mes, a su vez, interroga en qué grado las personas creen que ejercen control sobre las situaciones inesperadas o estresantes. Se utilizó la versión de 14 ítems, los ítems de la escala puntúan en una escala tipo Likert de 5 puntos. La encuesta fue validada en población mexicana con adecuados valores de confiabilidad ($\alpha=0,83$). Cabe destacar que para diseñar esta escala se partió de la base de que el estrés es influenciado por estresores diarios, eventos vitales, y por los medios y recursos de los cuales la persona

disponga en un determinado momento (23). En nuestra muestra el α de Cronbach obtenido fue de 0,802.

Alimentación emocional

Mientras que la alimentación emocional fue evaluada por el cuestionario Adult Eating Behaviour Questionnaire (AEBQ-Esp), esta encuesta ha sido validada en adultos mexicanos, con adecuados valores de confiabilidad en todas sus dimensiones (α entre 0,70 y 0,86). El cuestionario consiste en ocho dimensiones organizadas en dos categorías: rasgos proingesta y rasgos antiingesta. Dentro de los rasgos proingesta se incluyen las dimensiones de hambre, respuesta a los alimentos, sobrealimentación emocional y disfrute de los alimentos. Dentro de la categoría de rasgos antiingesta se encuentran las dimensiones respuesta a la saciedad, subalimentación emocional, actitud remilgada y lentitud al comer. Cada pregunta fue respondida utilizando una Escala Likert de cinco puntos: "muy en desacuerdo", "en desacuerdo", "ni de acuerdo, ni en desacuerdo", "de acuerdo" y "muy de acuerdo" (24). En nuestra muestra el α de Cronbach obtenido fue de 0,883.

Actividad física

La actividad física fue medida por medio del Cuestionario Internacional de Actividad Física (IPAQ) versión corta la cual ha sido validada en población mexicana (CCI= 0,31-0,57), consta de 7 preguntas que indican la frecuencia, intensidad, duración de la AF, así como el tiempo que permanecen sentados. La AF se clasifica de acuerdo con criterios establecidos en: baja, moderada y alta (25).

Análisis estadístico

Previo al análisis estadístico, se llevó a cabo una revisión de los datos para identificar y excluir valores extremos e inconsistentes. Aquellos datos que se encontraban fuera de los rangos plausibles establecidos fueron eliminados.

El análisis se llevó a cabo por medio del paquete estadístico SPSS V27, las variables cualitativas se presentaron como frecuencias absolutas y porcentajes; mientras que las variables cuantitativas en medias y desviaciones estándar. Las comparaciones de medias entre grupos (indígenas y mestizos) se realizó a través del estadístico t para variables independientes. Para la búsqueda de asociaciones entre la calidad dietética y las variables independientes se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para la muestra total y para

mestizos e indígenas. Finalmente se realizó un modelo de regresión lineal para el grupo de estudiantes mestizos y otro para el grupo de estudiantes indígenas considerando como variable dependiente la calidad dietética y como variables independientes calidad del sueño, estrés percibido y todas las dimensiones de alimentación emocional, ajustados por edad. Se evaluaron los supuestos fundamentales para el modelo de regresión, incluyendo la normalidad de los residuos y la homocedasticidad. Para todos los análisis se consideró un valor significativo de $p < 0,05$.

Consideraciones éticas

El protocolo fue aprobado por el Comité de Investigación y el Comité de Ética en Investigación del Instituto de Salud Pública de la Universidad Veracruzana bajo los números de registro CI-ISP-13-2022 y CEI-ISP-UV-R02/2023, respectivamente.

Resultados

La mayoría de los participantes se autoidentificaron como indígenas aunque solo el 13% señaló hablar alguna lengua indígena. El nivel socioeconómico predominante fue el medio. Solo una persona declaró vivir en unión libre, por lo que el “estado civil” prácticamente no aporta variabilidad y en consecuencia no es una variable que se analice en profundidad (Tabla 1).

Las medias de IMC se ubicaron en el rango de peso normal aunque bastante cercanos al límite superior. Los estudiantes que se autoadscriben indígenas reportan valores similares a los mestizos en cuanto al IMC, ingesta saludable, MET´s por semana, calidad del sueño y alimentación emocional (Tabla 2).

En la muestra total la ingesta saludable de alimentos tuvo relación negativa de magnitud pequeña con la respuesta a la saciedad. Mientras que el estrés percibido se relacionó positivamente con la calidad del sueño y negativamente con la lentitud al comer, estas asociaciones también fueron de magnitud pequeña. Las dimensiones de comportamiento alimentario (nodos 7 a 16) mostraron relaciones entre sí con magnitudes mayormente medianas y grandes (Tabla 3).

Al realizar el análisis por grupos étnicos, en estudiantes indígenas la ingesta saludable se

Tabla 1. Características generales de la población de estudio

Variable	n=182	%
Sexo		
Mujer	139	76,4
Hombre	43	23,5
Indígena ¹		
Sí	110	60,4
No	72	39,6
Lengua indígena		
Sí	24	13,2
No	158	86,8
Estado civil		
Soltero(a)	182	99,5
Unión libre	1	0,5
NSE ²		
Bajo	72	39,6
Medio	95	52,2
Alto	15	8,2

¹Autoascripción indígena. ² Nivel socioeconómico; bajo (E,D,D+), medio (C-,C,C+) y alto (A/B) clasificación AMAI 2020.

asoció con el estrés percibido ($r = -0,233$) y la respuesta a la saciedad ($r = -0,250$), mientras que en estudiantes mestizos no mostró asociaciones. El IMC se relacionó positivamente con la sobrealimentación emocional ($r = 0,197$) en estudiantes indígenas y con la subalimentación emocional ($r = 0,237$) en estudiantes mestizos. Así mismo, la calidad del sueño se relacionó únicamente con el estrés percibido ($r = 0,317$) en indígenas, mientras que en mestizos además del estrés ($r = 0,244$) se relacionó con rasgos proingesta ($r = 0,261$), respuesta a los alimentos ($r = 0,320$), disfrute de la comida ($r = 0,336$) y actitud remilgosa ($r = 0,321$). En ambos grupos las dimensiones de comportamiento alimentario (nodos 7 a 16) mostraron relaciones entre sí (Figura 1).

Tabla 2. Comparaciones de medias entre estudiantes indígenas y mestizos

	Indígenas (n = 110)		Mestizos (n = 72)		p
	Media	DE	Media	DE	
Edad	20,31	1,97	20,33	1,83	0,934
IMC	24,86	4,49	24,91	4,78	0,948
Ingesta saludable	48,12	16,91	49,51	14,14	0,563
Hábitos necesitan mejorar	52,43	15,12	53,34	9,53	0,672
Ingesta no saludable	52,83	11,95	53,22	9,53	0,817
AF (MET ´s por semana)	1791,89	1755,29	1634,03	1668,93	0,546
Calidad del sueño	8,58	3,39	8,40	3,00	0,716
Estrés percibido	30,71	6,83	29,07	9,21	0,170
Rasgos pro-ingesta	52,45	13,33	52,01	12,33	0,823
Hambre	15,40	4,40	15,15	4,09	0,704
Respuesta a los alimentos	11,83	3,65	11,53	3,81	0,596
Sobrealimentación emocional	13,94	5,22	14,32	5,51	0,637
Disfrute de los alimentos	11,29	2,71	11,01	2,48	0,487
Rasgos anti-ingesta	53,94	11,02	52,90	10,21	0,525
Respuesta a la saciedad	11,35	3,60	10,86	3,18	0,355
Subalimentación emocional	14,37	4,93	13,65	5,32	0,352
Actitud remilgosa	17,13	3,15	16,90	3,19	0,641
Lentitud al comer	11,09	2,74	11,49	3,00	0,360

Diferencia $p < 0,05$ (prueba t).

Tabla 3. Coeficiente de correlación entre ingesta saludable, actividad física, calidad del sueño, estrés percibido y comportamiento alimentario en la muestra total

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. Ingesta saludable	1														
2. Edad	,035	1													
3. IMC	-,033	,117	1												
4. Minutos de actividad física	-,006	,129	,008	1											
5. Calidad del sueño	-,092	-,069	-,090	-,078	1										
6. Estrés percibido	-,129	-,060	-,076	,030	,280**	1									
7. Rasgos proingesta	,081	,127	,058	-,033	,023	-,073	1								
8. Hambre	,033	,069	,037	-,075	-,003	-,121	,833**	1							
9. Respuesta a los alimentos	,020	,115	,040	-,047	,131	-,029	,864**	,674**	1						
10. Sobrealimentación emocional	,144	,119	,040	-,028	-,057	-,062	,781**	,449**	,509**	1					
11. Disfrute de la comida	,027	,109	,084	,083	,050	,003	,757**	,608**	,706**	,365**	1				
12. Rasgos antiingesta	-,089	,073	,049	-,101	,076	-,112	,316**	,361**	,262**	,202**	,173*	1			
13. Respuesta a la saciedad	-,163*	,042	,015	-,103	,033	-,060	,110	,183*	,031	,126	-,055	,783**	1		
14. Subalimentación emocional	-,110	,055	,079	-,063	,065	-,035	,068	,187**	,091	-,044	-,007	,826**	,540**	1	
15. Actitud remilgosa	,001	,029	-,005	-,082	,119	-,076	,529**	,468**	,453**	,333**	,527**	,547**	,254**	,189*	1
16. Lentitud al comer	,060	,091	,025	-,053	-,001	-,200**	,345**	,321**	,281**	,313**	,144	,726**	,485**	,453**	,301**

*significancia $< 0,05$; **significancia $< 0,005$. Nota: se resaltan con negritas las asociaciones significativas

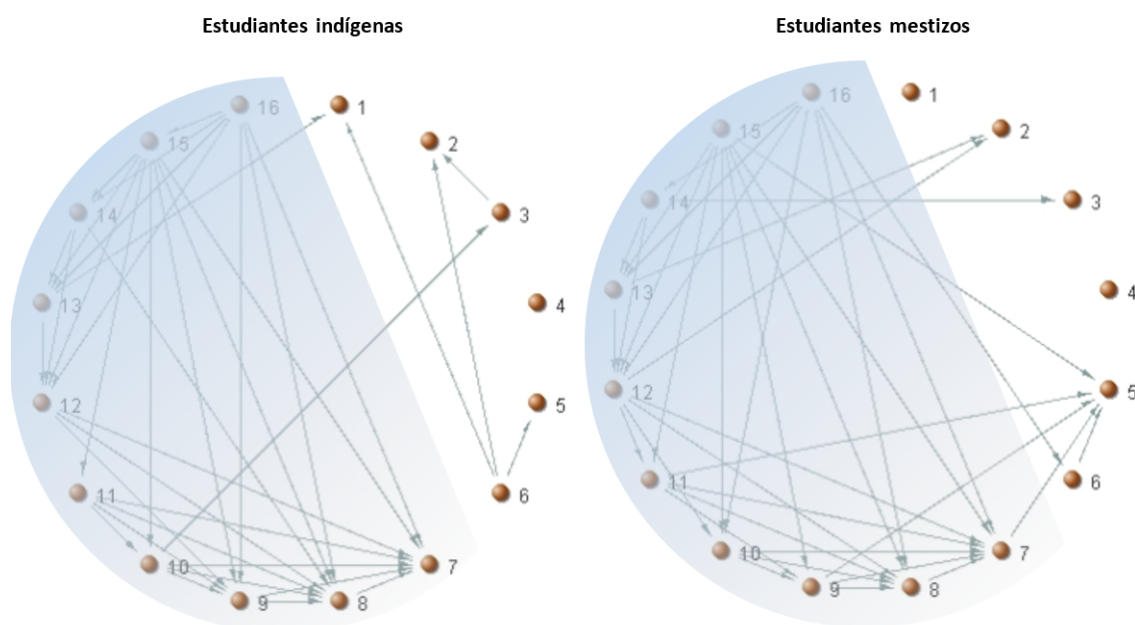


Figura 1. Red de asociaciones entre la calidad de dieta , actividad física, calidad del sueño, estrés percibido y alimentación emocional en estudiantes indígenas y mestizos

Nota: 1 = Ingesta saludable; 2 = Edad; 3 = IMC; 4 = Minutos de actividad física; 5 = Calidad del sueño; 6 = Estrés percibido; 7 = Rasgos proingesta; 8 = Hambre; 9 = Respuesta a los alimentos; 10 = Sobrealimentación emocional; 11 = Disfrute de la comida; 12 = Rasgos antiingesta; 13 = Respuesta a la saciedad; 14 = Subalimentación emocional; 15 = Actitud remilgosa; 16 = Lentitud al comer
Líneas más gruesas representan asociaciones más fuertes.

Las variables sombreadas en azul corresponden a las dimensiones de comportamiento alimentario

Al realizar los análisis multivariados, en estudiantes mestizos no se encontraron variables predictoras de calidad dietética (ingesta saludable de alimentos). Mientras que en estudiantes indígenas se encontró que las variables predictoras con efecto negativo son la respuesta a la saciedad y el estrés percibido, aunque el modelo tuvo capacidad predictiva pequeña (Tabla 4).

Tabla 4. Modelo predictivo de mayor calidad dietética (variable dependiente) en estudiantes indígenas

Variable	B	IC	t	P
Constante	81,35	63,88 – 98,81	9,235	0,000
Respuesta a la saciedad	-1,250	-2,093 – -0,406	-2,937	0,004
Estrés percibido	-0,620	-1,065 – -0,175	-2,763	0,007

R² = 0,125. Nota: En el modelo se incluyeron todas las dimensiones de comportamiento alimentario, calidad del sueño y estrés percibido, ajustados por edad.

Discusión

El objetivo de esta investigación fue identificar los factores asociados a la calidad de la dieta y su diferencia por identidad étnica de universitarios del sureste de México, como resultados primarios encontramos que la ingesta saludable se relacionó negativamente con la respuesta a la saciedad. Considerando las diferencias étnicas en estudiantes indígenas la ingesta saludable se asoció con el estrés percibido y la respuesta a la saciedad, siendo ambas variables predictoras con efecto negativo para una alimentación de mayor calidad. Por su parte, en estudiantes mestizos no se observaron resultados relevantes.

Como parte de nuestros hallazgos secundarios encontramos de manera general que el estrés percibido se asoció positivamente con la baja calidad del sueño y negativamente con la lentitud al comer. Respecto a los

estudiantes indígenas el IMC se relacionó positivamente con la sobrealimentación emocional, mientras que, la calidad del sueño se relacionó únicamente con el estrés percibido. Por otro lado, en estudiantes mestizos el IMC se relacionó positivamente con la subalimentación emocional. En cuanto a la calidad del sueño, esta se relacionó con el estrés percibido, rasgos de proingesta, respuesta a los alimentos, disfrute de la comida y actitud remilgosa. Resultados que se discutirán en los siguientes párrafos.

Como se ha mencionado los universitarios son particularmente vulnerables a la modificación de patrones alimentarios debido a los desafíos y el estrés de la vida universitaria, afectando no sólo su estado nutricional, sino la calidad del sueño, el bienestar y el rendimiento académico (5,7). Sin embargo, los estudios sobre la relación de la calidad de la dieta, la alimentación emocional, el estrés, la calidad del sueño y la actividad física son apenas incipientes, e incluso nulos considerando la perspectiva indígena.

Se hipotetiza que las personas con niveles altos de respuesta a las señales de hambre y saciedad pueden identificar cuándo tienen hambre o están satisfechas (26). En este sentido, uno de los principales hallazgos de nuestra investigación es la relación negativa entre la ingesta saludable y la respuesta a la saciedad, este resultado puede ser contradictorio, ya que se esperaría que la calidad de los nutrientes, la textura, la densidad energética entre otras características de la alimentación saludable influyera de manera positiva en la saciedad. Sin embargo, nuestro resultado coincide con lo encontrado por López y colaboradores en universitarios del sur de Estados Unidos en donde la calidad de la dieta se asoció negativamente con la subescala de confianza en las señales de saciedad de la escala de alimentación intuitiva ($\beta = -0,08, p \leq 0,05$) (26), y con los resultados de otro estudio en población de Polonia (27). No obstante, los resultados de otras investigaciones han sido inconsistentes, ya que otros estudios han reportado una correlación positiva (28,29), o

incluso ninguna correlación (30), lo que demuestra lo compleja que es la interacción entre señales internas de hambre y saciedad con la selección y el consumo alimentario.

Esto conlleva a considerar otros factores psicológicos importantes en la regulación de la ingesta como las conductas alimentarias, emociones, estados de ánimo entre otros que influyen en la composición y tamaño de la comida (31). Lo anterior cobra mayor sentido, ya que los resultados de esta investigación mostraron una relación significativa entre la baja calidad del sueño y mayor estrés percibido en estudiantes indígenas y mestizos. La evidencia de esta relación también se ha demostrado en estudiantes universitarios de otros países latinoamericanos (32). Esto significaría, que tanto el estrés como la calidad del sueño podrían influir en la conducta alimentaria y calidad dietética. En este sentido, una revisión sistemática (33) evidenció que el consumo de alimentos saludables se asoció con una alta calidad del sueño, mientras que el mayor consumo de alimentos industrializados se asoció con una baja calidad del sueño. Otro estudio concluyó que los patrones alimentarios poco saludables son comunes en la población universitaria y se relacionan con la presencia de ansiedad, estrés y depresión (7). En relación con esto la exposición al estrés desencadena la activación del eje hipotalámico-pituitario-suprarrenal (HPA), induciendo la liberación de glucocorticoides desde la corteza suprarrenal (34). La evidencia existente ha logrado vincular la activación crónica de la respuesta biológica al estrés y su consecuente adaptación alostática, con aumento o disminución del consumo energético, OB, síndrome metabólico y enfermedades cardiovasculares, así como con el abuso de sustancias y enfermedades mentales (35), lo cual vulnera a este grupo poblacional.

Estudiantes mestizos

Por su parte, en estudiantes mestizos el IMC se asoció con la subalimentación alimentación emocional, esto contrasta con otros estudios donde no se encontró relación entre la restricción alimentaria y el IMC (36,37). Considerando que la restricción implica la intención de limitar la ingesta de alimentos para controlar el peso, ignorando las señales fisiológicas de hambre y saciedad, es posible que los estudiantes mestizos estén más expuestos o sean más susceptibles a las presiones por los ideales de delgadez, por lo que es posible que la conciencia de exceso de peso este

dando respuestas emocionales de subalimentación como medida compensatoria (36).

Con respecto a la calidad del sueño se observó que una baja calidad del sueño se asoció al estrés, y a otras conductas particulares, como conductas proingesta. Esto también se demostró en otro estudio de universitarios, donde la baja calidad del sueño se asoció con una mayor ingesta, picoteo entre comidas, remplazo de comidas principales por bocadillos y horarios de comida irregulares (38). Esto se podría explicar porque la reducción de la duración del sueño se asocia con una disminución de la leptina, importante hormona para la regulación de la saciedad, y niveles elevados de grelina, potente hormona orexigénica, lo cual conlleva a un balance energético alterado (39). La regulación alterada del apetito produce mayor ingesta y almacenamiento de energía en los adipocitos con la concomitante reducción en la utilización de energía, lo que conlleva a OB y otras complicaciones (40).

Estudiantes indígenas

En estudiantes indígenas la ingesta saludable se relacionó con el estrés percibido y la respuesta a la saciedad, este hallazgo se evidenció en un estudio en Brasil, donde se mostró que los estudiantes universitarios con una dieta de baja calidad tenían niveles más altos de estrés percibido, mientras que, aquellos con niveles elevados de estrés tenían casi tres veces más probabilidades de tener una dieta de baja calidad (41). En este sentido, el estrés puede provocar una ingesta irregular de alimentos, induciendo tanto a conductas proingesta o antiingesta (42).

Por otro lado, el IMC se relacionó con la sobrealimentación emocional, lo cual coincide con lo encontrado en un estudio con 2231 participantes japoneses utilizando el mismo instrumento (43). Este hallazgo, además, coincide con la evidencia de que la alimentación emocional está relacionada con un aumento de peso debido a la elección de alimentos hipercalóricos, palatables, más baratos y accesibles, pero bajos en nutrientes (44).

En cuanto a la calidad del sueño se mostró una relación con el estrés percibido, en este sentido, estudios en poblaciones indígenas indican un mayor riesgo de sufrir trastornos del sueño en comparación con las poblaciones no indígenas (45). Además, existen otros factores asociados al estrés en grupos indígenas como la colonización, la marginación

socioeconómica, política, la discriminación racial y la aculturación, lo cual coincide con un estudio en indígenas de Grecia, en los cuales se reportó mayor riesgo de sufrir problemas emocionales (46). En este sentido la discriminación percibida tiene un efecto negativo significativo tanto en la salud física como mental, a través de respuestas de estrés exacerbadas y a la participación en conductas no saludables (47). Asimismo, se ha referido al estrés aculturativo como potencial factor para el desarrollo de ansiedad y depresión en sujetos indígenas. En un reciente estudio en indígenas Nahuas de México, se identificó que la discriminación étnica y lingüística, así como el estrés aculturativo son predictores importantes de peor salud (12).

Por otra parte, en nuestra muestra, la respuesta a la saciedad disminuida, fue un importante predictor de alimentación saludable en el grupo indígena, lo cual difiere de los mestizos donde no se observó dicha asociación. Esto podría explicarse por diferencias genéticas, por ejemplo, en un estudio genético en indígenas Tepehuas de México, se reportaron algunos polimorfismos en el gen de la leptina y su receptor, lo que conllevó a concentraciones más bajas de leptina en Tepehuas en comparación con los mestizos (48). Esto, sumado al hecho de que los participantes de nuestro estudio eran estudiantes universitarios, con mayores conocimientos en salud, y que podrían mantener una alimentación más tradicional y mayor actividad física como se reportó en un estudio anterior en la región (49), podría explicar la asociación entre la respuesta a la saciedad disminuida, aumento del apetito, pero con una alimentación más saludable en los estudiantes indígenas.

Cabe señalar que, aunque el análisis multivariado solo identificó a la respuesta a la saciedad y al estrés percibido como los predictores de calidad de la dieta, variables que no fueron significativas como la actividad física o la calidad del sueño merecen exploraciones futuras con muestras más amplias ya que los coeficientes de correlación si bien no resultan significativos si se acercan a serlo.

Existen algunas limitaciones inherentes en nuestro estudio, por ejemplo, el diseño a través de una encuesta en línea auto reportada puede generar algunos sesgos de la información. Además, el corte transversal no permite identificar asociaciones causales. Sin embargo, la fortaleza de este estudio es que permitió vislumbrar la diferencia de acuerdo con la etnicidad entre la calidad de la dieta y algunos factores psicosociales, lo cual, incita a generar más evidencia científica que involucre otros métodos investigativos. Además, hasta donde sabemos, es el primer estudio en su tipo en el sureste de México.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados de esta investigación podemos concluir que en los universitarios indígenas la respuesta a la saciedad y el estrés percibido fueron variables predictoras de una alimentación saludable. En ambos grupos de estudiantes el IMC se relacionó con la alimentación emocional, sin embargo, fueron asociaciones diferenciadas ya que en estudiantes indígenas se relacionó con la sobrealimentación emocional y en estudiantes mestizos con la subalimentación emocional. Por otro lado, la calidad del sueño se asoció con el estrés percibido. No obstante, dichos resultados deben ser tomados con cautela, debido a la poca evidencia y a las propias limitaciones del estudio, por lo tanto, es necesario generar más sustento científico que permita evidenciar las diferencias étnicas en cuanto a las variables psicosociales presentes en los universitarios, para mejorar su alimentación y estilos de vida. De igual manera, es importante considerar que en un país como México que alberga un porcentaje importante de diversidad étnica los tomadores de decisiones deberán considerar estas diferencias para crear políticas públicas enfocadas y dirigidas que puedan asegurar el éxito de las intervenciones nutricionales.

Agradecimientos

A las autoridades educativas que permitieron la realización de este proyecto.

Conflictos de intereses

Ninguno declarado.

Referencias

1. Ramón-Arhués E, Granada-López JM, Martínez-Abadía B, Echániz-Serrano E, Antón-Solanas I, Jerue BA. Factors Related to Diet Quality: A Cross-Sectional Study of 1055 University Students. *Nutrients*. 2021;13(10):3512. <https://doi.org/10.3390/nu13103512>
2. Rojas-Hernández M, Morales-Koelliker D. Capacidad saciante y tamaño de porción para comida y snack en universitarios mexicanos. *Arch. Latinoam. Nutr.* 2020;70 (3): 174-181. <https://doi.org/10.37527/2020.70.3.003>
3. Angulo E, Stern D, Castellanos-Gutiérrez A, Monge A, Lajous M, Bromage S, et al. Changes in the Global Diet Quality Score, Weight, and Waist Circumference in Mexican Women. *J Nutr.* 2021; 151(Suppl 2):152S-161S. <https://doi.org/10.1093/jn/nxab171>
4. Baker P, Machado P, Santos T, Sievert K, Backholer K, Hadjikakou M, et al. Ultra-processed foods and the nutrition transition: Global, regional and national trends, food systems transformations and political economy drivers. *Obes Rev.* 2020;21(12):e13126. <https://doi.org/10.1111/obr.13126>
5. Solomou S, Logue J, Reilly S, Perez-Algorta G. A systematic review of the association of diet quality with the mental health of university students: implications in health education practice. *Health Educ Res.* 2023;38(1):28-68. <https://doi.org/10.1093/her/cyac035>
6. Wunsch K, Fiedler J, Bachert P, Woll A. The Tridirectional Relationship among Physical Activity, Stress, and Academic Performance in University Students: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health.* 2021; 18(2):739. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020739>
7. Ramón-Arhués E, Granada-López JM, Martínez-Abadía B, Echániz-Serrano E, Antón-Solanas I, Jerue BA. The Association between Diet and Sleep Quality among Spanish University Students. *Nutrients*. 2022;14(16):3291. <https://doi.org/10.3390/nu14163291>
8. Fagetti A, Martínez-Buenabad E, Reinoso-Niche J. La interculturalidad invisible: los estudiantes de pueblos originarios y los retos de la educación superior. *Iberoforum*. <https://doi.org/10.48102/if.2024.v4.n1.331>
9. Bennett G, Bardon LA, Gibney ER. A Comparison of Dietary Patterns and Factors Influencing Food Choice among Ethnic Groups Living in One Locality: A Systematic Review. *Nutrients*. 2022;14(5):941. <https://doi.org/10.3390/nu14050941>
10. Van Strien T, Frijters JE, Bergers GP, Defares PB. The dutch eating Behavior Questionnaire (DEBQ) for assessment of restrained, emotional, and external eating behavior. *Int J Eat Disord.* 1986;5(2):295-315.

11. Konttinen H. Emotional eating and obesity in adults: the role of depression, sleep and genes. *Proc. Nutr. Soc.* 2020; 79(3):283-289. <https://doi.org/10.1017/S0029665120000166>
12. Olko J, Galbarczyk A, Maryniak J, et al. The spiral of disadvantage: Ethnolinguistic discrimination, acculturative stress and health in Nahua indigenous communities in Mexico. *Am J Biol Anthropol.* 2023; 181(3):364-378. <https://doi.org/10.1002/ajpa.24745>
13. Plackett B. The vicious cycle of depression and obesity. *Nature.* 2022;608(7924):S42-S43. <https://doi.org/10.1038/d41586-022-02207-8>
14. Carraça EV, Rodrigues B, Teixeira DS. A Motivational Pathway Linking Physical Activity to Body-Related Eating Cues. *J Nutr Educ Behav.* 2020;52(11):1001-1007. <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2020.08.003>
15. Brown CEB, Richardson K, Halil-Pizzirani B, Atkins L, Yücel M, Segrave RA. Key influences on university students' physical activity: a systematic review using the Theoretical Domains Framework and the COM-B model of human behaviour. *BMC Public Health.* 2024;24(1):418. <https://doi.org/10.1186/s12889-023-17621-4>
16. Scacchia S, Ferrari M, Leoni L, Rodríguez P. Inseguridad Alimentaria, estrés materno y sobrepeso en niños que asisten a dos salas municipales. *Actual. nutr.* 2013; 14(4): 287-298. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/en/lil-771550>
17. Asociación Mexicana de Agencias de Inteligencia de Mercado y Opinión. Cuestionario para la Aplicación de la Regla AMAI 2022 y Tabla de Clasificación. Asociación Mexicana de Agencias de Inteligencia de Mercado y Opinión; Ciudad de México, México: 2022. https://amai.org/descargas/Nota_Metodologico_NSE_2022_v5.pdf
18. Montenegro RA, Stephens C. Indigenous health in Latin America and the Caribbean. *The Lancet.* 2006; 367(9525): 1859-1869. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(06\)68808-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(06)68808-9)
19. Bernal-Orozco MF, Salmeron-Curiel PB, Prado-Arriaga RJ, et al. Second Version of a Mini-Survey to Evaluate Food Intake Quality (Mini-ECCA v.2): Reproducibility and Ability to Identify Dietary Patterns in University Students. *Nutrients.* 2020;12(3):809. <https://doi.org/10.3390/nu12030809>
20. Quick V, Byrd-Bredbenner C, Shoff S, et al. Concordance of self-report and measured height and weight of college students. *J Nutr Educ Behav.* 2015; 47(1), 94-98. <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2014.08.012>
21. Fayyaz K, Bataineh MF, Ali HI, Al-Nawaiseh AM, Al-Rifai' RH, Shahbaz HM. Validity of Measured vs. Self-Reported Weight and Height and Practical Considerations for Enhancing Reliability in Clinical and Epidemiological Studies: A Systematic Review. *Nutrients.* 2024; 16: 1704. <https://doi.org/10.3390/nu16111704>
22. Jiménez-Guenchi A, Monteverde-Maldonado E, Nenclares-Portocarrero A, Esquivel-Adame G, de la Vega-Pacheco A. Confiabilidad y análisis factorial de la versión en español del índice de calidad de sueño de Pittsburg en pacientes psiquiátricos. *Gac Med Mex.* 2008; 144(6):491-496.
23. Gonzalez MT, Landero RL. Factor structure of the Perceived Stress Scale (PSS) in a sample from Mexico. *Span J Psychol.* 2007; 10(1):199-206. <https://doi.org/10.1017/s1138741600006466>
24. Hunot-Alexander C, Arellano-Gómez LP, Smith AD, et al. Examining the validity and consistency of the Adult Eating Behaviour Questionnaire-español (AEBQ-Esp) and its relationship to BMI in a Mexican population. *Eat Weight Disord.* 2022; 27(2):651-663. <https://doi.org/10.1007/s40519-021-01201-9>
25. Medina C, Barquera S, Janssen I. Validity and reliability of the International Physical Activity Questionnaire among adults in Mexico. *Rev Panam Salud Publica.* 2013;34(1):21-28.
26. Lopez TD, Hernandez D, Bode S, Ledoux T. A complex relationship between intuitive eating and diet quality among university students. *J Am Coll Health.* 2023;71(9):2751-2757. <https://doi.org/10.1080/07448481.2021.1996368>
27. Małachowska A, Jeżewska-Zychowicz M. Polish Adaptation and Validation of the Intuitive (IES-2) and Mindful (MES) Eating Scales-The Relationship of the Concepts with Healthy and Unhealthy Food Intake (a Cross-Sectional Study). *Nutrients.* 2022;14(5):1109. <https://doi.org/10.3390/nu14051109>
28. Camilleri GM, Méjean C, Bellisle F, Andreeva VA, Kesse-Guyot E, Hercberg S, Péneau S. Intuitive eating dimensions were differently associated with food intake in the general population-based NutriNet-Santé study. *J. Nutr.* 2017; 147(1): 61-69. <https://doi.org/10.3945/jn.116.234088>
29. Horwath C, Hagmann D, Hartmann C. Intuitive eating and food intake in men and women: Results from the Swiss food panel study. *Appetite.* 2019; 135: 61-71. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2018.12.036>
30. Barad A, Cartledge A, Gemmill K, Misner NM, Santiago CE, Yavelow M, Langkamp-Henken B. Associations between intuitive eating behaviors and fruit and vegetable intake among college students. *J Nutr Educ Behav.* 2019; 51(6): 758-762. <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2019.03.010>
31. Ni D, Smyth HE, Mayr H, Gunness P, Cozzolino D, Gidley MJ. Food type, human physiology, and psychology factors affect food intake, perceived satiation, and satiety differently-an exploratory study. *Int J Food Sci Technol.* 2024; 59(11): 8431-8433. <https://doi.org/10.1111/ijfs.17131>
32. Sánchez-Sánchez Z. Relación del estrés y la calidad de sueño en estudiantes universitarios: Revisión bibliográfica. *Anuario.* 2020; 1(1): 272-283.
33. Godos J, Grosso G, Castellano S, Galvano F, Caraci F, Ferri R. Association between diet and sleep quality: A systematic review. *Sleep Medicine Reviews.* 2021. 57: 101430. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2021.101430>
34. Davison B, Singh GR, McFarlane J. Hair cortisol and cortisone as markers of stress in Indigenous and non-Indigenous young adults. *Stress.* 2019; 22(2) 210-220. <https://doi.org/10.1080/10253890.2018.1543395>
35. Ketheesan S, Rinaudo M, Berger M, et al. Stress, allostatic load and mental health in Indigenous Australians. *Stress.* 2020; 23(5): 509-518. <https://doi.org/10.1080/10253890.2020.1732346>
36. Benbaibeche H, Saidi H, Bounihi A, Koceir EA. Emotional and external eating styles associated with obesity. *J Eat Disord.* 2023; 11(1):67. <https://doi.org/10.1186/s40337-023-00797-w>

37. Warkentin S, Costa A, Oliveira A. Validity of the Adult Eating Behavior Questionnaire and Its Relationship with Parent-Reported Eating Behaviors among Adolescents in Portugal. *Nutrients*. 2022; 14: 1301. <https://doi.org/10.3390/nu14061301>
38. Faris ME, Vitiello MV, Abdelrahim DN, et al. Eating habits are associated with subjective sleep quality outcomes among university students: findings of a cross-sectional study. *Sleep Breath*. 2022; 26: 1365–1376 . <https://doi.org/10.1007/s11325-021-02506-w>
39. Bayon V, Leger D, Gomez-Merino D, Vecchierini MF, Chennaoui M. Sleep debt and obesity. *Ann Med*. 2014; 46(5):264-72. <https://doi.org/10.3109/07853890.2014.931103>.
40. Spiegel K, Tasali E, Penev P, Van Cauter E. Brief communication: Sleep curtailment in healthy young men is associated with decreased leptin levels, elevated ghrelin levels, and increased hunger and appetite. *Ann Intern Med*. 2004; 141(11):846-50. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-141-11-200412070-00008>.
41. Galvão LLP, Santos TSS, Slater B, et al. Diet quality and associated factors in Brazilian undergraduates during the COVID-19 pandemic. *Front. Nutr*. 2023; 10:1169147. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1169147>
42. Rakha A, Mehak F, Shabbir MA, et al. Insights into the constellating drivers of satiety impacting dietary patterns and lifestyle. *Front Nutr*. 2022; 9:1002619. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1002619> .
43. Murakami K, Shinozaki N, Yuan X, Tajima R, Matsumoto M, Masayasu S, Sasaki S. Food Choice Values and Food Literacy in a Nationwide Sample of Japanese Adults: Associations with Sex, Age, and Body Mass Index. *Nutrients* 2022, 14, 1899. <https://doi.org/10.3390/nu14091899>
44. Konttinen H. Emotional eating and obesity in adults: the role of depression, sleep and genes. *Proc. Nutr. Soc*. 2020; 79(3):283-289. <https://doi.org/10.1017/S0029665120000166>
45. Yiallourou SR, Maguire GP, Eades S, Hamilton GS, Quach J, Carrington MJ. Sleep influences on cardio-metabolic health in Indigenous populations. *Sleep Med*. 2019; 59:78-87. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2018.10.011>.
46. Georgiadi K, Tsiftis D, Fotiadou A, et al. "How Do Greeks Sleep?" A Cross-Sectional Study among Indigenous and Minority Populations. *Maedica (Bucur)*. 2022; 17(3):615-627. <https://doi.org/10.26574/maedica.2022.17.3.615> .
47. Williams DR, Lawrence JA, Davis BA, Vu C. Understanding how discrimination can affect health. *Health Serv Res*. 2019; 54 (Suppl 2):1374-1388. <https://doi.org/10.1111/1475-6773.13222> .
48. Delgadillo-Guzmán D, Sharara-Núñez AI, Pedroza-Escobar D, Castillo-Maldonado I, Quintanar-Escorza MA. Leptin G-2548A and Leptin Receptor Q223R Gene Polymorphisms are Differently Associated with Oxidative Process in Mexican Mestizo and Indigenous with Obesity. *Endocr Metab Immune Disord Drug Targets*. 2021; 21(8):1413-1422. <https://doi.org/10.2174/1871530320666201009161630>
49. Ramírez-Díaz MdP, Luna-Hernández JF, López-Cruz EL, González-Jiménez A. Dietary patterns associated with physical activity and sedentary behavior in university students in Mexico. *Rev. chil. Nutr*. 2023; 50 (4): 392-400. <http://doi.org/10.4067/s0717-75182023000400392>.

Recibido: 24/05/2025
Aceptado: 07/08/2025

Alergias alimentarias: aspectos clave para su definición, diagnóstico y tratamiento nutricional

M Camila Dávila López^{1,2} , Sandra L Restrepo-Mesa^{1,2} , Anghy M Burgos-Salazar^{1,2} , Carlos Chinchilla^{3,4} ,
Carlos Hugo Torres Salinas^{5,6} , Luis Miguel Becerra-Granados⁷ , Guadalupe Morales de León⁸ ,
Caterine Henao Roldan⁹ .

Resumen: Alergias alimentarias: aspectos clave para su definición, diagnóstico y tratamiento nutricional.

Introducción: Las alergias alimentarias (AA) tienen una prevalencia creciente y un impacto significativo en el estado nutricional de los pacientes. Se caracteriza por síntomas cutáneos, respiratorios, cardiovasculares y gastrointestinales, cuyo tratamiento inicial está centrado en la eliminación del alérgeno alimentario. **Objetivo:** documentar aspectos clave de la definición, diagnóstico y tratamiento nutricional de las AA. **Materiales y métodos:** revisión narrativa (2023–2024) de artículos científicos encontrados en Pubmed, Dialnet, ScienceDirect y Embase, además libros y guías de manejo, usando descriptores como “alergia alimentaria”, “nutrición infantil” y “dieta de eliminación”. **Resultados:** se partió de 921 documentos, en el análisis se incluyeron 65. La prevalencia mundial en edad pediátrica varía entre 1-8%. Los alérgenos más comunes son proteínas de la leche de vaca y huevo. El diagnóstico incluye pruebas cutáneas, IgE específica y de provocación oral. El tratamiento principal es la eliminación dietética, además de inmunoterapia y fármacos para aminorar síntomas. Se encontró que las AA pueden afectar el estado nutricional y alterar el crecimiento y desarrollo de los menores. **Discusión:** la AA compromete la salud nutricional infantil, asociado a carencias nutricionales causadas por malabsorción y bajo consumo de nutrientes por las dietas de eliminación, prácticas evitativas y restrictivas. Su diagnóstico y tratamiento requieren equipos interdisciplinarios y acompañamiento familiar. Aún existen vacíos en protocolos e investigaciones sobre el impacto nutricional. **Conclusiones:** la AA se clasifica según el mediador inmunológico implicado, requiere de un diagnóstico y tratamiento guiado por dieta de eliminación. La atención médico - nutricional oportuna y adaptada al contexto, es clave para prevenir la malnutrición. **Arch Latinoam Nutr 2025; 75(3): 196-208.**

Palabras clave: Hipersensibilidad alimentaria, alergia alimentaria, nutrición infantil, estado nutricional, dieta de eliminación, deficiencia nutricional, calidad de vida.

Abstract: Food allergies: key aspects for their definition, diagnosis and nutritional treatment. **Introduction:**

Food allergies (FA) are increasingly prevalent and have a significant impact on the nutritional status of patients. It is characterized by cutaneous, respiratory, cardiovascular and gastrointestinal symptoms, whose initial treatment is focused on the elimination of the food allergen. **Objective:** document key aspects of the definition, diagnosis and nutritional treatment of AA. **Materials and methods:** narrative review (2023-2024) of scientific articles found in Pubmed, Dialnet, ScienceDirect and Embase, in addition to books and management guides, using descriptors such as “food allergy”, “child nutrition” and “elimination diet”. **Results:** 921 documents were used, 65 were included in the analysis. The worldwide prevalence of FA in pediatric age varies between 1-8%. The most common allergens are milk and egg, depending on dietary patterns. Diagnosis includes skin testing, specific IgE and oral challenge test. The main treatment is dietary elimination, in addition to immunotherapy, and pharmacological treatment to ameliorate symptoms. It was found that FA can affect nutritional status and alter the growth and development of children. **Discussion:** FA compromises children's nutritional health, associated with nutritional deficiencies caused by malabsorption and low nutrient intake due to elimination diets, avoidant and restrictive practices. Its diagnosis and treatment require interdisciplinary teams and family accompaniment. There are still gaps in protocols and research on nutritional impact. **Conclusions:** FA is classified according to the immune mediator involved and requires diagnosis and treatment guided by an elimination diet. Timely medical and nutritional care adapted to the context is key to preventing malnutrition. **Arch Latinoam Nutr 2025; 75(3): 196-208.**

Keywords: Food hypersensitivity, food allergy, child nutrition, nutritional status, elimination diets, nutritional deficiency, quality of life.

¹Escuela de Nutrición y Dietética, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia; ²Grupo de Investigación en Alimentación y Nutrición Humana-GIANH, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia; ³Facultad de Medicina, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia; ⁴ Grupo de Alergología Clínica y Experimental-GACE, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia; ⁵Facultad de Medicina Humana, Universidad Continental, Perú; ⁶Sociedad

Peruana de Nutrición, Lima, Perú; ⁷Facultad de Ciencias de la Salud, Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia; ⁸Facultad de Medicina, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México; ⁹Facultad de Ciencias de la Nutrición y los Alimentos, Universidad CES, Medellín, Colombia. Autor para la correspondencia: Sandra L Restrepo-Mesa, e-mail: sandra.restrepo@udea.edu.co



Introducción

La Academia Europea de Alergia e Inmunología Clínica (EAACI), define la alergia alimentaria (AA) como una reacción adversa provocada por la ingesta, contacto o inhalación de una sustancia alimenticia, mediada inmunológicamente (1), la cual genera un conjunto de manifestaciones clínicas (2,3). Esta definición, es acogida por la Sociedad Colombiana de Pediatría (SCP) y la Asociación Colombiana de Alergia, Asma e Inmunología Clínica (ACAAI) (4,5). En 1999 el Codex Alimentarius publicó una guía que incluía los principales alimentos alérgenos (6), cuya lista se ha actualizado según los reportes de prevalencia de AA en el ámbito mundial que incluye: leche de vaca, huevo, crustáceos, pescado, maní, soya, nueces, apio, mostaza, semillas de sésamo, moluscos, altramuces, cereales que contengan gluten, dióxido de azufre y sulfitos. Cada país tiene la posibilidad de actualizar y elegir los alérgenos según su contexto (7,8,9).

En los últimos años ha aumentado la prevalencia de AA (10,11). La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha reportado que 2,5 % de la población en general padece algún tipo de AA, aunque los valores pueden variar de 1 a 10 % (2), con mayor afectación en la población infantil (4-10 %), especialmente en países desarrollados (12). Entre los factores de riesgo implicados en la AA se encuentran los genéticos, como la carga parental y antecedentes de dermatitis atópica y otras atopias, y los no genéticos, que incluyen antecedentes del nacimiento (tipo de parto y temporada de nacimiento), factores ambientales (exposición a la polución y al tabaco) y factores alimentarios (lactancia materna, introducción a la alimentación complementaria y tipo de dieta) (11,13). Otro factor de riesgo para las AA, fue la pandemia, en el cual las condiciones de aislamiento contribuyeron a cambios inmunológicos en la población infantil (14,15).

Esta patología se caracteriza por síntomas cutáneos, respiratorios, cardiovasculares y gastrointestinales crónicos (13,16,17), así como daño de las mucosas del tracto gastrointestinal (13,17,18). El tratamiento se

centra en la eliminación del alérgeno alimentario (19-21), lo que puede tener efectos negativos en el estado nutricional debido a la ausencia de alimentos que lo contienen, de manera especial cuando se trata de proteínas de origen animal (22-24). Por lo anterior, la vigilancia de la ganancia de peso y la prevención del riesgo de deficiencia de micronutrientes es crucial, para garantizar un adecuado crecimiento físico y desarrollo cerebral que demanda la infancia (19,25,26), llama la atención que, pese a los riesgos, son pocas las investigaciones que los abordan (12,22,27).

El tratamiento de las AA demanda de los profesionales de la salud, y en especial los nutricionistas dietistas minuciosa atención, no solo en la prescripción dietética, sino en la selección de alimentos, la educación nutricional y el acompañamiento a padres y cuidadores, facilitando elecciones alimentarias ajustadas al contexto sociocultural, familiar y económico. De acuerdo con lo anterior, el objetivo de esta revisión es documentar aspectos clave de la definición, diagnóstico y tratamiento médico nutricional de las AA.

Materiales y métodos

El presente trabajo es una revisión narrativa realizada entre el año 2023-2024. Para el inicio de la búsqueda de la información se generó la pregunta de investigación ¿cuáles son los aspectos clave para el diagnóstico y tratamiento médico-nutricional de las AA? Posterior a esto y según los descriptores DECS/MESH, se combinó la palabra central hipersensibilidad alimentaria/food hypersensitivity o alergia alimentaria/food allergy con: nutrición infantil/infant nutrition or child nutrition, estado nutricional/nutritional status, dieta de eliminación/elimination diets, deficiencia nutricional/nutritional deficiency, calidad de vida/quality of life y experiencias de padres o cuidadores/parental experiences or caregivers experiences.

Se incluyeron en el análisis artículos completos de investigación, metaanálisis y artículos de revisión, publicados en bases de datos como Scielo, PubMed, Dialnet, ScienceDirect y Embase en los últimos 5 años. También, libros, guías de manejo y publicaciones de organizaciones gubernamentales para documentar la historia natural de la enfermedad, cuya teoría sigue siendo vigente y artículos publicados en los últimos diez años debido a la falta de investigaciones que abordan la relación entre el estado nutricional de niños

y adolescentes (0 a 18 años) y/o consumo de alimentos de pacientes con AA. Para finalizar, se complementó la información con una búsqueda en Google Scholar.

Se realizó una lectura del título del artículo de manera inicial para determinar cuáles eran aquellos que desarrollaban el tema de interés, los artículos que cumplieron con los criterios de inclusión y los que disponían de: población, metodología, tratamiento, impacto de la enfermedad y estado nutricional, fueron seleccionados para lectura y análisis completo.

Resultados

Se seleccionaron 921 artículos y libros a los cuales se les aplicó los criterios de selección, finalmente se incluyeron en esta revisión 65 documentos (gráfico 1). En la tabla 1, se resumen los principales artículos seleccionados con relación a las temáticas descritas a continuación.

Prevalencia y alérgenos reportados

Se estima que alrededor de 220 millones de personas presentan algún tipo de AA, con mayor proporción en población infantil de países industrializados, sin disminución en los casos en los últimos 10 años (28); entre ellos la Unión Europea (UE) (1-5 %) (1,29), Estados Unidos (EEUU) (8 %) (12,30) y China (4,6-8,1 %) (31). En Latinoamérica son pocos los reportes y diagnósticos realizados, los cuales son complejos de comparar por su variedad en la metodología utilizada; entre los países con más reportes están México (7 %) (1,32,33), Brasil (40-80% autoreportaje por síntomas) (34,35), Costa Rica (5,5 - 6,0 %) (35), Chile (5,5 - 6,0 %) (36) y Venezuela (80 % autoreportaje por síntomas) (35). En Colombia, se identificaron dos estudios, uno de ellos por autorreporte, que mostró una prevalencia del 14,9 % de AA en 3099 personas evaluadas de diferentes edades (37), y otro realizado en Bogotá con prevalencia baja por tratarse de un grupo

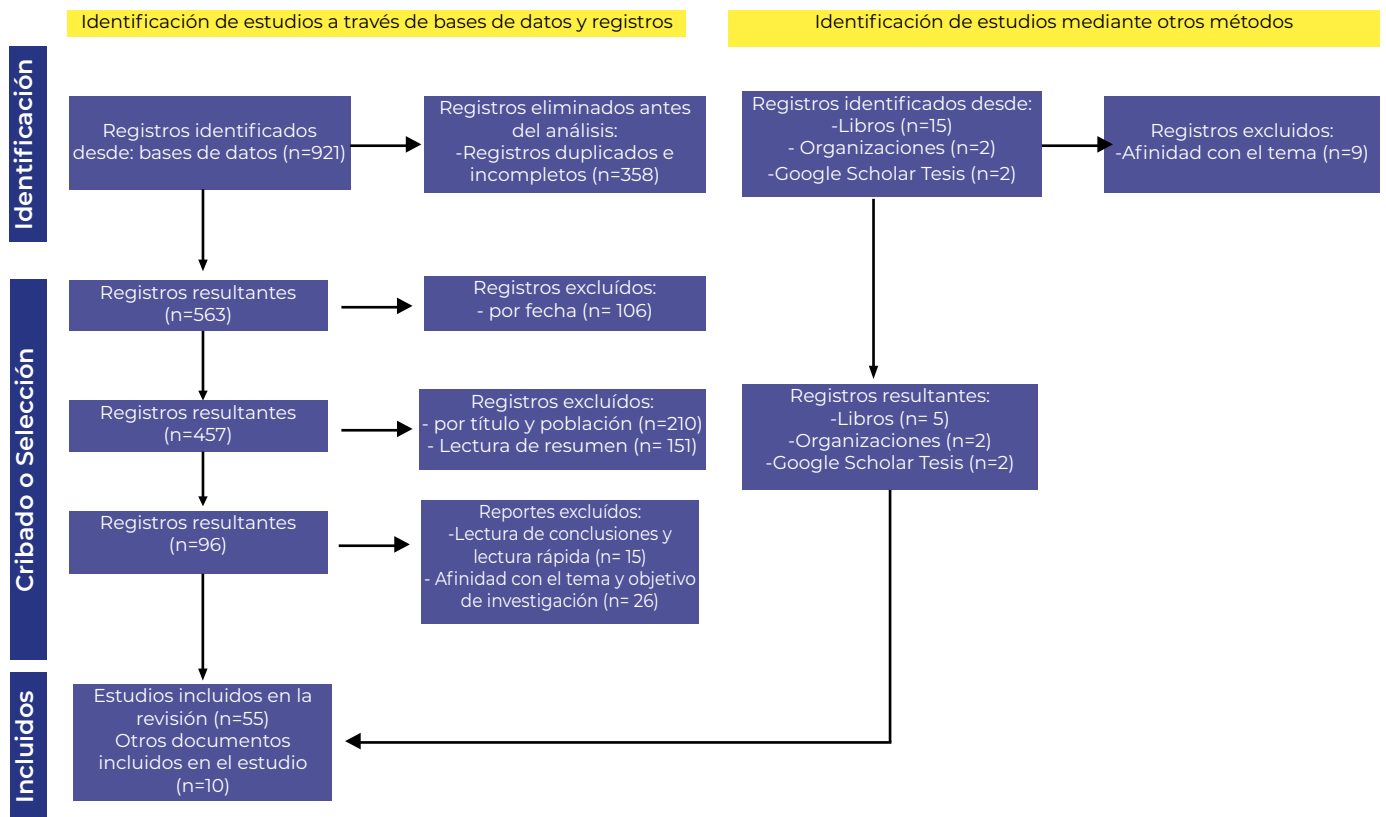


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA 2020 para la selección de documentos

Tabla 1. Artículos relacionados con la temática

Autores	Año	Tipo de estudio	Temática abordada	Conclusiones
Prevalencias y alérgenos reportados				
Reyes D <i>et al.</i> (2)	2020	Revisión narrativa	Prevalencias, mecanismos inmunológicos y celulares involucrados en la alergia alimentaria.	Se describen los mecanismos fisiopatológicos mediados y no mediados por IgE, lo que contribuye a una mejor comprensión diagnóstica y terapéutica de las AA; las cuales están en aumento. Esto es clave para desarrollar terapias que restauren la tolerancia inmunológica y reduzcan los síntomas y complicaciones.
González M <i>et al.</i> (3)	2021	Estudio observacional descriptivo	Prevalencia, manifestaciones clínicas y alérgenos comunes en alergias alimentarias pediátricas.	Se identificaron los principales alimentos causantes de alergias en niños, destacando la importancia del diagnóstico temprano y el manejo individualizado para mejorar el pronóstico y la calidad de vida. Los lactantes son los más afectados por las AA, siendo más prevalentes los síntomas cutáneos y digestivos. Las proteínas de la leche de vaca son el alérgeno más frecuente seguido por el huevo.
Factores de riesgo				
Berni R <i>et al.</i> (10)	2024	Revisión sistemática	Relación del consumo de alimentos ultraprocesados con el riesgo de alergia alimentaria en niños.	El consumo de ultraprocesados y sus ingredientes comunes parecen estar asociados con un aumento en la ocurrencia de enfermedades alérgicas como asma, rinitis alérgica, AA, dermatitis atópica y sibilancias. Se requieren más estudios preclínicos y clínicos para definir mejor el vínculo entre su consumo y el riesgo de alergias y asma.
Ercan N <i>et al.</i> (26)	2019	Estudio observacional transversal	Relación entre los niveles de vitamina D en lactantes y la presencia de alergia a la APLV.	Se encontró que los lactantes con APLV tenían niveles significativamente más bajos de vitamina D, lo que sugiere una posible asociación entre deficiencia de vitamina D y el desarrollo de APLV.
Diagnóstico y tratamiento				
Espín B <i>et al.</i> (1)	2019	Documento de consenso (revisión de expertos)	Diagnóstico, tratamiento y seguimiento de la alergia a proteínas de leche de vaca no mediada por IgE en pediatría.	Se establece una guía consensuada para el manejo integral de esta condición, destacando la importancia del diagnóstico clínico, la dieta de exclusión y el seguimiento especializado.
Bagés M <i>et al.</i> (17)	2020	Documento de posición de expertos	Diagnóstico y tratamiento de la alergia a la proteína de la leche de vaca en niños colombianos.	Se establece un enfoque práctico para el diagnóstico y manejo de la APLV, destacando la importancia de la dieta de eliminación, el uso de fórmulas hipoalérgicas y la monitorización clínica.
Fiocchi A <i>et al.</i> (20)	2022	Actualización de directrices (documento de consenso)	Definiciones y plan de acción para el diagnóstico y tratamiento de la APLV.	Actualización de las directrices DRACMA para abordar de manera integral el diagnóstico y tratamiento de las formas mediadas y no mediadas por IgE de la APLV en niños y adultos. Aspectos clínicos clave: (a) identificación diagnóstica; (b) elección de la fórmula de reemplazo en caso de APLV en la infancia cuando la madre no puede amamantar; y (c) uso de inmunoterapia específica para la APLV.
Peters R <i>et al.</i> (51)	2020	Revisión narrativa	Panorama y tratamiento actual de las alergias alimentarias.	Se destaca que para mejorar la atención, es clave un diagnóstico preciso, un manejo adecuado y un enfoque centrado en el paciente. Las terapias emergentes: inmunoterapia alimentaria y fármacos biológicos, están empezando a integrarse en la práctica clínica; además de la personalización del manejo, teniendo en cuenta las preferencias de los pacientes y sus familias.
Riesgos en el estado nutricional				
Dadán S <i>et al.</i> (5)	2022	Estudio descriptivo retrospectivo	Problemas alimentarios asociados a alergias en niños.	Se evidencian dificultades alimentarias significativas en pacientes con AA, lo que subraya la necesidad de un enfoque multidisciplinario para prevenir malnutrición y mejorar la adherencia al tratamiento. Las expresiones clínicas de AA mediadas por un mecanismo inmunológico mixto parecen estar más asociadas con este tipo de dificultades.
Robbins K <i>et al.</i> (18)	2021	Estudio longitudinal	Relación entre APLV y el crecimiento infantil.	La alergia persistente a la APLV se asocia con un crecimiento infantil disminuido, incluso después de ajustar por factores sociodemográficos y clínicos. Se sugiere que la cronicidad de la misma puede afectar negativamente el desarrollo físico en la infancia.
Boaventura R <i>et al.</i> (54)	2019	Estudio transversal	Evaluación del estado nutricional en niños con APLV, comparándolos con niños sanos.	Se identificó que los niños con APLV tenían menor estatura, menor consumo de calcio y lípidos, y presentaron deficiencias frecuentes de vitaminas A y D en comparación con niños sin alergias, se resalta la importancia del acompañamiento y orientación nutricional en estos casos.
Jhamnani RD <i>et al.</i> (22)	2018	Estudio transversal	Impacto de la alergia alimentaria en el crecimiento de niños con dermatitis atópica moderada-severa.	Los niños con dermatitis atópica moderada-severa y AA (especialmente a las proteínas de la leche de vaca) presentan menor peso y estatura, mientras que aquellos con dermatitis atópica sin AA suelen tener un índice de masa corporal elevado.
Marić L <i>et al.</i> (30)	2020	Resumen de estudio observacional	Estado nutricional en niños con alergia alimentaria en comparación antes de iniciar dieta de eliminación	Se observó un cambio negativo significativo en los indicadores de crecimiento en niños con AA, independientemente del tipo de alérgeno. Este resultado implica el desarrollo de cierto grado de desnutrición, cuyo manejo, junto con una dieta de eliminación adecuada, debe ser una prioridad en el tratamiento dietético de los niños con AA.

Tabla 1. Artículos relacionados con la temática. (cont.)

Autores	Año	Tipo de estudio	Temática abordada	Conclusiones
Vlieg B <i>et al.</i> (44)	2023	Revisión narrativa	Relación entre la nutrición, la función inmunitaria y las enfermedades alérgicas.	Se propone una dieta inmunomoduladora sostenible, que incluye alimentos frescos, integrales, mínimamente procesados, vegetales, fermentados, ricos en omega 3 y cantidades moderadas de productos animales. En el contexto de las AA, diseñada para fortalecer la función inmunológica, mejorar la barrera intestinal y el microbioma, factores clave en la tolerancia oral y la reducción de la inflamación. La exclusión innecesaria de alimentos debe evitarse, y las intervenciones dietéticas deben estar personalizadas y guiadas por profesionales para prevenir deficiencias nutricionales.
Calidad de vida				
Caro P <i>et al.</i> (6)	2024	Estudio de revisión	Marco regulatorio sobre la declaración obligatoria de alérgenos alimentarios, en el etiquetado de alimentos.	Existen importantes desafíos para la implementación efectiva del etiquetado de alérgenos, incluyendo la rotulación de trazas, la ausencia de regulación en muchos países y la necesidad de garantizar el acceso a tratamientos de emergencia como la epinefrina.
Protudjer J <i>et al.</i> (14)	2021	Estudio mixtos (cuantitativo transversal y cualitativo a partir de entrevistas)	Ansiedad y calidad de vida relacionada con la salud en familias con niños con alergia alimentaria durante la pandemia de COVID-19.	La pandemia de COVID-19 ha aumentado significativamente la ansiedad y ha deteriorado la calidad de vida relacionada con la salud en familias con niños con AA. Se identificaron factores como el temor al contagio, la interrupción de servicios médicos y el estrés social como contribuyentes clave.
Golding M <i>et al.</i> (59)	2022	Revisión sistemática	Impacto de la alergia alimentaria en la calidad de vida relacionada con la salud (CVRS).	Se observó que los niños y adolescentes con AA, especialmente los mayores y con síntomas más graves, presentan una reducción en su CVRS, además evidencia un mayor distrés psicológico en estos pacientes. La carga emocional de la condición se asocia principalmente con el miedo a exposiciones fuera del hogar y con consecuencias sociales como el aislamiento. Se identifican vacíos en la literatura, como la falta de estudios longitudinales.

específico de pacientes con colitis y gastroenteritis alérgica en niños (0,04 % para la población pediátrica y de 0,15 % para los menores de 5 años) (38).

Muchos alimentos pueden causar reacciones alérgicas en personas sensibilizadas, pero la mayoría de las AA son causadas por una variedad de proteínas presentes en ocho grupos de alimentos: leche, huevo, cereales que contienen gluten, crustáceos (camarón, langosta, cangrejo), pescado, maní, soya y nueces de árbol (almendras, nueces del Brasil, anacardos, avellanas, nueces de macadamia, y pecanas) (7). En el mundo, la AA más frecuente es a las proteínas del huevo y la leche, que suelen aparecer antes de los dos años de vida y desaparecer en los primeros seis años en 55 % de los casos (13,39). Le siguen las alergias al pescado y maní, las cuales suelen prolongarse hasta la edad adulta (13,39). En países del Oriente (Israel, India y Japón) las AA más prevalentes son las semillas de sésamo, trigo sarraceno, apio, mostaza, moluscos y altramuces (7).

Factores de riesgo

Existe evidencia de diversos factores genéticos y no genéticos (cambios en el estilo de vida, variaciones en la alimentación, cambios ambientales y climáticos) implicados en el desarrollo de AA (11). Dentro de los

genéticos, se reporta que los antecedentes familiares de atopia incrementan el riesgo entre 36-79 % de presentar AA, con mayor carga desde el antecedente materno; también es importante considerar la dermatitis atópica, la cual causa deterioro de la barrera cutánea, permitiendo el paso epicutáneo de alérgenos (11).

Como antecedentes no genéticos, está el nacimiento por cesárea, que afecta la microbiota del recién nacido, asociado a la falta de exposición al microbioma protector del canal vaginal (8,11); al respecto, Nowak *et al.* (13) reportan que estos niños a los seis meses pueden presentar una disbiosis intestinal que altera el reconocimiento inmunitario gastrointestinal de proteínas extrañas e inofensivas. Otro factor de riesgo es la temporada de nacimiento, estudios (25,40,41) asocian que niños nacidos en estaciones de invierno donde se da una baja exposición solar, tienen deficiencia de vitamina D, que cuando es menor de 15 mcg/dl, contribuye a la permeabilidad intestinal y respuesta inmunitaria excesiva a proteínas de los alimentos. Con respecto a los factores ambientales, se reporta que una exposición

pasiva al humo del cigarrillo puede aumentar el riesgo por una alteración del gen CD14 asociado al aumento de los niveles de IgE; por otro lado, la polución ambiental puede alterar el gen que codifica el TNF, asociado al asma (11).

En cuanto a los factores alimentarios, las guías ESPGHAN (The European Society for Paediatric Gastroenterology Hepatology and Nutrition) para el diagnóstico y el manejo de la alergia a las proteínas de la leche de vaca (APLV) 2023 (42), Dracma 2022 (Diagnosis and Rationale for Action against Cow's Milk Allergy) (20) y el consenso COCO 2023 (Consenso de Alimentación Complementaria de la Sociedad Latinoamericana de Gastroenterología, Hepatología y Nutrición Pediátrica) (43) refieren que la introducción de la alimentación complementaria antes de los cuatro meses y tardía después de los seis está asociada con AA, razón por la que recomiendan una lactancia materna exclusiva hasta los seis meses de edad, e iniciar la alimentación complementaria perceptiva con introducción de todos los grupos de alimentos garantizando los cinco sabores básicos, priorizando los de mayor densidad de energía y proteína. En niños con lactancia mixta o alimentación con fórmula infantil se recomienda iniciar la alimentación complementaria a los cuatro meses (20,43).

Un artículo publicado por Vlieg *et al.* (44), encontró que, una dieta infantil que incluía altas proporciones de frutas, verduras y alimentos preparados en el hogar disminuye el riesgo de AA a la edad de dos años, asimismo, que los componentes de la dieta mediterránea materna pueden proteger contra el desarrollo del síndrome de enterocolitis inducido por proteínas alimentarias en la descendencia, esto cuando se adoptan métodos de cocción tradicionales y se consumen con frecuencia pescado, frutas y productos de trigo integral durante el embarazo y lactancia.

La disminución del consumo de fibra en la dieta está asociada con la reducción en la síntesis de ácidos grasos de cadena corta en el intestino, situación que estimula la

liberación de interleuquina 10 (IL-10) y el aumento de las Treg intestinales asociado con la inflamación de las mucosas (11,13,45). A su vez, las comidas rápidas, los alimentos fritos (especialmente las carnes), los dulces, los azúcares y los alimentos cocinados en microondas son altos en productos finales de glicación avanzada, cuya alta ingesta podría promover el desarrollo de AA debido a que el sistema inmunitario innato, malinterpreta la amenaza de los alérgenos dietéticos y produce alaminas, que facilitan las señales de peligro innatas y la respuesta inmunitaria (44). Además, se ha reportado que un bajo consumo de ácidos grasos poliinsaturados (omega-3) genera una alteración en la producción de interferón- γ (IFN- γ) por parte de las células T y un aumento de la producción de inmunoglobulinas IgE de las células B (16). Varias de estas problemáticas se han agudizado a raíz de la industrialización (46).

Clasificación y síntomas

Con el objetivo de realizar un consenso para el proceso de diagnóstico y tratamiento de la enfermedad, desde el año 2010 países como EE. UU, la UE y Japón publicaron las primeras directrices oficiales (13,16), donde clasifican la AA según la aparición de los síntomas y pruebas diagnósticas. Este tipo de alergia se subdivide en: mediada por inmunoglobulina E, no mediada por IgE y mixtas. La primera afecta a individuos que presentan anticuerpos IgE específicos a alimentos y se caracteriza por una reacción rápida (minutos a horas) tras la ingestión, contacto cutáneo o inhalación de alimentos alérgenos (17,47-49); el paciente puede presentar síntomas cutáneos (urticaria, angioedema, eritema), gastrointestinales (diarrea, vómito), respiratorios (edema laríngeo, rinorrea, broncoespasmo) y cardiovasculares, que varían desde un cuadro leve a uno grave (shock anafiláctico) que pueden llevar a la muerte (39,48,49).

La AA no mediada por inmunoglobulina IgE incluye las reacciones inmunológicas mediadas por células (2), los síntomas se desarrollan en horas o días, son de carácter autolimitado y en algunos individuos se pueden resolver espontáneamente en el primer o segundo año de vida (49); las manifestaciones más comunes son la proctocolitis, vómitos frecuentes, cólico, enfermedad celíaca y dermatitis atópica (16,17,48). La mixta se caracteriza por alteraciones en las mucosas, especialmente gastrointestinales, síntomas más crónicos y de difícil tratamiento como esofagitis eosinofílica y dermatitis por contacto. Su

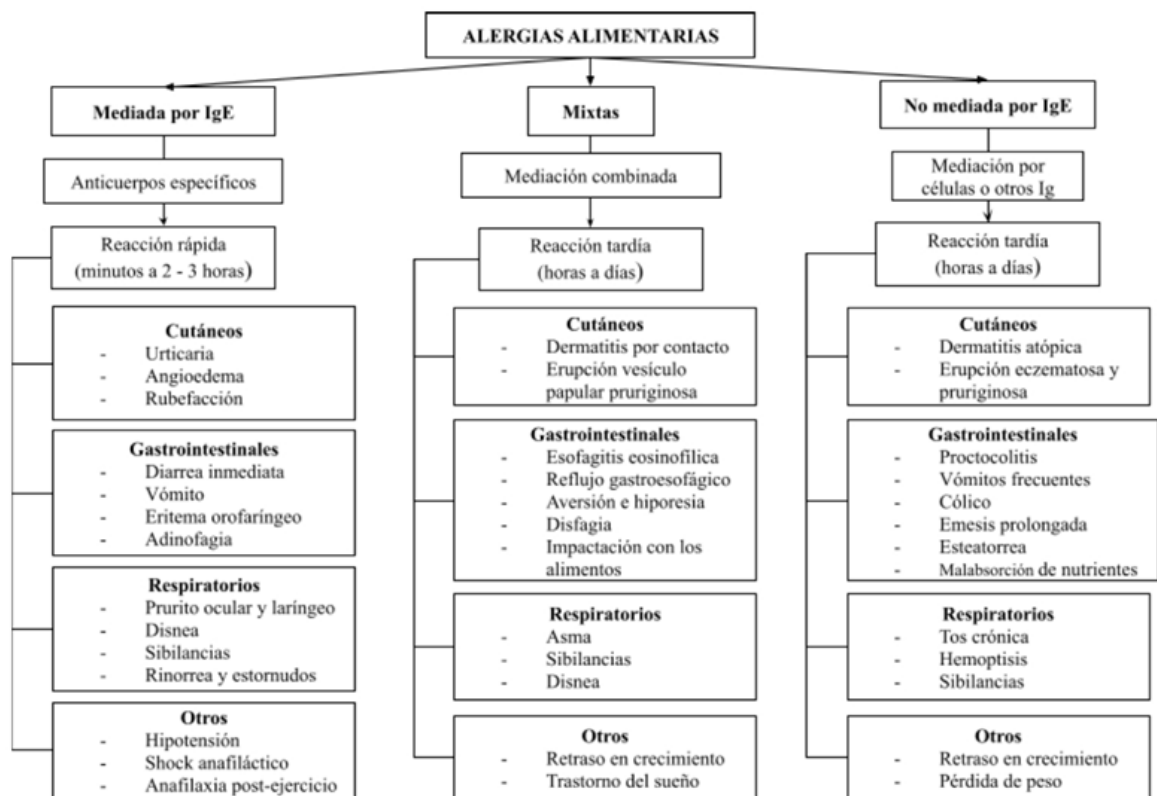
diagnóstico depende de la correlación de síntomas, biopsia gastrointestinal y en el 50 % de los casos, requieren las pruebas IgE específicas para alimentos (2,13,17,49). En el gráfico 2, se presenta la clasificación y síntomas más prevalentes según el tipo de alergia alimentaria.

Diagnóstico y lineamientos generales para el tratamiento

Sociedades como la AAAAI (*American Academy of Allergy Asthma and Immunology*), la ESPGHAN, la EAACI, la SEICAP (*Spanish Society of Pediatric Clinical Immunology and Allergology*) y la JSPACI (*Japanese Society of Pediatric Allergy and Clinical Immunology*) han publicado sus propias guías para el diagnóstico y tratamiento de las AA con diferentes actualizaciones

en el tiempo. Entre el 2022 y 2023 se publicaron las guías DRACMA (20) y la ESPGHAN (43) que se centran en APLV, pero los componentes del diagnóstico y tratamiento son base para todas las AA. A continuación, se presenta un resumen construido con los lineamientos de las diferentes guías para la identificación, diagnóstico y tratamiento oportuno de la AA (16-18,43,47,50).

1. Se sospechará de una AA cuando aparecen algunos de los siguientes síntomas: urticaria, edema, sibilancias, picazón en boca, tos, náuseas, vómitos y condiciones como proctocolitis y anafilaxia. Tener en cuenta la edad, frecuencia y tiempo entre la ingesta del alimento y aparición de



Fuente: Elaborada a partir de Nowak A, Burks W, Sampson H. Reactions to Foods. En: Adkinson I, Franklin N, Middleton E, editores. Middleton's Allergy: Principles and Practice: Eighth Edition. 8a ed. Philadelphia: Elsevier; 2014. p. 1310–39 (13) y Saturno E, Sorensen R. Alergias alimentarias y reacciones adversas a alimentos conceptos generales. En: Garrido A, Patiño G, editores. Alergia: Abordaje clínico, diagnóstico y tratamiento. Bogotá: Editorial médica panamericana; 2010. p. 465–71(16).

Figura 2. Diagnósticos y síntomas más prevalentes según el tipo de alergia alimentaria

estos, tiempo transcurrido desde la última reacción y reproducibilidad; preparación, cantidad del alimento ingerido e influencia de factores externos (ejercicio, periodo menstrual o estrés emocional). Cuando estos datos no se tienen claros o es confuso el alimento que genera la hipersensibilidad, es necesario solicitar un registro cronológico de la alimentación relacionándolo con la aparición de los síntomas.

2. El *Gold standard* de las pruebas diagnósticas es la provocación oral, consiste en una eliminación completa del alérgeno y fuentes ocultas, provocación y reintroducción del alimento (prueba doble ciego). En la alergia mediada por IgE, la respuesta a esta eliminación puede tardar entre una a dos semanas y en el caso de la no mediada o mixta hasta dos a cuatro semanas; después de esto, se hace provocación al paciente con el alimento y se confirma el diagnóstico, lo anterior no está indicado en paciente con riesgo de anafilaxia. Cuando no es claro el resultado de la provocación oral, es necesario realizar pruebas cutáneas (prick test), pruebas en sangre IgE específicas para alimentos y en casos de sospecha de trastornos gastrointestinales como esofagitis o gastroenteritis eosinofílica se requiere tratamiento médico dirigido como inhibidores de bomba de protones, esteroides orales deglutidos y restricción alimentaria.
3. Para el diagnóstico de una APLV en niños con lactancia humana exclusiva, si no hay claridad en la reproducibilidad de síntomas en el bebé al recibir leche materna, no se recomienda retirar el consumo de leche en la madre. Teniendo en cuenta las consecuencias en la salud física, mental y nutricional de la madre; en caso de tener la certeza de dicha reproducibilidad se considera una dieta materna libre de alérgenos con seguimiento de los síntomas. Mientras que, en lactantes no amamantados, una fórmula extensamente hidrolizada es la primera opción.

4. Una vez confirmado el diagnóstico, se debe iniciar la dieta de eliminación terapéutica, que continuará hasta el momento del desarrollo de la tolerancia oral. El tiempo en lograr la tolerancia es muy variable y depende de los mecanismos involucrados en el desarrollo de la AA. En reacciones no mediadas por IgE con afectación del tracto gastrointestinal, la tolerancia ocurre en la mayoría de los casos después de seis meses, al año de edad, y no más allá de los tres años de tratamiento de exclusión. En los pacientes con AA mediadas por IgE se retarda la tolerancia, por lo que se recomienda retar nuevamente el consumo cada seis o 12 meses.

Las investigaciones demuestran que una dieta de eliminación correcta y segura nutricionalmente es la principal opción terapéutica. Actualmente existe un tratamiento coadyuvante, reconocido por directrices nacionales e internacionales, que es la inmunoterapia con alérgenos específicos, para inducir más rápido a la tolerancia (51). Además de lo anterior, se ha destacado el uso de probióticos para la prevención de AA y para potenciar la inmunoterapia, sin embargo, aún son pocos los estudios clínicos que lo validan (52,53).

Riesgos en el estado nutricional

Dentro de la revisión bibliográfica se encontraron estudios realizados en la UE (19,24), EE. UU (18), Brasil (54), México (12) y Colombia (24) reportan mayor prevalencia de retraso en talla y disminución en el Z-score de peso para la edad en niños con restricción a las proteínas de la leche de vaca y el huevo. En la UE (19,24) se ha reportado deficiencia en el consumo de micronutrientes como zinc, vitamina D, hierro y riboflavina; y en Brasil (54), deficiencia de vitamina A, calcio y grasas insaturadas. La cronicidad de las deficiencias puede también afectar el estado de salud y gravedad de la enfermedad. En la Tabla 2, se presenta un resumen de las deficiencias asociadas a la eliminación de los alérgenos principales.

El tratamiento de la AA va más allá de la restricción del alérgeno y los alimentos que lo contienen; esta debe incluir educación nutricional para prevenir la malnutrición (20,43,55), favorecer la selección de alimentos de acuerdo con la disponibilidad de recursos, realizar vigilancia del crecimiento, garantizar un consumo oportuno de macro y micronutrientes (calcio, hierro, vitamina D y zinc) (27), y evaluar la necesidad de incluir fórmulas especializadas,

Tabla 2. Nutrientes en riesgo de deficiencia según el alimento alérgeno evitado.

Alimento alérgeno	Nutrientes fuentes en deficiencia	Posibles alteraciones a la salud
Leche de vaca	Calcio, proteína de alto valor biológico (AVB), fósforo, vitamina D, A y riboflavina	- Deterioro de la masa muscular - Alteración del crecimiento lineal
Huevo	Proteínas de AVB, selenio, zinc, fósforo, biotina, vitaminas D, A, E, riboflavina	- Depresión del sistema inmune (aumento de la susceptibilidad a infecciones bacterianas, parasitarias y víricas)
Pescado y Mariscos	Niacina, vitamina B12, B6, D, A, E, yodo, selenio, grasas insaturadas, proteínas	- Alteración del sistema respiratorio
Cereales	Tiamina, hierro, riboflavina, niacina, selenio, folato	- Gravedad en los cuadros de alergia
Frutos secos	Niacina, biotina, fósforo, omega 6, magnesio, manganeso, vitamina B6 y E, fibra	- Alteración en el neurodesarrollo - Anemia y adinamia
Leguminosas	Tiamina, folato, hierro, zinc, magnesio, riboflavina, calcio y vitamina B6, fibra	- Alteración del gusto y el apetito
Frutas y verduras	Vitaminas, minerales, fibra	- Alteraciones cutáneas (piel seca, escamosa y áspera)
Carne	Proteína de AVB, hierro, zinc, vitamina B12	- Retraso en la cicatrización de heridas

Fuente: adaptada de Meyer R, De Koker C, Dziubak R, Godwin H, Dominguez G, Shah N. Dietary elimination of children with food protein induced gastrointestinal allergy - Micronutrient adequacy with and without a hypoallergenic formula? Clin Transl Allergy [Internet]. 2014;4(44):1-8(25) y Núñez M. Alergia alimentaria mediada por IgE en la infancia. Estudio descriptivo [Internet]. Vol. 2018. Universidad de Valladolid; 2018(39).

enriquecidas o suplementación en casos de pacientes con desnutrición, anemia y deficiencias ya comprobadas.

Otro aspecto a considerar es la educación en etiquetado nutricional y alimentación fuera del hogar para prevenir el riesgo y la gravedad de una reacción adversa por alérgenos ocultos o contaminantes de alimentos que naturalmente no lo tienen (5,17,56). En el caso de menores con APLV que se encuentran con lactancia materna exclusiva, estos objetivos del asesoramiento dietético se deben centrar en la madre, que es quien realiza la dieta de eliminación; los consensos académicos y guías de tratamiento (44,54) recomiendan suplementación con calcio y vitamina D para todas las madres lactantes.

Discusión

En Latinoamérica son limitados los reportes de prevalencia de AA y los datos encontrados pueden estar subestimados, las cifras autorreportadas pueden ser superiores a las diagnosticadas, lo que no necesariamente significa que sean pocos los

pacientes con AA, sino que los que llegan a consulta son aquellos que ya muestran una afectación en salud o en sus actividades de la vida diaria. Es importante considerar que no existen estudios sólidos, diseñados con métodos epidemiológicos unificados que permitan tener comparaciones entre países respecto a la prevalencia de AA, de ahí las grandes variaciones entre los datos (1,32-38). A nivel mundial la AA más frecuente es a las proteínas del huevo y la leche de vaca (13,39), sin embargo, esto puede variar entre regiones teniendo en cuenta los patrones dietéticos y los alimentos más consumidos, dada la sensibilización y exposición alimentaria a los mismos (7,8,9).

Los factores de riesgo de AA son multifactoriales, que van desde la genética (carga parental), factores del nacimiento (tiempo de gestación y tipo de parto), aspectos ambientales (8,11) y alimentarios como lactancia materna, introducción a la alimentación complementaria y patrones de alimentación durante los primeros mil

días. Se ha considerado la escasa lactancia materna (menor a cuatro meses y su ausencia total), introducción temprana de la alimentación complementaria, introducción tardía a alimentos alérgenos como huevo, maní, y trigo; bajo consumo de fibra y ácidos grasos insaturados, y consumo elevado de ultraprocesados durante las etapas de gestación, lactancia y la alimentación complementaria (11,43-45).

Otro factor de riesgo para el incremento de las AA es el contexto de la pandemia y postpandemia por Covid 19, ya que las condiciones de aislamiento y la falta de exposición a diversos antígenos de los alimentos, del ambiente y del exterior en especial de las mujeres que gestaron y lactaron y de los niños que nacieron en este período, contribuyeron a cambios inmunológicos en la población infantil y alteraciones en la inmunidad adquirida como el reconocimiento y memoria inmunológica. Además, en este periodo los pacientes con diagnóstico previo de AA, presentaron afecciones en su calidad de vida, por retrasos en las pruebas, en los tratamientos y por limitaciones en el acceso a opciones seguras de alimentos (14,15).

La AA se clasifica comúnmente según el mecanismo inmunológico implicado: alergias mediadas y no mediadas por IgE, aunque también existe una forma mixta. Las alergias mediadas por IgE se caracterizan por síntomas de aparición rápida, cutáneos y respiratorios. En cambio, las dos últimas presentan síntomas tardíos, principalmente un patrón hacia al daño intestinal, lo que las hace más difíciles de diagnosticar (17,47-49). Además, están asociadas con mayor deterioro del estado nutricional por alteraciones en la mucosa gástrica que produce malabsorción de micronutrientes y deficiencias significativas prolongadas, si no se diagnostica a tiempo (13,16,17), sumado a un bajo consumo de nutrientes por las dietas de eliminación, prácticas evitativas y restrictivas a partir del temor que se genera por el consumo de proteínas alérgicas, lo que conlleva a alteraciones en el crecimiento y desarrollo de los menores (5,39).

Por lo anterior, es importante resaltar la atención oportuna, integral y con seguimiento de un equipo interdisciplinario, en especial del profesional en nutrición y dietética. Partiendo de un diagnóstico temprano con las diferentes pruebas, el tratamiento farmacológico para disminuir los síntomas y complicaciones asociadas a la enfermedad; en conjunto con la principal opción terapéutica: una dieta de eliminación correcta y segura nutricionalmente (16-18,43,47,50). Además, es imperante educar a la familia y al paciente para sustituir los alimentos que contienen los alérgenos, dar opciones de preparaciones que reemplacen ingredientes de acuerdo con el acceso y disponibilidad de estos en el hogar.

Fortalecer la red de apoyo familiar y escolar es un asunto clave, ya que los padres o cuidadores refieren sentirse solos y abrumados en el proceso (57). Los cuidadores relatan sentir miedo por las consecuencias de la exposición a alérgenos, cambios en el estilo de vida y en la cotidianidad infantil e incertidumbre por el consumo de alimentos en el futuro. La AA implica una mayor carga financiera, por la elección de nuevos alimentos que en el mercado son de alto costo (58). Los padres y cuidadores reconocen que los profesionales de la salud, en especial el nutricionista dietista, son un apoyo fundamental para la selección y preparación de alimentos (57), lo que contribuye a aminorar la carga que afecta negativamente el crecimiento, estado nutricional y la salud mental de los niños y adolescentes con AA (59-62) y de sus cuidadores (57,58,63-65).

Esta revisión reconoce como limitaciones que, al ser un estudio de fuentes secundarias, algunos análisis estuvieron condicionados por la disponibilidad de información. Para fortalecer el conocimiento en torno a las AA y su impacto en la alimentación y estado nutricional infantil, es necesario fomentar la investigación, que posteriormente contribuya a la capacitación de profesionales encargados de la atención de pacientes con AA y al desarrollo de intervenciones exitosas para su tratamiento.

Conclusiones

La alergia alimentaria está definida y clasificada según el mediador inmunológico implicado, existen diferentes guías para el proceso de diagnóstico y tratamiento por dieta de eliminación. Para disminuir el riesgo de malnutrición y la adaptación del paciente a

las restricciones alimentarias, es necesaria la atención médico - nutricional oportuna, contextualizada y que responda a las necesidades de cada paciente. Además, es de trascendental importancia la formación de los profesionales de la salud para favorecer la atención de calidad de los niños y adolescentes con AA, que tienen limitaciones de acceso a consulta especializada para su tratamiento.

Agradecimientos

El Grupo de Investigación en Alimentación y Nutrición Humana de la Escuela de Nutrición y Dietética de la Universidad de Antioquia agradece a los profesores de diferentes instituciones nacionales e internacionales su vinculación a esta revisión.

Conflictos de intereses

Todos los autores declaramos que no tenemos ningún conflicto de interés en este artículo.

Referencias

1. Espín B, Díaz J, Blesa L, *et al.* Alergia a las proteínas de leche de vaca no mediada por IgE: documento de consenso de la Sociedad Española de Gastroenterología, Hepatología y Nutrición Pediátrica (SEGHNP), la Asociación Española de Pediatría de Atención Primaria (AEPAP), la Sociedad Española de Pediatría Extrahospitalaria y Atención Primaria (SEPEAP) y la Sociedad Española de Inmunología Clínica, Alergología y Asma Pediátrica (SEICAP). *An Pediatr.* 2019;90(3):1-193. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2018.11.007>
2. Reyes D, Jiménez M, Salinas E. Fisiopatología de la alergia alimentaria. *Rev Alerg Méx.* 2020;67(1):34-53. <https://doi.org/10.29262/ram.v67i1.731>
3. González M, Meza R, Sánchez S. Alergias alimentarias en pediatría: frecuencia, características clínicas y alérgenos más frecuentes en pacientes de un consultorio pediátrico de alergia de referencia. *Pediatr (Asunción).* 2021;48(3):187-94. <https://doi.org/10.31698/ped.48032021006>
4. Daza W, Dadán S, Rojas A. Alergia alimentaria en la infancia. Programa de Educación Continuada (Precop). *Soc Col de Pediatr.* 2014;13(3): 49-58. https://issuu.com/precopscp/docs/3_5
5. Dadán S, Daza W, Higuera M. Dificultades de alimentación en pacientes con alergia alimentaria en gastroenterología pediátrica. *Pediatr.* 2022;55(1):11-17. <https://doi.org/10.14295/rp.v55i1.306>
6. Caro P, Elvers C. Declaración de alérgenos en el etiquetado de alimentos: panorama latinoamericano. *Rev Panam Salud Publica.* 2024;48: e58. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2024.58>
7. Italia. FAO/WHO, Codex Alimentarius. Código de prácticas sobre la gestión de los alérgenos alimentarios por parte de los operadores de empresas de alimentos CXC 80-2020. 2020. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXC%2B80-2020%252FCXC_080s.pdf
8. U.S. Food and Drug Administration. Food facts: Food allergies. Silver Spring: FDA; 2021. https://fda.report/media/147329/2021-01-26-FoodFacts-Allergies-Span_508.pdf
9. Colombia. MINSALUD (Ministerio de Salud y Protección Social). Resolución 005109 de 2005: Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos de rotulado o etiquetado que deben cumplir los alimentos envasados y materias primas de alimentos para consumo humano. Bogotá: El Ministerio; 2005. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Resolucion%205109%20de%202005.pdf>
10. Berni R, Carucci L, Coppola S, *et al.* Ultra-processed foods, allergy outcomes and underlying mechanisms in children: An EAACI task force report. *Pediatr Allergy Immunol.* 2024;35(9): e14231. <https://doi.org/10.1111/pai.14231>
11. Dávila I, Asensio M, Isodoro M. Factores ambientales y genética. En: Garrido A, Patiño G, editores. *Alergia: Abordaje clínico, diagnóstico y tratamiento.* Bogotá: Editorial Médica Panamericana; 2010, pp. 67-76.
12. Carrasco L. Impacto nutricional y calidad de vida de pacientes con alergia alimentaria del hospital universitario de Monterrey [Tesis de Subespecialista en alergia e inmunología clínica]. Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Medicina; 2020. <http://eprints.uanl.mx/20533/1/20533.pdf>
13. Nowak A, Burks W, Sampson H. Reactions to Foods. En: Adkinson I, Franklin N, Middleton E, editores *Middleton's Allergy: Principles and Practice: Eighth Edition.* 8a ed. Philadelphia: Elsevier; 2014, pp. 1310-39.
14. Protudjer J, Golding M, Salisbury M, Abrams E, Roos L. High anxiety and health-related quality of life in families with children with food allergy during coronavirus disease 2019. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2021;126(1):83-88.E1. <https://doi.org/10.1016/j.anaai.2020.09.010>
15. Burrows A, Ellis A. Psychological impacts of coronavirus disease 2019 on people with asthma, allergic rhinitis, and food allergy. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2022;129(1):52-61. <https://doi.org/10.1016/j.anaai.2021.12.013>
16. Saturno E, Sorensen R. Alergias alimentarias y reacciones adversas a alimentos conceptos generales. En: Garrido A, Patiño G, editores. *Alergia: Abordaje clínico, diagnóstico y tratamiento.* Bogotá: Editorial Médica Panamericana; 2010, pp. 465-71

17. Bagés M, Chinchilla C, Ortíz C, Plata C, Puello E, Quintero O, et al. Recomendaciones sobre diagnóstico y tratamiento de la alergia a la proteína de la leche de vaca en población pediátrica colombiana. Posición de expertos. *Rev Colomb Gastroenterol.* 2020;35(1):54–64. <https://doi.org/10.22516/25007440.405>
18. Robbins K, Wood R, Keet C. Persistent cow's milk allergy is associated with decreased childhood growth: A longitudinal study. *J Allergy Clin Immunol.* 2020;145(2):713–716.E4. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2019.10.028>
19. Meyer R, De Koker C, Dziubak R, et al. A practical approach to vitamin and mineral supplementation in food allergic children. *Clin Transl Allergy.* 2015;5:11. <https://doi.org/10.1186/s13601-015-0054-y>
20. Fiocchi A, Bognanni A, Brožek J, Ebisawa M, Schünemann H, Ansotegui I, et al. World Allergy Organization (WAO) Diagnosis and Rationale for Action against Cow's Milk Allergy (DRACMA) Guidelines update - I - Plan and definitions. *World Allergy Organ J.* 2022;15:100609. <https://doi.org/10.1016/j.waojou.2021.100609>
21. Segura A, Jaller R. Metodología diagnóstica en alergia alimentaria. En: Garrido A, Patiño G, editores. *Alergia: Abordaje clínico, diagnóstico y tratamiento.* Bogotá: Editorial Médica Panamericana; 2010, pp. 472–84.
22. Jhamnani R, Levin S, Rasooly M, et al. Impact of food allergy on the growth of children with moderate-severe atopic dermatitis. *J Allergy Clin Immunol.* 2018;141(4):1526–1529. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2017.11.056>
23. Sánchez L, Martínez M. Alergias alimentarias, estado nutricional y salud intestinal, la experiencia en un niño preescolar. *An Venez Nutr.* 2020;33(1):61–6. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522020000100061
24. Zuluaga L, Ramírez N, Mejía L, Vera J. Desenlaces del tratamiento con una fórmula extensamente hidrolizada a base de suero en lactantes con alergia a la proteína de leche de vaca. *Rev Colomb Gastroenterol.* 2018;33(2):111–116. <https://doi.org/10.22516/25007440.253>
25. Meyer R, De Koker C, Dziubak R, Godwin H, Dominguez G, Shah N. Dietary elimination of children with food protein induced gastrointestinal allergy - Micronutrient adequacy with and without a hypoallergenic formula? *Clin Transl Allergy.* 2014; 4:31. <https://doi.org/10.1186/2045-7022-4-31>
26. Ercan N, Bostanci I, Ozmen S, Tekindal M. ¿Existe una asociación entre la concentración de vitamina D y la alergia a la proteína de la leche de vaca durante la lactancia? *Arch Argent Pediatr.* 2019;117(5):306–313. <http://doi.org/10.5546/aap.2019.306>
27. Savarino G, Corsello A, Corsello G. Macronutrient balance and micronutrient amounts through growth and development. *Ital J Pediatr.* 2021; 47:109. <https://doi.org/10.1186/s13052-021-01061-0>
28. González S. Epidemiología de la alergia alimentaria. *Rev Alerg Mex.* 2023;70(4):211–213. <https://doi.org/10.29262/ram.v70i4.1328>
29. Schoemaker A, Sprikkelman A, Grimshaw K, et al. Incidence and natural history of challenge-proven cow's milk allergy in European children - EuroPrevall birth cohort. *Allergy.* 2015;70(8):963–972. <https://doi.org/10.1111/all.12630>
30. Marić L, Sila S, Niseteo T. Abstract only: Change in nutritional status of children with food allergy prior to the initiation of an elimination diet. *Clin Nutr ESPEN.* 2020; 40:574. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2020.09.500>
31. Sánchez A, Sánchez J, Cardona R. Resultados y limitaciones de los estudios epidemiológicos sobre alergia alimentaria. Enfoque en ciudades del trópico. *Rev Alerg Mex.* 2019;66(1):9–17. <https://doi.org/10.29262/ram.v66i1.340>
32. Medina A, Huerta R, Góngora M, et al. Perfil clínico-epidemiológico de pacientes con sospecha de alergia alimentaria en México. Estudio Mexipreval. *Rev Alerg Mex.* 2015;62(1):28–40. <https://doi.org/10.29262/ram.v62i1.57>
33. Bedolla M, Torres N, Contreras U, et al. Alta prevalencia de sensibilización a alimentos en adultos con enfermedades alérgicas residentes en la zona metropolitana de Guadalajara. *Rev Alerg Mex.* 2017;64(1):66–75. <https://doi.org/10.29262/ram.v64i1.239>
34. Guimarães T, Gonçalves L, Silva R, Segundo G. Prevalence of parent-reported food allergy in infants and preschoolers in Brazil. *Allergol Immunopathol (Madr).* 2015;43(4):424–425. <https://doi.org/10.1016/j.aller.2014.03.004>
35. Sánchez J, Sánchez A. Epidemiology of food allergy in Latin America. *Allergol Immunopathol (Madr).* 2015;43(2):185–195. <https://doi.org/10.1016/j.aller.2013.07.001>
36. Hoyos R, Ivanovic D, Álvarez J, et al. Prevalence of parent-reported immediate hypersensitivity food allergy in Chilean school-aged children. *Allergol Immunopathol (Madr).* 2014;42(6):527–532. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aller.2013.09.006>
37. Marrugo J, Hernández L, Villalba V. Prevalence of self-reported food allergy in Cartagena (Colombia) population. *Allergol Immunopathol (Madr).* 2008;36(6):320–324. [https://doi.org/10.1016/S0301-0546\(08\)75863-4](https://doi.org/10.1016/S0301-0546(08)75863-4)
38. Laignelet HH, Hernández N. Alergia alimentaria gastrointestinal: prevalencia, caracterización y costos directos en un centro de remisión en Bogotá. *Rev Colomb Gastroenterol.* 2022;37(2):145–154. <https://doi.org/10.22516/25007440.789>
39. Núñez M. Alergia alimentaria mediada por IgE en la infancia. Estudio descriptivo. [Tesis de Nutrición Humana y Dietética]. Valladolid: Universidad de Valladolid. Facultad de Medicina; 2018. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/31143/TFG-M-N1311.pdf;jsessionid=C064D1F8130B5281BF6E30321E1CDF58?sequence=1>
40. Matsui T, Tanaka K, Yamashita H, et al. Food allergy is linked to season of birth, sun exposure, and vitamin D deficiency. *Allergol Int.* 2019;68(2):172–177. <https://doi.org/10.1016/j.alit.2018.12.003>
41. Guo H, Zheng Y, Cai X, et al. Correlation between serum vitamin D status and immunological changes in children affected by gastrointestinal food allergy H. *Allergol Immunopathol (Madr).* 2017;46(1):39–44. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aller.2017.03.005>

42. Vandenplas Y, Broekaert I, Domellöf M, et al. An ESPGHAN position paper on the diagnosis, management and prevention of cow's milk allergy. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 2024;78(2):386-413. <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000003897>
43. Vázquez R, Ladino L, Bagés M, et al. Consenso de alimentación complementaria de la Sociedad Latinoamericana de Gastroenterología, Hepatología y Nutrición Pediátrica: COCO 2023. *Rev Gastroenterol Mex.* 2023;88(1):57-70. <https://doi.org/10.1016/j.rgmex.2022.11.001>
44. Vlieg B, Groetch M, Vassilopoulou E, et al. The immune-supportive diet in allergy management: A narrative review and proposal. *Allergy.* 2023; 78:1441-1458. <https://doi.org/10.1111/all.15687>
45. Huang J, Zhang J, Wang X, et al. Efecto de los probióticos en las enfermedades alérgicas del tracto respiratorio y la microbiota intestinal. *Kompass Neumol.* 2022;4(2):81-91. <https://doi.org/10.1159/000525449>
46. Mazariegos M. Desarrollo de preferencias alimentarias saludables en etapas tempranas de la vida. *Arch Latinoam Nutr.* 2020;70(4):6-12. <https://doi.org/10.37527/2020.70.4.006>
47. Cubides Á, Linero A, Saldarriaga M, Umaña E, Betancourt E. Alergia a la proteína de la leche de vaca: enfoque diagnóstico y terapéutico. *Rev Colomb Gastroenterol.* 2020;35(1):92-103. <https://doi.org/10.22516/25007440.379>
48. Rivero D, Huerta R, Ortega E, Wakida G, editores. Alergia alimentaria: de la teoría a la práctica. Colegio Mexicano de Pediatras especialistas en Inmunología clínica y alergia (COMPEDIA). México: grafhimedica; 2023: 1-462
49. Pimentel J, Río B, Del Saucedo O. Alergia alimentaria, puntos clave para la práctica clínica. *Rev Alerg Mex.* 2020;67(3):245-267. <https://doi.org/10.29262/ram.v67i3.741>
50. Toca M, Morais B, Vázquez C et al. Consenso sobre el diagnóstico y el tratamiento de la alergia a las proteínas de la leche de vaca de la Sociedad Latinoamericana de Gastroenterología, Hepatología y Nutrición. *Rev Gastroenterol Mex.* 2020;87(2):235-250. <https://doi.org/10.1016/j.rgmex.2022.03.007>
51. Peters R, Krawiec M, Koplin J, Santos A. Update on food allergy. *Pediatr Allergy Immunol.* 2020;32(4):647-657. <https://doi.org/10.1111/pai.13443>
52. Ortega M, Huerta H. Diagnóstico de alergia a alimentos. *Alerg Asma Inmunol Pediatr.* 2020;29(1):31-6. <https://doi.org/10.35366/93323>
53. Shi Y, Xu LZ, Peng K, et al. Specific immunotherapy in combination with *Clostridium butyricum* inhibits allergic inflammation in the mouse intestine. *Sci Rep.* 2015;2(5):17651. <https://doi.org/10.1038/srep17651>
54. Boaventura R, Mendonça R, Fonseca F, Mallozi M, Souza F, Sarni R. Nutritional status and food intake of children with cow's milk allergy. *Allergol Immunopathol (Madr).* 2019;47(6):544-550. <https://doi.org/10.1016/j.aller.2019.03.003>
55. Yakoob M, Clifford W. Nutrition (Micronutrients) in Child Growth and Development: A Systematic Review on Current Evidence, Recommendations and opportunities for further research. *J Dev Behav Pediatr.* 2017;38(8):665-679. <https://doi.org/10.1097/DBP.0000000000000482>
56. Martínez M, Yagüe C. The Risk of Undeclared Allergens on Food Labels for Pediatric Patients in the European Union. *Nutrients.* 2022;10;14(8):1571. <https://doi.org/10.3390/nu14081571>
57. Abrams E, Simons E, Roos L, Hurst K, Protudjer J. Qualitative analysis of perceived impacts on childhood food allergy on caregiver mental health and lifestyle. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2020;124(6):594-599. <https://doi.org/10.1016/j.anai.2020.02.016>
58. Moen Ø, Opheim E, Trollvik A. Parents Experiences Raising a Child with Food Allergy. *J Pediatr Nurs* 2019; 46: e52-e63. <https://doi.org/10.1016/j.pedn.2019.02.036>
59. Golding M, Batac A, Gunnarsson N, Ahlstedt S, Middelveld R, Protudjer J. The burden of food allergy on children and teens: A systematic review. *Pediatr Allergy Immunol.* 2022;33(3):e13743. <https://doi.org/10.1111/pai.13743>
60. Rocheleau G, Rocheleau B. The relationship between food allergy severity and experiencing harms from bullying victimization. *Child Youth Serv Rev.* 2022;136:106436. <https://doi.org/10.1016/j.childyouth.2022.106436>
61. Miller J, Blackman A, Wang H, et al. Quality of life in food allergic children: Results from 174 quality-of-life patient questionnaires. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2020;124(4):379-384. <https://doi.org/10.1016/j.anai.2019.12.021>
62. Thörnqvist V, Middelveld R, Wai H, et al. Health-related quality of life worsens by school age amongst children with food allergy. *Clin Transl Allergy.* 2019; 9:10. <https://doi.org/10.1186/s13601-019-0244-0>
63. Golding M, Gunnarsson N, Middelveld R, Ahlstedt S, Protudjer J. A scoping review of the caregiver burden of pediatric food allergy. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2021;127(5):536-547. E3. <https://doi.org/10.1016/j.anai.2021.04.034>
64. Westwell C, To S, Andjelic G, et al. Food-allergy-specific anxiety and distress in parents of children with food allergy: A systematic review. *Pediatr Allergy Immunol.* 2022;33(1):e13695. <https://doi.org/10.1111/pai.13695>
65. Memauri T, Golding M, Gerdts J, et al. The perceived impact of pediatric food allergy on mental health care needs and supports: A pilot study. *JACI: Global.* 2022;1(2):67-72. <https://doi.org/10.1016/j.jacig.2022.01.002>

Recibido: 03/06/2025
Aceptado: 07/08/2025

Importancia de la agrobiodiversidad en el consumo alimentario en regiones rurales: Una revisión sistemática

Magali Martínez-Villanueva¹ , Neiber Maldonado-Suárez² , Mónica Navarro-Meza³ .

Resumen: Importancia de la agrobiodiversidad en el consumo alimentario en regiones rurales: Una revisión sistemática. **Introducción:** La agrobiodiversidad comprende especies vegetales, animales y microorganismos recolectados, cultivados y domesticados por el humano. Desempeña un papel clave en la alimentación y la salud de adultos que viven en regiones rurales, los cuales contribuyen a su conservación, mediante la transmisión biocultural de generación en generación. Dicha diversidad se está perdiendo y podría afectar el acceso, la calidad y el consumo de los alimentos en la población adulta rural. **Objetivo.** Mostrar evidencia sobre la relación entre agrobiodiversidad y consumo de alimentos en adultos que residen en la ruralidad. **Materiales y métodos.** Se realizó una revisión sistemática siguiendo los lineamientos PRISMA. Se consultaron las bases de datos: PubMed, Web of Science, Scopus, EBSCO y ProQuest, para seleccionar estudios originales publicados entre 2009 y 2025 que incluyeran las variables: agrobiodiversidad, consumo, población adulta y ruralidad. **Resultados.** Se identificaron 2662 estudios, de estos, catorce cumplieron los criterios de inclusión, diez se centraron en la participación de las mujeres y cuatro consideraron a jefes de hogar de ambos sexos. Nueve estudios incluyeron poblaciones indígenas y cuatro a población mestiza. Factores como la diversidad de especies principalmente vegetales se relacionaron con el consumo de alimentos además de educación, ingresos, sexo del jefe de hogar, edad, estacionalidad y acceso a mercados. **Conclusiones.** La agrobiodiversidad favorece al consumo de alimentos saludables en regiones rurales, principalmente en grupos de adultos vulnerables como mujeres e indígenas. Se resalta la necesidad de revalorar y promover la preservación de la agrobiodiversidad que favorezca el consumo saludable en la población rural. **Arch Latinoam Nutr 2025; 75(3): 209-221.**

Palabras clave: Alimentación, consumo, agrobiodiversidad, ruralidad, adultos.

Abstract: The importance of agrobiodiversity in food consumption in rural regions: A systematic review. **Introduction:** Agrobiodiversity includes plant species, animals and microorganisms collected, cultivated and domesticated by humans. It had a key role in adult's diet and health in rural regions that contribute to their conservation across bio cultural transmission from generation to generation. The ongoing loss of agrobiodiversity may negatively impact food access, nutritional quality, and consumption patterns among rural populations. **Objective.** To show evidence of the relationship between agrobiodiversity and food consumption in adults living in rural areas. **Materials and Methods.** A systematic review was conducted following PRISMA guidelines. The databases PubMed, Web of Science, Scopus, EBSCO, and ProQuest were consulted to select original studies published between 2009 and 2025 that included the variables agrobiodiversity, food consumption, adult population, and rural communities. **Results.** A total of 2662 studies were identified, fourteen with inclusion criteria; ten studies focused on women's participation, while four considered heads of households of both sexes. Nine studies included indigenous populations, while four involved mestizo populations. Factors such as diversity of plant species had related to food consumption besides that education, income, sex of the head of household, age, seasonality and access to markets. **Conclusions.** Agrobiodiversity supports consumption of foods in rural regions, mainly benefiting vulnerable groups such as women and indigenous people. There is a need to reassess and promote preservation of agrobiodiversity and healthy consumption among rural populations. **Arch Latinoam Nutr 2025; 75(3): 209-221.**

Keywords: Food consumption, agrobiodiversity, rurality, adults.

Introducción

La agrobiodiversidad comprende la variedad de especies vegetales, animales y microorganismos recolectados, cultivados y domesticados para el consumo de los alimentos, la medicina y la obtención de materias primas (1,2); su origen

¹Departamento de Ciencias Exactas y Metodologías, Centro Universitario del Sur, Universidad de Guadalajara. ²Departamento de Ciencias Exactas y Metodologías, Centro Universitario del Sur, Universidad de Guadalajara" ³Laboratorio C. de Memoria y Neuronutrición, Departamento de Promoción, Preservación y Desarrollo de la Salud, Centro Universitario del Sur, Universidad de Guadalajara. Autor para la correspondencia: Mónica Navarro-Meza, e-mail: monica.navarro@cusur.udg.mx



se basa en el conocimiento, conservación y manejo de la diversidad biológica desarrollado y transmitido por comunidades rurales de manera transgeneracional (3). Desde una perspectiva del consumo de alimentos, contribuye a una alimentación variada y saludable, lo que ayuda a prevenir enfermedades crónicas como la diabetes y alteraciones cardiovasculares y contribuye a una mejor calidad de vida (1,4).

En el ámbito ecológico, favorece la resiliencia agrícola al proveer de un gran acervo genético que permite mitigar el impacto de variaciones climáticas, plagas y enfermedades, lo que promueve la estabilidad de los ecosistemas y reduce la dependencia de insumos químicos, ofreciendo así alternativas sustentables para la producción y consumo de alimentos de la población humana en regiones rurales (1,5,6).

Desde una perspectiva socioeconómica, favorece la soberanía alimentaria y la autonomía de comunidades rurales mediante la conservación de prácticas agrícolas tradicionales y el uso de semillas locales. Además, el comercio y consumo de productos locales, genera oportunidades económicas y mejora la calidad de vida en regiones rurales (1,2,7).

A pesar de dichos beneficios la agrobiodiversidad disminuye a un ritmo acelerado debido a factores como: el desarrollo económico, las políticas públicas, el cambio climático, la intensificación de la agroindustria y los cambios en los patrones alimentarios, cuya tendencia es hacia el aumento del consumo de alimentos ultra procesados y una disminución en el consumo de alimentos locales, reduciendo la producción y recolección de alimentos nativos. Esto compromete la diversidad agrícola en regiones rurales y pone en riesgo la soberanía alimentaria, lo cual es fundamental para asegurar un consumo adecuado de alimentos (8,9).

Estudios recientes advierten sobre la vulnerabilidad de los sistemas alimentarios ante el consumo de alimentos y la presión de los mercados globales, lo que resalta la necesidad de generar conocimiento aplicado

que fortalezca la seguridad alimentaria y la soberanía de las comunidades rurales y por consecuencia un consumo de alimentos saludables (1,2,10). En este contexto, la presente revisión sistemática tiene como objetivo mostrar evidencia acerca de la relación entre la agrobiodiversidad y el consumo de alimentos en adultos que residen en regiones rurales.

Materiales y métodos

Diseño

Se elaboró el protocolo conforme a los lineamientos establecidos por la guía *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis* (PRISMA) (11). Se realizó su registro en la plataforma para el registro prospectivo de revisiones sistemáticas (PROSPERO), con el propósito de evitar duplicaciones y reducir sesgos. Posterior a documentar las características principales del estudio, se obtuvo el registro con el número: ID = CRD42023406582.

Criterios de selección

Se incluyeron estudios que: a) evaluaron la relación entre agrobiodiversidad y alimentación: consumo, diversidad dietética; b) fueran realizados en regiones rurales; c) contaran con una muestra integrada por población adulta; d) correspondieran a estudios originales; e) estuvieran escritos en español, inglés o portugués; f) hubieran sido publicados dentro del periodo de 2009 a 2025.

Se excluyeron estudios que: a) no incorporaran alguna de las variables de interés; b) se realizaran en entornos no rurales; c) incluyeran a participantes que no sean población adulta; d) correspondieran a meta-análisis, revisiones sistemáticas y revisiones de literatura; e) integraran a población con alguna condición patológica; f) fueran estudios narrativos, tesis, libros, protocolos de investigación, cartas al editor y carteles.

Procedimiento de búsqueda

La búsqueda se realizó en las bases de datos: PubMed, Web of Science, Scopus, EBSCO y ProQuest. La estrategia de búsqueda se estructuró en dos etapas: primero, se definieron los términos relacionados con las variables de interés; posteriormente, estos términos fueron consultados en los Descriptores en Ciencias de

la Salud de la Organización Panamericana de la Salud/ Organización Mundial de la Salud, los Encabezados de Términos Médicos de la Biblioteca Nacional de Medicina de Estados Unidos y los tesauros de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Algunos términos incluidos en la búsqueda fueron “*food consumption*”, “*agrobiodiversity*”, “*adult population*”, “*rural region*”. Este estudio se realizó entre el 11 de marzo de 2023, fecha en la que se registró el protocolo en PROSPERO, y el 5 de marzo de 2025, cuando se realizó la última actualización de la búsqueda bibliográfica y la elaboración del reporte final; este periodo cubrió la planificación, búsqueda, selección, extracción, síntesis y escritura de este estudio.

Codificación de variables

Los artículos identificados fueron importados al gestor de referencias Zotero, para el análisis y eliminación de duplicados. Posteriormente, se organizaron mediante la herramienta Rayyan: *AI-Powered Systematic Review Management Platform* lo que permitió a dos revisores

(MMV y NMS) evaluar de forma independiente los títulos y resúmenes. Las discrepancias se discutieron y, cuando fue necesario, se incluyó la opinión de un tercer revisor (MNM) para determinar los estudios que se incluirían en esta revisión sistemática.

Se evaluó el riesgo de sesgo de forma independiente (MMV y NMS) y se incluyó un tercer punto de vista (MNM) para dirimir las discrepancias, utilizando como referencia una herramienta de puntuación del rigor metodológico (12), diseñada para evaluar la confiabilidad de los resultados en estudios empíricos con datos heterogéneos.

Resultados

Se identificaron 2662 estudios en la búsqueda inicial, de los que se eliminaron 560 por ser duplicados, lo que dejó 2102 estudios para la evaluación. Después de revisar título y resumen, 120 estudios cumplieron con los criterios de inclusión, de los cuales se recuperaron 116 a texto completo, en tanto que cuatro no fueron accesibles. Tras la lectura completa de los estudios, 14 fueron incluidos en la revisión sistemática; este proceso se detalla en la Figura 1. Las características de los estudios se presentan en la Tabla 1, mientras que la síntesis de resultados, se presentan en los párrafos subsecuentes.

Síntesis de resultados

Se incluyeron estudios que abordaran términos relacionados con la agrobiodiversidad. Tres investigaciones (13–15) incluyeron la agrobiodiversidad y la definieron como la variedad y variabilidad de plantas, animales y microorganismos a nivel genético, de especies y de ecosistemas disponibles para la alimentación. Otros estudios utilizaron términos como: biodiversidad agrícola (16) para referirse a la variedad de especies alimenticias disponibles en un ecosistema; biodiversidad alimentaria (17) para incluir especies comestibles cultivadas y silvestres; diversidad agrícola (18,19) para describir los recursos alimentarios disponibles en los hogares y diversidad de cultivos (20) enfocada en especies vegetales cultivadas.

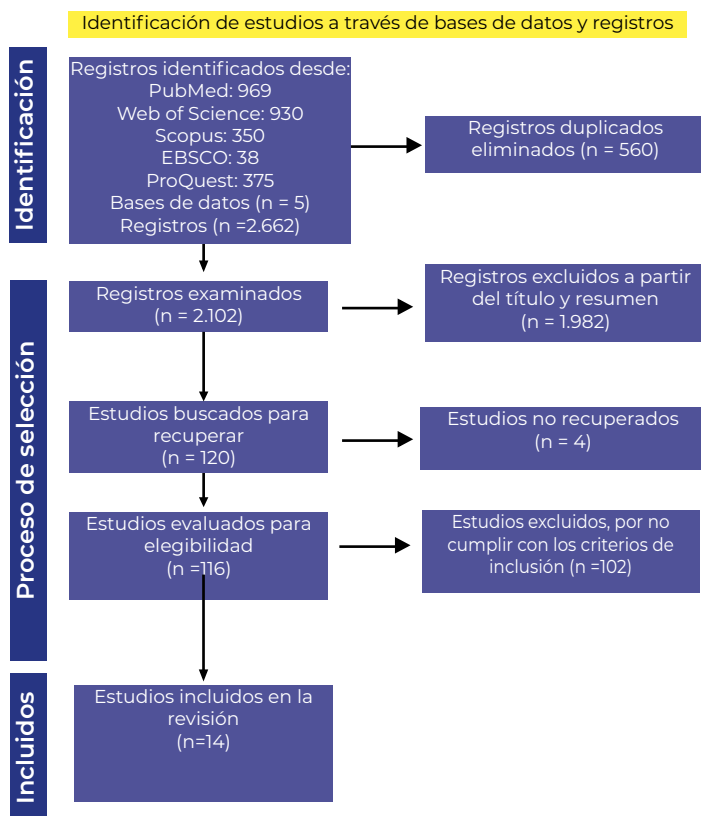


Figura 1. Diagrama de flujo para la selección de artículos incluidos en la revisión sistemática

Tabla 1. Síntesis de los estudios sobre agrobiodiversidad y alimentación, consumo en regiones rurales

Autor, año, país	Metodología	Muestra	Grupo étnico	Variables	Instrumentos/ Indicadores	Resultados principales	Variables asociadas a la alimentación
Rahayu <i>et al.</i> , (2024), Indonesia (25)	Métodos mixtos	N = 107 M > 18 años	Orang Sunda	Plantas alimenticias no convencionales (PANC) Valor nutricional y prácticas de consumo	Entrevistas semi-estructuradas Cuestionario de Frecuencia de consumo de alimentos	El 56% de los encuestados consumían PANC moderadamente (2-3 veces por semana)	La frecuencia de consumo de PANC tuvo una fuerte correlación ($r = 0,70$) con el conocimiento asociado. Las motivaciones para el consumo de PANC incluyeron la disponibilidad como alimento gratuito (33%), el valor medicinal (26%), el valor nostálgico (23%) y el sabor preferido (18%).
Fungo <i>et al.</i> , (2023), Gabón, República Democrática del Congo y Camerún (22)	Cuantitativo, transversal	N = 720 M > 18 años	No se indica	Alimentos forestales (AF) Diversidad Dietética del Hogar (DDH) Variedad alimentaria (VA) Seguridad Alimentaria (SA)	Cuestionarios estructurados Recordatorio de frecuencia de consumo de alimentos de siete días	Hogares que consumieron más AF mostraron mayor DDH ($r^2 = 0,25$; $p < 0,001$) y mayor VA ($r^2 = 0,29$; $p < 0,05$)	Los factores determinantes de la SA son: edad del jefe del hogar > 46 años; tenencia de negocios propios y empleos asalariados.
Owoputi <i>et al.</i> , (2022), Malawi (20)	Cuantitativo, transversal	N = 851 Hogares M = 533, H = 298; 17 - 90 años	Chichewa y Chitumbuka	Diversidad de cultivos Diversidad dietética en mujeres (DDM)	Conteo y clasificación de especies Recordatorio de 24 horas Índice de Diversidad Dietética Individual	Mujeres en hogares con mayor diversidad de cultivos tienen mayor probabilidad de DDM (OR = 1,120, $p < 0,01$). Consumo mayor de alimentos ricos en vitamina A (OR = 1.176, $p < .01$), legumbres, nueces y semillas (OR = 1.141, $p < .01$).	Mayor diversidad de cultivos implica menos probabilidades de tener niveles altos de inseguridad alimentaria (OR = 0,829, $p < 0,001$)
Pascual-Mendoza <i>et al.</i> , (2022), México (23)	Cuantitativo, longitudinal (temporada seca y lluviosa)	N = 78; M > 18 años	Zapoteco	Biodiversidad de plantas comestibles DDM	Cuestionario estructurado/Riqueza de especies vegetales Recordatorio de 24 horas/	La biodiversidad de plantas no se relaciona con la DDM en la temporada seca ($rs = 0,08$, $p = 0,46$) ni en la temporada de lluvias ($rs = 1,12$, $p = 0,29$)	La estacionalidad ($F = 18,28$, $p < 0,001$), la edad (a mayor edad) (83,48, $p < 0,001$) y la escolaridad (a menor escolaridad) ($F = 11,80$, $p < 0,001$) tienen una influencia en DDM.
Lourme-Ruiz <i>et al.</i> , (2021), Burkina Faso (16)	Cuantitativo, longitudinal (abril 2013, agosto 2013, febrero 2014)	N = 579 Fincas H y M	No se indica	Biodiversidad agrícola DDM	Entrevista de recordatorio agrícola/Puntaje de Diversidad de Producción Recordatorio de 24 horas DDM-10	El puntaje de Diversidad de Producción se asocia con un mayor DDM. Cuando se producía un grupo alimenticio adicional en los campos familiares gestionados por H, M consumían 0,11 ($p < 0,01$) grupos de alimentos adicionales.	DDM se correlacionó con la presencia de especies de árboles agroforestales que proporcionan productos alimenticios (0,21 a 0,25, $p < 0,001$).
Blundo-Canto <i>et al.</i> , (2020), Perú (13)	Mixto, longitudinal (2000 y 2015)	N = 227 Hogares	Comunidades mestizas e indígenas de Uyacali	Agrobiodiversidad (AGB) DDH.	Encuesta sobre el uso de AGB/índice de AGB Recordatorio de 24 horas/DDH	Reducción de AGB propició un acceso menos diversificado de alimentos.	Las dietas de 2015 dependieron de menos grupos de alimentos y de más de productos comprados en mercados, respecto a 2000.
Ekesa <i>et al.</i> , 2020, Uganda (14)	Cuantitativo, muestreo multietápico	N = 1,227; M: 15 - 49 años	Acholi y Teso	AGB DDM	Encuesta sobre diversidad de especies/Número total de especies Recordatorio de 24 horas/Diversidad Dietética Mínima	El aumento de la diversidad de especies tiene una correlación positiva con DDM (0,0403, $p < 0,001$)	DDM tiene una correlación negativa con: inseguridad de tenencia de la tierra ($-0,0592$, $p < 0,05$); distancia con el mercado ($-0,0344$, $p < 0,1$).

Tabla 1. Síntesis de los estudios sobre agrobiodiversidad y alimentación, consumo en regiones rurales (cont.)

Autor, año, país	Metodología	Muestra	Grupo étnico	Variables	Instrumentos/ Indicadores	Resultados principales	Variables asociadas a la alimentación
Melby et al., 2020, Ecuador (18)	Cuantitativo, transversal	N = 558 M : 18 - 85 años	Kichwa (Quechua norteño)	Diversidad Agrícola (DA)	Entrevistas y observaciones/ Diversidad de la producción agrícola	Mayor DDM tienen un mayor número de cultivos (8,7 vs. 6,7) y animales (17,9 vs. 12,7) que aquellas con menor DDM. La diversidad de producción agrícola tiene una correlación baja con DDM ($r = 0,019$, $p < 0,001$)	Los años de educación formal ($r = 0,301$, $p < 0,001$) y el ingreso familiar per cápita ($r = 0,204$, $p < 0,001$) se relacionan con la DDM.
				DDM	Recordatorio de 24 horas/MDD-W		
Gitagia et al., 2019, Kenia (15)	Cuantitativo, transversal	N = 384 M: 18 – 49 años	No indicado	AGB	Cuestionario de Agrobiodiversidad/ índice de Shannon Wiener	Sin diferencias en DDM en zonas de bajo potencial agrícola ($3,78 \pm 0,99$) y de alto potencial agrícola ($3,84 \pm 1,05$) ($p > 0,05$)	En áreas de bajo potencial agrícola: - M con mayor educación tuvieron 3,65 veces más probabilidades de alta DD (AOR = 3,65, IC 95% [1,21-10,99], $p < 0,05$). En áreas de alto potencial agrícola: - M en hogares encabezados por H tuvieron 4,15 veces más probabilidades de alta DD (AOR = 4,15, IC 95% [1,16-14,86], $p < 0,05$). - M con mayor educación, 5,32 veces más probabilidades de alta DD (AOR = 5,32, IC 95% [2,27-12,46], $p < 0,05$). - M mayores, más probabilidades de DD (AOR = 1,13, IC 95% [1,07-1,18], $p < 0,01$). - Hogares más grandes redujeron las probabilidades de alta DD (AOR = 0,77, IC 95% [0,62-0,95], $p < 0,05$).
				DDM	Recordatorio de 24 horas/MDD-W		
O'Meara et al., 2019, Fiji (19)	Cuantitativo, transversal	N = 161; M = 117, H = 44; 18 - 54 años	iTaukey (fijianos)	DA	Encuesta de diversidad agrícola/Índice de Biodiversidad Doméstica	- 85% de hogares con baja y media DDH - Hogares con baja DDH tienen más probabilidades de tener baja DA (OR = 5,1, $p = 0,001$)	- Hogares con > 6 ocupantes mayores probabilidades de alta DDH (OR = 0,4; $p = 0,024$) - Hogares que compran alimentos > 2 veces por semana tienen más probabilidades de tener alta DDH (OR = 0,2; $p = 0,023$)
				DDH	Recordatorio de 24 horas/DDH		
Penafiel et al., 2019, Ecuador (24)	Cuantitativo, transversal	N = 178, M > 18 años	Indígenas parroquia de Guasaganda	Alimentos tradicionales	Cuestionario de Frecuencia de Consumo de Alimentos/Puntaje de Diversidad de Alimentos Tradicionales	Alimentos silvestres y cultivados localmente proporcionan el 38,6% del aporte energético total. Un nivel adicional de consumo de especies locales se asoció con un aumento de la adecuación de la dieta para macronutrientes en 0,033 ($p < 0,001$) y para micronutrientes en 0,052 ($p < 0,001$)	La ingesta media de frutas (91,73 g) y verduras (25,56 g) fue significativamente inferior a los 200 g de cada grupo de alimentos recomendados para prevenir enfermedades crónicas (ambos $p < 0,001$). La ingesta media de carne de rumiantes (63,86 g) fue mayor que el recomendado para dietas sostenibles (< 50 g, $p < 0,001$) para dietas sostenibles.
				DDM	Recordatorio de 24 horas/Riqueza de Especies Dietéticas		
Ntwenya et al., 2017, Tanzania (17)	Cuantitativo, longitudinal, en dos periodos: temporada de lluvias y post-cosecha	N = 307 hogares; M = 179, H = 128, < 19 años	No indicado	Biodiversidad alimentaria	Lista de alimentos disponibles/Puntaje de Biodiversidad Alimentaria	< 10% de los hogares consumieron alimentos silvestres durante la cosecha. 50% de los hogares informaron que los alimentos silvestres no son aceptados por integrantes del hogar.	El número medio de alimentos consumidos durante la temporada de lluvias (4,7; IC del 95%: 4,5-5,0; febrero-mayo) fue diferente ($p = 0,0001$) del consumido durante la temporada de cosecha (septiembre-octubre) (5,9; IC del 95%: 5,7-6,1).
				Ingesta alimentaria	Recordatorio de 24 horas/Promedio de alimentos consumidos		

Tabla 1. Síntesis de los estudios sobre agrobiodiversidad y alimentación, consumo en regiones rurales (cont.)

Autor, año, país	Metodología	Muestra	Grupo étnico	Variables	Instrumentos/ Indicadores	Resultados principales	Variables asociadas a la alimentación
Sibhatu y Qaim, 2017, Etiopía (26)	Cuantitativo, longitudinal (julio 2010 a junio de 2011)	N = 10,322 hogares rurales	No indicado	Agricultura de subsistencia	Fuentes alimentarias/ 1) subsistencia; 2) comprados con ingresos agrícolas y 3) comprados con ingresos no agrícolas	Producción de subsistencia representa el 58% del consumo de calorías de hogares rurales.	42% de todas las calorías consumidas provienen de alimentos comprados en el mercado
				DDH	Encuesta de Consumo y Gasto de los Hogares /DDH		
Boedecker et al., 2014, Benín (21)	Cuantitativo, transversal (estación seca)	N = 120; M no embarazadas, > 18 años	Holli	Plantas Silvestres Comestibles (PSC)	Cuestionario sobre PSC/Contribución de las PSC a la ingesta de nutrientes	Diferencias significativas en DDM entre consumidoras de WEP (5,1) y no consumidoras (4,5) ($p < 0,0001$), con mayor consumo de vegetales de hojas verdes.	Las PSC compensan la falta de alimentos durante la escasez (82% de las encuestadas). Barreras para el uso de PSC: encuestadas no las consideran como parte de su identidad cultural; disponibilidad estacional, restricciones de acceso a ciertas áreas del bosque, alta perecibilidad y tiempos prolongados de cocción.

Nota. N: muestra total; M: Mujeres; H: Hombres; DDM: Diversidad dietética de las mujeres; AGB: Agrobiodiversidad; DA: Diversidad Agrícola; DDH: Diversidad Dietética del hogar; PSC: Plantas silvestres comestibles.

Abreviaturas

- AGB. Agrobiodiversidad
- AF. Alimentos forestales.
- DA. Diversidad agrícola.
- DDH. Diversidad dietética del hogar.
- DDM. Diversidad dietética en mujeres.
- IDDS. Índice de Diversidad Dietética Individual.
- MDD-W. Diversidad Alimentaria Mínima para Mujeres
- PANC. Plantas alimenticias no convencionales.
- PRISMA. Elementos de informes preferidos para revisiones sistemáticas y meta análisis.
- PROSPERO. Plataforma para el registro prospectivo de revisiones sistemáticas en el ámbito de la salud.
- PSC. Plantas silvestres comestibles.
- RAYYAN. Plataforma diseñada para facilitar el proceso de revisiones sistemáticas y narrativas de la literatura científica.
- SA. Seguridad alimentaria.
- UNESCO. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- VA. Variedad alimentaria.
- WDDS. Puntuación de Diversidad Dietética de las Mujeres

Otros estudios evaluaron el uso de plantas silvestres comestibles (21), alimentos forestales (22), y la biodiversidad de plantas comestibles cultivadas y recolectadas (23). Otros términos incluyen alimentos tradicionales (24), plantas alimenticias no convencionales (25) y agricultura de subsistencia (26) referida a cultivos destinados al autoconsumo.

En relación con la variable alimentación, se incluyeron estudios que abordaran la variedad de alimentos incluidos en una dieta. Ocho investigaciones evaluaron la diversidad dietética en mujeres (14–16,18,20,21,23,24), mientras que cuatro abordaron la diversidad dietética del hogar (13,19,22,26), definida como la capacidad de adquirir alimentos de calidad y cantidad suficientes para satisfacer los requisitos nutricionales de los miembros del hogar para una vida productiva. Otro estudio empleó el término ingesta alimentaria (17) para referirse a la variedad de alimentos consumidos

por un grupo poblacional; mientras que en el estudio de Rahayu *et al.* (25) se exploró la frecuencia de consumo de plantas no convencionales.

Los estudios mostraron una relación consistente entre la agrobiodiversidad y el consumo de alimentos a nivel de los hogares como de las mujeres. En Uganda y Malawi, el aumento en la diversidad de cultivos y especies cultivadas se correlacionó positivamente con la diversidad dietética de las mujeres (14,20). En Burkina Faso, la inclusión de árboles agroforestales favoreció la diversidad del consumo alimentario en las mujeres (16).

En Ecuador, la diversidad agrícola se asoció con una mayor variedad alimentaria,

pero su impacto fue menor que el de la educación y los ingresos familiares (18). Este planteamiento se reforzó con el estudio de Gitagia *et al.* (15) en Kenia, quienes no encontraron una diferencia significativa en la diversidad dietética entre las mujeres de zonas de bajo y alto potencial agrícola; en cambio, las mujeres con mayor nivel educativo y aquellas de hogares encabezados por hombres tenían más probabilidades de tener una dieta diversa. De manera similar, el estudio realizado por Pascual-Mendoza *et al.* (23) no encontró una correlación significativa entre la biodiversidad de plantas comestibles y la diversidad dietética en las mujeres zapotecas en México, mientras que la edad, la escolaridad y la estacionalidad tuvieron un papel más importante en este contexto.

En Tanzania, la estacionalidad afectó significativamente el consumo de alimentos, con menor uso de alimentos silvestres en la temporada de lluvias (17). Por otra parte, el estudio de O'Meara *et al.* (19) en Fiji mostró que los hogares con menor diversidad dietética tienden a una menor diversidad agrícola, mientras que los hogares con más de seis ocupantes o que compraban alimentos frecuentemente presentaban una mayor diversidad dietética. En Perú encontraron que la reducción de la agrobiodiversidad entre 2000 y 2015 llevó a una menor diversidad dietética en los hogares, con mayor dependencia de alimentos comprados en mercados (13).

Por otro lado, en Benín se observó que el consumo de plantas silvestres comestibles mejoraba significativamente la diversidad dietética de las mujeres; además, permitieron compensar la falta de alimentos durante períodos de escasez (21). A pesar de sus beneficios, las barreras para su uso incluyen la falta de identidad cultural con estos alimentos, su alta perecibilidad y los tiempos prolongados de cocción. En esta línea, el estudio de Fungo *et al.* (22) en Camerún, República Democrática del Congo y Gabón, reportó una correlación positiva entre el consumo de alimentos forestales y la diversidad dietética del hogar, así como con la variedad alimentaria.

Por su parte, Rahayu *et al.* (25) reportaron que 56% de los encuestados en un área rural de Java Occidental, Indonesia, tenía un consumo moderado (2-3 veces a la semana) de plantas alimenticias no convencionales; además, el conocimiento sobre estas plantas se asoció con la frecuencia de su consumo. Pese a esto, 92% señalaron que su consumo ha disminuido en comparación con el pasado, mientras que la percepción de baja disponibilidad y desconocimiento de su uso, se mencionaron como las principales razones de la tendencia a la baja.

En Etiopía, se observó que la agricultura de subsistencia sigue siendo la principal fuente de alimentos para los hogares rurales, representando el 58% de las calorías consumidas. A pesar de esto, el 42% de las calorías consumidas provenían de alimentos comprados en el mercado, lo que resalta la importancia de combinar la producción propia con el acceso a alimentos comerciales (26).

Finalmente, el estudio de Penafiel *et al.* (24) señaló que los alimentos tradicionales proporcionaron más del 38% del aporte energético en las dietas de las mujeres indígenas de Ecuador. Estos alimentos, obtenidos localmente o en hábitats naturales, fueron clave para mejorar la ingesta de macronutrientes y micronutrientes, aunque también se observó que el consumo de frutas y verduras fue inferior a las recomendaciones para prevenir enfermedades crónicas.

Características de los estudios

Respecto a la distribución geográfica de los estudios seleccionados, se realizaron principalmente en África (Benín, Uganda, Etiopía, Malawi, Kenia, Tanzania, Burkina Faso, Gabón, República Democrática del Congo y Camerún), seguido de América Latina (Perú, México, Ecuador), Asia (Indonesia) y Oceanía (Fiji). De acuerdo con la clasificación del Banco Mundial (27), cinco países son de ingresos bajos (Uganda, Etiopía, Malawi y Burkina Faso, República Democrática del Congo); cinco de ingresos medio-bajos (Benín, Kenia, Tanzania, Indonesia, Camerún) y cinco como de ingresos medio-altos (Fiji, Perú, México, Ecuador, Gabón).

En relación con la metodología, siete estudios adoptaron un enfoque cuantitativo con diseño transversal (15,18-21,24,25); cuatro fueron longitudinales

(16,17,23,26). Mientras que dos emplearon métodos mixtos (13,22). El estudio de Ekesa *et al.* (14) empleó un diseño cuantitativo con muestreo multietápico.

Respecto a las características de la muestra, ocho estudios emplearon muestras compuestas exclusivamente por mujeres (14,15,18,21-25); dos recabaron datos a nivel de hogares, pero centraron sus análisis en la dieta de mujeres (16,20). El resto de estudios recabaron información de los integrantes de los hogares, quienes incorporaban las prácticas de agrobiodiversidad y alimentación (13,17,19,26). El tamaño de muestra de cada estudio varió considerablemente, desde 10.322 hogares en Etiopía (26), lo que permitió un análisis a gran escala, hasta estudios más focalizados como el de Pascual-Mendoza *et al.* (23) que analizó la alimentación de 78 mujeres zapotecas en México.

Por otra parte, se observó que la agrobiodiversidad está estrechamente relacionada con la presencia de grupos indígenas, quienes la integran en su alimentación tradicional. Esto se observa en varios de los estudios que integran la presente revisión, como se detalla a continuación.

Nueve estudios se realizaron en comunidades indígenas de cuatro continentes. En África, se identificaron los Holli en Benín (21), Acholi y Teso en Uganda (14), Chichewa y Chitumbuka en Malawi (20). En América Latina, se incluyeron comunidades indígenas de Perú (13), mujeres zapotecas en México (23), Kichwa (18) e indígenas de la parroquia de Guasaganda (24) en Ecuador. En Asia, se incluyó a la comunidad Orang Sunda de Indonesia (25); mientras que en Oceanía se incluyó a los iTaukei en Fiji (19).

Respecto a los instrumentos empleados, se observó que la agrobiodiversidad se evaluó de forma heterogénea mediante entrevistas, encuestas estructuradas y conteo de especies, lo que permitió calcular indicadores como Diversidad de cultivos (20), Riqueza de especies vegetales (23), Puntaje de diversidad de producción (16); Índice de Agrobiodiversidad (13), el número total de especies (14); la Diversidad de producción agrícola (18), el Índice de Shannon-Wiener (15); el Índice de Biodiversidad Doméstica (19). Otros estudios analizaron, el Puntaje de Diversidad de Alimentos Tradicionales (24), el promedio de alimentos consumidos (17); las fuentes alimentarias (26); la contribución de las Plantas silvestres comestibles a la ingesta de nutrientes (21); la clasificación de las Plantas alimenticias no

convencionales, según partes comestibles y modos de preparación (25) y la diversidad de Alimentos silvestres forestales (22).

Por otro lado, para evaluar el consumo de los alimentos, once estudios utilizaron el recordatorio dietético de 24 horas, un método estructurado que recoge información sobre cantidad, tipo, preparación y horarios de ingesta de alimentos y bebidas. Con la información obtenida, se calcularon indicadores como la Puntuación de Diversidad Dietética de las Mujeres (16,21,23), la Diversidad dietética del hogar (DDH) (13,19); la Diversidad Dietética Mínima (14) y la Diversidad Dietética Mínima de las Mujeres (15,18); el Índice de Diversidad Dietética Individual (20); la Riqueza de especies dietéticas (24); el Promedio de alimentos consumidos (17). Además, Fungo *et al.* (22) emplearon un instrumento de frecuencia de consumo de alimentos de siete días para calcular la DDH, mientras que Sibhatu y Qaim (26) utilizaron la Encuesta de Consumo y Gasto de los Hogares de Etiopía para calcular la DDH. Rahayu *et al.* (25) aplicó un Cuestionario de Frecuencia de Consumo de Alimentos para evaluar prácticas con Plantas alimenticias no convencionales.

Evaluación de riesgo de sesgo

Todos los artículos recibieron puntajes consistentes (4, bueno) en título y resumen, introducción y objetivos, método y datos (Tabla 2). No obstante, se identificó un ligero riesgo de sesgo en las secciones de muestreo y análisis de datos, con puntuaciones de 3 (regular), lo que podría indicar limitaciones en la representatividad de las muestras o en análisis estadístico. Respecto a la generalización de resultados, salvo los estudios de Gitagia *et al.* (15) y Melby *et al.* (18), con puntuaciones de 4, el resto de estudios obtuvieron puntuaciones de 3, lo que indica que los hallazgos pueden tener ligeras limitaciones para aplicarse a otros contextos. Finalmente, las implicaciones y la utilidad de los estudios fueron valoradas de forma positiva, con puntuaciones de 4 en la mayoría de los estudios. Esto indica que aunque algunos estudios pudieran tener limitaciones metodológicas, sus

Tabla 2. Evaluación de riesgo de sesgo en los estudios revisados

Autor y año	Título y resumen	Introducción y Objetivos	Método y datos	Muestreo	Análisis de datos	Ética y sesgos	Resultados	Generalización	Implicaciones y utilidad
Rahayu et al., 2024 (25)	4	4	4	3	4	4	4	3	4
Fungo et al., 2023 (22)	4	4	4	4	4	3	4	3	4
Owoputi et al., 2022 (20)	4	4	4	4	3	4	4	3	4
Pascual-Mendoza et al., 2022 (23)	4	4	4	4	3	3	4	3	4
Lourme-Ruiz et al., 2021(16)	4	4	4	4	3	3	4	3	4
Blundo-Canto et al., 2020 (13)	4	4	4	3	3	3	4	3	4
Ekesa et al., 2020 (14)	4	4	4	3	4	3	4	3	4
Melby et al., 2020 (18)	4	4	4	3	3	4	4	4	4
Citagia et al., 2019 (15)	4	4	4	3	3	4	4	4	4
O'Meara et al., 2019 (19)	4	4	4	3	3	4	4	3	4
Penafiel et al., 2019 (24)	4	4	4	4	4	4	4	3	4
Ntwenya et al., 2017 (17)	4	3	4	3	3	4	4	3	4
Sibhatu & Qaim, 2017 (26)	4	4	4	3	3	2	4	3	4
Boedecker et al., 2014 (21)	4	4	4	4	3	4	4	3	3

contribuciones a la comprensión de la agrobiodiversidad y el consumo de alimentos en regiones rurales, son significativas para futuras investigaciones.

Discusión

El objetivo de esta revisión sistemática fue mostrar la evidencia sobre la relación entre agrobiodiversidad y consumo de alimentos en regiones rurales. Una de las principales características fue que los estudios se ubicaron en regiones tropicales y subtropicales, marcada por la alternancia entre estaciones lluviosas y secas, lo que favorece la agrobiodiversidad (1,28). Sin embargo, en los últimos años, estas zonas enfrentan cambios en los patrones de lluvia y en la fertilidad de los suelos debido al cambio climático, lo que impacta en la producción de alimentos y por consecuencia en su consumo por parte de la población que reside en estas zonas (29,30).

Otro aspecto relevante es que los estudios se realizaron en países calificados por el Banco Mundial (27) como de ingresos bajos,

ingresos medio-bajos e ingresos medio-altos, que también son conocidos como países en desarrollo (31) o del Sur Global (32).

La agrobiodiversidad en dichos países es fundamental en el consumo de alimentos, pues sus comunidades dependen en gran medida de la producción local.

Por otro lado, en los países de ingresos medio-altos, como Fiji, México, Perú y Ecuador, la diversificación de sus economías ha propiciado tensiones entre las prácticas agrícolas tradicionales y la industrialización alimentaria, lo que conduce a la pérdida de biodiversidad, homogenización de las dietas y estandarización de los procesos de transformación alimentaria (32,33). Así también, existen plantas alimenticias no convencionales (PANC) en regiones rurales, las cuales presentan propiedades nutricionales y benéficas para la salud, sin embargo, se excluyen de los hábitos y sistemas alimentarios tradicionales, por lo que se propone valorar y recuperar la alimentación tradicional para la seguridad alimentaria y nutricional de la población rural (44).

Popkin y Reardon (34) plantean que dichos cambios propician un incremento en el consumo de alimentos de baja densidad nutricional. Sobre esto, Baker et al. (35) apuntan que, a medida que los países enriquecen, la población tiende a aumentar el consumo de alimentos ultra procesados. Este panorama subraya

la importancia de preservar e incentivar las prácticas tradicionales agrícolas, tanto para mantener la diversidad alimentaria, como para enfrentar desafíos como el cambio climático y los problemas de salud derivados de una alimentación inadecuada e insuficiente (36).

De los estudios analizados, ocho fueron exclusivamente en mujeres; mientras que dos estudios recopilaban datos a nivel de los hogares, pero centraron su análisis en la dieta de las mujeres. El enfoque en esta población responde a dos razones:

- a) En estos contextos, las mujeres suelen ser las responsables de la gestión alimentaria, pues toman decisiones sobre la adquisición y preparación de alimentos y
- b) Este sector es considerado como un grupo vulnerable en términos de seguridad alimentaria y nutricional (18,21).

Además, nueve estudios destacaron el papel de los grupos étnicos en la conservación de la agrobiodiversidad y la diversidad dietética que impacta en el consumo de alimentos. Así, en regiones con población indígena como en Indonesia (Orang Sunda) (25); Malawi (Chichewa y Chitumbuka) (20); Uganda, (Acholi y Teso) (14); Benín (Holli) (21); Ecuador (Kichwa) (18) y la población indígena de la parroquia de Guasaganda (24), las prácticas alimentarias tradicionales como la diversidad de cultivos, la recolección de plantas silvestres comestibles y el consumo de alimentos tradicionales contribuyeron a una dieta variada. Sobre lo anterior, Zimmerer *et al.* (1) señalan que la agrobiodiversidad está arraigada a los sistemas alimentarios indígenas y los pequeños productores, por lo que es fundamental impulsar políticas públicas que fomenten la preservación de sus prácticas productivas y dietas tradicionales (37).

Por otro lado, la relación entre la jefatura del hogar, género y diversidad alimentaria en contextos indígenas y rurales está mediada por roles tradicionales, estructuras sociales y desigualdades persistentes. En comunidades indígenas, las mujeres son depositarias del conocimiento sobre la biodiversidad alimentaria local y desempeñan un papel central en la producción, recolección y preparación de alimentos. No obstante, enfrentan múltiples niveles de discriminación que limitan su acceso a recursos, toma de decisiones y reconocimiento como líderes de hogar, lo que afecta directamente la diversidad de la dieta familiar; a

pesar de estos desafíos, cuando las mujeres indígenas son empoderadas mediante enfoques de género transformativos se reconoce su rol en la gestión alimentaria del hogar, se observa una mejora significativa en la seguridad alimentaria y la diversidad dietética. Así, la jefatura femenina en hogares indígenas puede constituirse en un factor clave para la resiliencia alimentaria, siempre que se acompañe de condiciones estructurales que reconozcan sus derechos y conocimientos ancestrales (37).

Los beneficios de la agrobiodiversidad en el consumo de alimentos en la población humana que vive en zonas rurales se evidencian en ocho estudios que mostraron una relación consistente entre la agrobiodiversidad y la diversidad de la dieta (14-16,18,20,21,23,24). Lo anterior resalta que la preservación de la agrobiodiversidad en contextos rurales y en comunidades vulnerables tiene el potencial de proporcionar un suministro sostenible de alimentos, lo que contribuye a la seguridad alimentaria de los hogares (1,38,39).

Aunque la relación entre agrobiodiversidad y el consumo de alimentos es consistente, el resto de estudios indican que esta conexión está mediada por factores socioeconómicos, demográficos y ambientales. Entre ellos, se incluyen aspectos como la educación y los ingresos familiares (18); hogares encabezados por hombres (15); la edad y la estacionalidad (17,23) así como el acceso a los mercados (13,19).

Estos hallazgos coinciden con investigaciones previas que señalan que la escolaridad y el nivel socioeconómico se asocian con dietas más saludables (40), mientras que la disponibilidad de alimentos varía según la temporada agrícola, con una menor diversidad alimentaria en temporada de lluvias (41). Por otra parte Muthini *et al.* (42) señala que la mejora en el acceso e infraestructura de los mercados, puede mejorar la calidad dietética de las personas.

En suma, aunque la agrobiodiversidad favorece la disponibilidad de alimentos, su influencia en el consumo alimentario está condicionado por factores contextuales. Esto

se debe a que la alimentación es un fenómeno complejo, influenciado por la cultura, la economía, la disponibilidad de alimentos, las preferencias, los contextos sociales e, incluso, el estado de ánimo de las personas (43). Por ello, es crucial que las intervenciones y las políticas públicas consideren estos elementos para promover la seguridad alimentaria y en consecuencia un consumo de calidad en la población rural, además de la sostenibilidad ambiental, particularmente en países del Sur Global con población indígena.

Conclusiones

La agrobiodiversidad contribuye al consumo de alimentos en la población adulta que vive en zonas rurales, especialmente en habitantes vulnerables, como es el caso de mujeres e indígenas. Sin embargo, esta relación se ve afectada por factores socioeconómicos y contextuales como la educación, los ingresos familiares, la estacionalidad y el acceso a mercados.

Se sugiere que la preservación y la revitalización de las prácticas agrícolas tradicionales, en conjunto con la implementación de políticas públicas que consideren los factores antes mencionados, constituyen acciones fundamentales para enfrentar desafíos globales como el cambio climático, los sistemas de producción alimentaria que amenazan los ecosistemas, la pérdida del conocimiento sobre los alimentos tradicionales y los problemas de salud asociados a la alimentación inadecuada y deficiente.

Se sugiere que futuras investigaciones promuevan la sostenibilidad de los sistemas alimentarios y la inclusión de los saberes y prácticas locales, con el objetivo de mejorar el consumo de alimentos tradicionales y la salud de adultos que viven en comunidades rurales.

Limitaciones

Una limitante de esta revisión se considera que, de acuerdo a la metodología utilizada, es el uso de cinco bases de datos, lo que

podría sesgar algunos estudios en zonas rurales a nivel mundial. Con relación al consumo de alimentos en zonas rurales son pocos los estudios que integran especies no convencionales, los cuales pertenecen a la agrobiodiversidad y que son necesarias rescatarlas, protegerlas y consumirlas dadas las propiedades benéficas para la salud que presentan, además de su fácil acceso.

Agradecimientos

La autora MMV (CVU: 1017778) y el autor NMS (CVU: 1040696) agradecen a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnologías e Innovación, por la beca otorgada para cursar el Doctorado en Psicología con Orientación en Calidad de Vida y Salud en el Centro Universitario del Sur de la Universidad de Guadalajara, en cuyo marco se desarrolló esta investigación y forma parte de la tesis doctoral de MMV.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflicto de intereses en relación a este trabajo.

Referencias

1. Zimmerer KS, de Haan S, Jones AD, Creed-Kanashiro H, Tello M, Carrasco M, et al. The Biodiversity of Food and Agriculture (Agrobiodiversity) in the Anthropocene: Research Advances and Conceptual Framework. *Anthropocene*. 2019;25:100192. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2019.100192>
2. Zimmerer KS, de Haan S, Jones AD, Creed-Kanashiro H, Tello M, Amaya PF, et al. Indigenous Smallholder Struggles in Peru: Nutrition Security, Agrobiodiversity, and Food Sovereignty amid Transforming Global Systems and Climate Change. *J Lat Am Geogr*. 2020. <https://doi.org/10.1353/lag.0.0154>
3. Oduor FO, Boedecker J, Kennedy G, Termote C. Exploring Agrobiodiversity for Nutrition: Household On-Farm Agrobiodiversity is Associated with Improved Quality of Diet of Young Children in Vihiga, Kenya. *PLoS One*. 2019;14(8):1-15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219680>
4. Ceccarelli S, Grando S. Return to Agrobiodiversity: Participatory Plant Breeding. *Diversity*. 2022;14(2). <https://doi.org/10.3390/d14020126>
5. Altieri MA, Funes-Monzote FR, Petersen P. Agroecologically Efficient Agricultural Systems for Smallholder Farmers: Contributions to Food Sovereignty. *Agron Sustain Dev*. 2012; 1-13. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0065-6>
6. Bai Y, Fu C, Thapa B, Rana RB, Zhang L. Effects of Conservation Measures on Crop Diversity and their Implications for Climate-Resilient Livelihoods: The Case of

- Rupa Lake Watershed in Nepal. *J Mt Sci.* 2022;19:945–57. <https://doi.org/10.1007/s11629-020-6426-3>
7. Fenzi M, Rogé P, Cruz-Estrada Á, Tuxill JD, Jarvis D. Community Seed Network in an Era of Climate Change: Dynamics of Maize Diversity in Yucatán, Mexico. *Agric Human Values.* 2021;39:339–56. <https://doi.org/10.1007/s10460-021-10249-3>
 8. Anuar SN, Salim JM, Nikong D, Manaf NA, Sanusi NA, Omar K, et al. Traditional Ecological Knowledge of Wild Tubers Used by The Orang Asli Bateq Tribe on The East Coast of Peninsular Malaysia. *Malaysian Appl Biol.* 2023;52(5):1–10. <https://doi.org/10.55230/mabjournal.v52i5.co6>
 9. Lam Toi P, Anothaisintawee T, Chaikledkaew U, Briones JR, Reutrakul S, Thakkinstian A. Preventive Role of Diet Interventions and Dietary Factors in Type 2 Diabetes Mellitus: An Umbrella Review *Nutrients.* 2020; 12(9), 2722. <https://doi.org/10.3390/nu12092722>
 10. Anbessa B, Lulekal E, Getachew P, Hymete A. Ethnobotanical Study of Wild Edible Plants in Dibatie District, Metekel Zone, Benishangul Gumuz Regional State, Western Ethiopia. *J Ethnobiol Ethnomed.* 2024;20(1):1–18. <https://doi.org/10.1186/s13002-024-00671-2>
 11. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 Statement: An updated Guideline for reporting systematic reviews. *PLoS Med.* 2021;18(3):1–15. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
 12. Hawker S, Payne S, Kerr C, Hardey M, Powell J. Appraising the evidence: reviewing disparate data systematically. *Qual Health Res.* 2002;12(9):1284–99. <https://doi.org/10.1177/1049732302238251>
 13. Blundo-Canto G, Cruz-García GS, Talsma EF, Francesconi W, Labarta R, Sanchez-Choy J, et al. Changes in Food Access by Mestizo Communities Associated with Deforestation and Agrobiodiversity Loss in Ucayali, Peruvian Amazon. *Food Secur.* 2020;12(3):637–58. <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01022-1>
 14. Ekesa B, Dolan I, Ariong RM, Kennedy G, Baganizi M. Relationships Between Land Tenure Insecurity, Agrobiodiversity, and Dietary Diversity of Women of Reproductive Age: Evidence from Acholi and Teso Subregions of Uganda. *Matern Child Nutr.* 2020;16 (1):1–13. <https://doi.org/10.1111/mcn.12965>
 15. Gitagia MW, Ramkat RC, Mituki DM, Termote C, Covic N, Cheserek MJ. Determinants of Dietary Diversity Among Women of Reproductive Age in two Different Agro-Ecological Zones of Rongai Sub-County, Nakuru, Kenya. *Food Nutr Res.* 2019;63:1–12. <https://doi.org/10.29219/fnr.v63.1553>
 16. Lourme-Ruiz A, Dury S, Martin-Prével Y. Linkages between Dietary Diversity and Indicators of Agricultural Biodiversity in Burkina Faso. *Food Secur.* 2021;13(2):329–49. <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01137-5>
 17. Ntwenya JE, Kinabo J, Msuya J, Mamiro P, Mamiro D, Njoghomi E, et al. Rich Food Biodiversity Amid Low Consumption of Food Items in Kilosa District, Tanzania. *Food Nutr Bull.* 2017;38(4):501–11. <https://doi.org/10.1177/0379572117708647>
 18. Melby CL, Orozco F, Averett J, Muñoz F, Romero MJ, Barahona A. Agricultural Food Production Diversity and Dietary Diversity Among Female Small Holder Farmers in a Region of the Ecuadorian Andes Experiencing Nutrition Transition. *Nutrients.* 2020;12(8):1–15. <https://doi.org/10.3390/nu12082454>
 19. O'Meara L, Williams SL, Hickey D, Brown P. Predictors of dietary diversity of indigenous food-producing households in rural Fiji. *Nutrients.* 2019;11(7):1–16. <https://doi.org/10.3390/nu11071629>
 20. Owoputi I, Booth N, Luginaah I, Nyantakyi-Frimpong H, Shumba L, Dakishoni L, et al. Does crop diversity influence household food security and women's individual dietary diversity? A cross-sectional study of Malawian farmers in a participatory agroecology and nutrition project. *Food Nutr Bull.* 2022;43(4):395–411. <https://doi.org/10.1177/03795721221126787>
 21. Boedecker J, Termote C, Assogbadjo AE, Van Damme P, Lachat C. Dietary Contribution of Wild Edible Plants to Women's Diets in the Buffer Zone Around the Lama Forest, Benin – an Underutilized Potential. *Food Secur.* 2014;6(6):833–849. <https://doi.org/10.1007/s12571-014-0396-7>
 22. Fungo R, Tieguhong JC, Iponga DM, Tchatat M, Kahindo JM, Muyonga JH, et al. Can Wild Forest Foods Contribute to Food Security and Dietary Diversity of Rural Populations Adjoining Forest Concessions? Insights from Gabon, DR Congo and Cameroon. *Int For Rev.* 2023;25:45–60. <https://doi.org/10.1505/146554823836902626>
 23. Pascual-Mendoza S, Saynes-Vásquez A, Pérez-Herrera A. Contribution of the Biodiversity of Edible Plants to the Diet and Nutritional Status of Women in a Zapotec Communities of the Sierra Norte, Oaxaca, Mexico. *Ecol Food Nutr.* 2022;62(1-2):37-59. <https://doi.org/10.1080/03670244.2022.2154762>
 24. Penafiel D, Cevallos-Valdiviezo H, Espinel R, Van Damme P. Local traditional foods contribute to diversity and species richness of rural women's diet in Ecuador. *Public Health Nutr.* 2019;22(16):2962–71. <https://doi.org/10.1017/s136898001900226x>
 25. Rahayu YYS, Sujarwo W, Irsyam ASD, Dwiartama A, Rosleine D. Exploring unconventional food plants used by local communities in a rural area of West Java, Indonesia: ethnobotanical assessment, use trends, and potential for improved nutrition. *J Ethnobiol Ethnomed.* 2024;20(68):1–24. <https://doi.org/10.1186/s13002-024-00710-y>
 26. Sibhatu KT, Qaim M. Rural food security, subsistence agriculture, and seasonality. *PLoS One.* 2017;12(10):1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186406>
 27. The World Bank. World Bank Country and Lending Groups. 2024. https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519-world-bank-country-and-lending-groups?_gl=1*rc5m03*_gcl_au*ODA4ODY2ODk0LjE3MjY5NDExNzc
 28. Normander B. Biodiversidad: Combatir la sexta extinción masiva en Hacia una Prosperidad Sostenible. La situación del Mundo 2012: Informe Anual del Worldwatch Institute sobre Progreso hacia una Sociedad Sostenible. Icaria Editorial; 2012.

29. Eccles R, Zhang H, Hamilton D. A review of the effects of climate change on riverine flooding in subtropical and tropical regions. *J Water Clim Chang*. 2019;10(4):687–707. <https://doi.org/10.2166/wcc.2019.175>
30. Salama A-M, Ezzat A, El-Ramady H, Alam-Eldein SM, Okba SK, Elmenofy HM, et al. Temperate Fruit Trees under Climate Change: Challenges for Dormancy and Chilling Requirements in Warm Winter Regions. *Horticulturae*. 2021;7(4): 86. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7040086>
31. Barz M, Kami Delivand M, Dinkler K. Agricultural Wastes – A Promising Source for Biogas Production in Developing Countries of the Tropical and Subtropical Regions. *Rev For Mesoam Kurú*. 2019;16(38):2–12. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v16i38.3991>
32. Venegas Díaz MA. Más allá de las identidades políticas: el rol de las resistencias de alteridades históricas en la soberanía alimentaria. *PACHA. Revista de Estudios Contemporáneos del Sur Global* 2022;3(8). <https://doi.org/10.46652/pacha.v3i8.101>
33. Ibarra LS. Review: Transición Alimentaria en México. *Razón y Palabra*. 2016;(94):162–179. <https://revistarazonypalabra.org/index.php/ryp/article/view/697/715>
34. Popkin BM, Reardon T. Obesity and the food system transformation in Latin America. *Obes Rev*. 2018;19(8):1028–64. <https://doi.org/10.1111/obr.12694>
35. Baker P, Machado P, Santos T, Sievert K, Backholer K, Hadjidakou M, et al. Ultra-Processed Foods and the Nutrition Transition: Global, Regional and National Trends, Food Systems Transformations and Political Economy Drivers. *Obes Rev*. 2020;21(12): e13126. <https://doi.org/10.1111/obr.13126>
36. Maurya D, Kumar T, Adhikari C, Kumar A, Bishwas AJ. Agro-Biodiversity for Sustainable Food and Nutrition System. In: *Biodiversity of Our Mother Earth*. Bharti Publications; 2022. Pp. 158–165. ISBN 9789394779426
37. IFAD. Sustainable and Resilient Indigenous Peoples' Food Systems for Improved Nutrition. 2022. <https://www.ifad.org/digital-toolbox/indigenous-peoples-food-systems/assets/files/Indigenous-Peoplesfoodsyste.ms.pdf>
38. Chaudhary M, Pandey A, Vallabhbai Patel S, Yadav A, Kumar A, Charan Singh C, et al. Improving sustainable food and nutrition systems with agro-biodiversity in recent Paradigm of conservation agriculture: A review. *J Pharmacogn Phytochem*. 2019;8(6):1025–1031. <https://www.phytojournal.com/archives/2019/vol8issue6/PartQ/8-5-153-232.pdf>
39. Poot–Pool WS, van der Wal H, Flores–Guido S, Pat–Fernández JM, Esparza–Olguín L. Home garden agrobiodiversity differentiates along a rural–peri–urban gradient in Campeche, México. *Econ Bot*. 2015;69(3):203–217. <https://doi.org/10.1007/s12231-015-9313-z>
40. Bennett G, Bardon LA, Gibney ER. A Comparison of Dietary Patterns and Factors Influencing Food Choice among Ethnic Groups Living in One Locality: A Systematic Review. *Nutrients*. 2022;14(5):941. <https://doi.org/10.3390/nu14050941>
41. Ntwenya JE, Kinabo J, Msuya J, Mamiro P, Majili ZS. Dietary patterns and household food nsicurity in rural populations of Kilosa District, Tanzania. *PLoS One*. 2015;10(5): e0126038. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126038>
42. Muthini D, Nzuma J, Qaim M. Subsistence production, markets, and dietary diversity in the Kenyan small farm sector. *Food Policy*. 2020;97(5):101956. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.101956>
43. Amaya- Hernández A, Ortega- Luyando M, Mancilla-Diaz JM. Cómo, qué y por qué ocuparnos de la alimentación. *J Behav Feed*. 2021;1(1):51–59. <https://doi.org/10.32870/jbf.v1i1.15>
44. Conceição LDS, Silva LC, Coqueiro JM, Costa LD, Cardoso P da S, Zimmer TBR, et al. Unconventional food plants in Brazil: knowledge and consumption analysis. *Agroalimentaria*. 2023;29(57):179–197. <https://doi.org/10.53766/Agroalim/2024.29.57.09>

Recibido: 12/05/2025
Aceptado: 29/07/2025

Expossoma alimentar: conceitos, métodos de avaliação e impactos sobre a saúde. Revisão narrativa

Carla Soraya Costa Maia¹ , Karine CM Sena-Evangelista² , Maria Dinara de Araújo Nogueira³ , Juliana Raissa Oliveira Ricarte³ , Eduardo De Carli⁴ , Cecília Zanin Palchetti⁵ , Dirce Maria Marchioni⁵ .

Resumo: Expossoma alimentar: conceitos, métodos de avaliação e impactos sobre a saúde. Revisão narrativa.

O expossoma é definido como a medida cumulativa de influências ambientais e respostas biológicas associadas ao longo da vida, incluindo exposições do meio ambiente, dieta, comportamento e processos endógenos. Esse artigo objetivou revisar os conceitos e características do expossoma, contextualizando o expossoma alimentar, seus métodos de avaliação e estudos relevantes sobre a associação entre dieta, metabolômica e desfechos em saúde. Trata-se de revisão narrativa, compilando as evidências científicas com base em artigos publicados a partir de 2005, quando o conceito de expossoma foi inicialmente citado. O expossoma alimentar se refere ao conjunto de exposições dietéticas de um indivíduo ao longo da vida, englobando nutrientes, não-nutrientes (polifenóis, carotenóides e outros compostos bioativos), contaminantes, aditivos alimentares e suplementos dietéticos. A partir da digestão, absorção e biotransformação desses nutrientes e compostos alimentares pelo metabolismo do indivíduo e da microbiota intestinal, diversos metabólitos são produzidos e podem ser quantificados, o que caracteriza o metaboloma alimentar. A mensuração do metaboloma alimentar pode auxiliar no entendimento e caracterização do expossoma alimentar individual ou de uma população, pois sua aplicação permite quantificar metabólitos endógenos, detectar químicos exógenos e identificar como o metaboloma responde aos fatores externos, como diferenças na dieta ou localização geográfica. Perante ao exposto, a dieta é uma das maiores fontes de exposição ambiental, considerando a sua característica biopsicossocial complexa e variável, tornando-se um atributo individual de alto potencial exploratório em abordagens de expossoma. **Arch Latinoam Nutr 2025; 75(2): 222-233.**

Palavras chave: Expossoma, Biomarcadores, Dieta, Doenças não Transmissíveis, Metaboloma.

Abstract: Food exposome: concepts, assessment methods and health impacts. Narrative review.

The exposome is defined as the cumulative measurements of environmental influences and associated biological responses across the life cycle, including exposures from the environment, diet, behavior, and endogenous processes. This article aimed to review the concepts and characteristics of the exposome, contextualizing the food exposome, its evaluation methods and relevant studies on the association between diet, metabolomics and health outcomes. This article is a narrative review that has compiled scientific evidence from national and international literature published since 2005, when the concept of exposome was initially created. Food exposome refers to the set of dietary exposures of an individual throughout life, encompassing nutrients, non-nutrients (polyphenols, carotenoids and other bioactive compounds), contaminants, food additives and dietary supplements. From the digestion, absorption in the intestine and biotransformation of these nutrients and food compounds by the metabolism of the individual and the intestinal microbiota, several metabolites are produced and can be quantified, which characterizes food metabolome. Measuring food metabolome can help in understanding and characterizing the individual or population food exposome, as its application allows quantifying endogenous metabolites, detecting exogenous chemicals and identifying how the metabolome responds to external factors, such as differences in diet or geographic location. Given the above, diet is one of the largest sources of environmental exposure, considering its complex and variable biopsychosocial characteristic, making it an individual attribute with high exploratory potential in exposome approaches. **Arch Latinoam Nutr 2025; 75(2): 222-233.**

Keywords: Exposome, Biomarkers, Diet, Noncommunicable Diseases, Metabolome.

¹Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-graduação em Nutrição e Saúde/Programa de Pós-graduação em Saúde Coletiva, Fortaleza - CE, Brasil ² Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências da Saúde, Departamento de Nutrição, Programa de Pós-graduação em Nutrição, Campus Universitário - Lagoa Nova, Natal - RN, Brasil. ³ Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-graduação

em Saúde Coletiva, Fortaleza - CE, Brasil. ⁴ Universidade de São Paulo, Instituto de Estudos Avançados, São Paulo - SP, Brasil. ⁵ Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Departamento de Nutrição, Programa de Pós-Graduação Nutrição em Saúde Pública, São Paulo - SP, Brasil. Autor para la correspondencia: Dirce Maria Lobo Marchioni, e-mail: marchioni@usp.br



Introdução

A alimentação e a nutrição são partes fundamentais da vida e, como tal, são exploradas por meio de várias ferramentas científicas. As áreas de toxicologia e epidemiologia, ao longo dos últimos séculos, já realizavam pesquisas para compreender a complexa relação entre doença e ambiente. Entretanto, os resultados eram difíceis de extrapolar para os seres humanos (estudos toxicológicos) e muitas vezes acabavam não avaliando o efeito da exposição de forma cumulativa (1). Com o avanço das técnicas e métodos nas últimas décadas, têm se desenvolvido novas oportunidades para avaliação das complexas redes de determinação dos estados de saúde doença, a partir de uma avaliação mais ampla e holística. Neste contexto foi cunhado o termo "exposoma" (2), e derivou-se também o conceito de exposoma alimentar. Nesse sentido, este artigo objetiva revisar os conceitos e características do exposoma e contextualizar o exposoma alimentar, seus métodos de avaliação e estudos relevantes sobre a associação entre dieta, metabólica e desfechos em saúde.

Materiais e métodos

Trata-se de artigo de revisão narrativa. O artigo origina-se de evidências científicas oriundas da literatura publicadas desde agosto de 2005, quando o conceito de exposoma foi inicialmente citado, incluindo estudos publicados até abril de 2024. Foram realizadas buscas nas bases de dados PUBMED/MEDLINE, LILACS e SciELO, além de escrutínio das listas de referências nos artigos selecionados para esta revisão. Foram utilizadas como palavras de busca os seguintes descritores: exposoma, biomarcadores, dieta, doenças não transmissíveis, exposição ambiental, metabóloma, multiômica. As informações foram analisadas e interpretadas por um grupo de especialistas na área com o intuito de fornecer subsídios para discussões e reflexões aprofundadas do tema. O texto foi dividido em seções: conceitos e a caracterização do exposoma; o exposoma alimentar; métodos de avaliação do exposoma alimentar;

estudos de exposoma que abordam os nutrientes e compostos alimentares no ciclo da vida e nas doenças crônicas não transmissíveis, e conclusão.

Conceito e caracterização do Exposoma

O termo exposoma foi utilizado pela primeira vez por Wild (2) que o definiu como "a totalidade das exposições ambientais durante toda a vida, levando em consideração o período pré-natal até a morte, incluindo fatores de estilo de vida". Esse conceito surgiu a partir da necessidade de explicar a etiologia das doenças para além do biológico, buscando informações que pudessem somar a esse entendimento e completar lacunas não elucidadas pela genômica (3). Além disso, a fragmentação dos riscos ambientais levava a confusão sobre o que era essa exposição, sendo necessária a investigação conjunta desses fatores (4). Diante disso, o exposoma emerge como uma abordagem de exposição unificada, por meio da análise integrativa, longitudinal e precisa, permitindo a compreensão mais aprofundada e global das doenças (1). Assim como uma avaliação de forma mais crítica à exposição ambiental, otimizando o delineamento sobre a causalidade e prevenção das doenças (3). Nesse contexto, o exposoma abrange todos os fatores físicos, químicos, microbiológicos, atividades sociais, estilo de vida e meio ambiente, ou seja, é a soma do ambiente interno do corpo com a exposição externa ao meio em que o indivíduo vive e por isso a sua caracterização é desafiadora (5). Diante destas adversidades, adotaram-se metodologias que permitem avaliar o exposoma dentro de cada ambiente, sendo conhecidas como "bottom-up" e "top-down". A primeira está relacionada à análise da exposição de fontes externas como: ar, água e dieta, e a segunda está voltada para medir marcadores no sangue que se relacionam ao ambiente interno do organismo de um indivíduo (4). Considerando a análise e caracterização da exposição, Wild (3) dividiu o ambiente em três domínios. O primeiro é chamado de exposoma interno que corresponde aos processos intrínsecos do organismo (metabolismo, hormônios, morfologia corporal, microbiota intestinal, estresse oxidativo, capacidade física). O segundo é conhecido como exposoma externo específico que se relaciona à radiação, agentes infecciosos, contaminantes químicos, dieta e estilo de vida, enquanto que o terceiro é classificado como exposoma externo geral, associado às questões sociais, econômicas e ambientais. Os aspectos dessas exposições também

devem considerar a fluidez e dinâmica do expossoma, que se altera ao longo do tempo, sendo necessária a avaliação de todos os ciclos da vida do indivíduo. Entretanto, isso traz à tona outro obstáculo, que pode ser amenizado adotando-se método transversal em diferentes momentos, considerados como críticos e representativos (p. ex.: infância, adolescência e vida adulta), visando construir o monitoramento que representaria o expossoma de um indivíduo (3). A ideia que o expossoma é dinâmico e sofre alterações ao longo da vida trouxe indagações acerca dos processos de adaptação e desadaptação do corpo, do comportamento humano, das interações com o ambiente e dos processos endógenos. Diante disso, Miller e Jones (6) propuseram um conceito mais ampliado de expossoma, sendo considerado a "medida cumulativa de influências ambientais e respostas biológicas associadas ao longo da vida, incluindo exposições ao meio ambiente, dieta, comportamento e processos endógenos". Apesar de ser um conceito moderno e inovador, a ciência do expossoma ainda enfrenta muitos desafios. Especula-se que os estudos sobre expossoma possam evoluir e contribuir para a melhor compreensão do impacto das exposições no desenvolvimento de doenças e manutenção da saúde humana. Porém, é necessária a padronização na pesquisa expossômica e a colaboração entre os pesquisadores e profissionais de diferentes categorias (1,5).

Expossoma Alimentar

O papel da alimentação na saúde humana encontra-se bem documentado na literatura, principalmente em se tratando de pesquisas epidemiológicas que mostram a relação entre a dieta e o desenvolvimento de doenças (7). Por exemplo, um indivíduo que vive 90 anos realizando pelo menos três refeições ao dia está exposto a diversos componentes alimentares, como nutrientes, compostos bioativos e outros compostos químicos mais de 95 mil vezes, sendo evidente o papel crucial que a dieta exerce no estado de saúde-doença (8). Apesar de décadas de evidências, o conhecimento atual de como os alimentos interagem com a saúde baseia-se em cerca de 150 componentes nutricionais monitorados e catalogados pelo *United States Department of Agriculture* (USDA) e outros bancos de dados internacionais, o que representa uma pequena fração dos mais de 26.000 mil compostos bioquímicos atualmente atribuídos aos alimentos (7). Devido a essa complexidade química,

a dieta é mencionada desde as primeiras definições de expossoma como uma das maiores fontes de exposição ambiental, sendo apontada por Wild (3) como parte do expossoma externo específico do indivíduo. A necessidade de quantificar e caracterizar as exposições a alimentos e constituintes dietéticos é enfatizada há anos pela epidemiologia nutricional, perpassando pela prevenção e controle de doenças, definição de recomendações dietéticas mais assertivas e monitoramento das exposições dietéticas na população (9,10). Com isso, o termo expossoma alimentar passou a ser utilizado recentemente para conceituar o conjunto de exposições dietéticas de um indivíduo ao longo da vida, englobando nutrientes (macronutrientes, vitaminas e minerais), não-nutrientes (polifenóis, carotenóides e outros compostos bioativos), contaminantes, aditivos alimentares e suplementos dietéticos (11). Essas exposições participam de interações com estruturas macromoleculares do indivíduo, como receptores, enzimas e ácidos nucleicos, exercendo seu mecanismo de ação e modulando processos bioquímicos que levam a efeitos benéficos ou maléficos à saúde. Os nutrientes e outros compostos alimentares são integrados diretamente nas vias metabólicas como substratos, produtos, cofatores e elementos reguladores, desempenhando papéis essenciais em processos biológicos (12). A complexidades dessas interações envolve ainda a individualidade humana, visto que a resposta a compostos químicos depende de vários fatores, como os genéticos e epigenéticos, biológicos e cronológicos, microbioma, estado inflamatório e comorbidades preexistentes. Somam-se a esses fatores os aspectos geográficos que influenciam a natureza, sazonalidade e composição nutricional dos alimentos, características individuais, como preferências alimentares, os quais impactam na quantidade e frequência da ingestão de determinados alimentos e preparações, tornando a mensuração do expossoma alimentar um complexo desafio (11,12). A partir da digestão, absorção e biotransformação desses nutrientes e compostos alimentares

pelo metabolismo do indivíduo e da microbiota intestinal, diversos metabólitos são produzidos e podem ser quantificados, o que caracteriza o metaboloma alimentar (13). A mensuração do metaboloma alimentar pode ajudar no entendimento e caracterização do exposoma alimentar individual ou de uma população (11,14). Nesse sentido, a metabolômica, nova fração do conjunto que compõe as ciências ômicas, surge como uma ferramenta promissora na avaliação do exposoma alimentar. Essa ciência é definida como o estudo sistemático de todos os processos químicos relativos aos metabólitos, fornecendo impressões químicas características de processos celulares específicos. O termo metabolômica nutricional, ou nutrimetabolômica, é utilizado quando estudamos os perfis de metabólitos para apoiar a integração entre

a dieta e a nutrição do indivíduo, ou seja, quando se pretende identificar fenótipos individuais, por meio da medida de inúmeros metabólitos derivados da exposição a dietas ou padrões alimentares específicos (15). Por outro lado, o termo metabolômica alimentar tem sido aplicado quando se refere a avaliação da metabolômica em sistemas alimentares, incluindo recursos alimentares, processamento de alimentos e dieta, portanto, mais relacionado ao perfil metabólito dos alimentos (16). Assim, a metabolômica nutricional objetiva determinar os metabólitos derivados do metaboloma alimentar, buscando complementar o uso desses instrumentos clássicos de avaliação dietética e compará-los com biomarcadores dietéticos identificados e quantificados a partir dos metabólitos alimentares, auxiliando na caracterização do exposoma alimentar (17). A figura 1 ilustra o exposoma alimentar, metaboloma alimentar e ferramentas de análise.

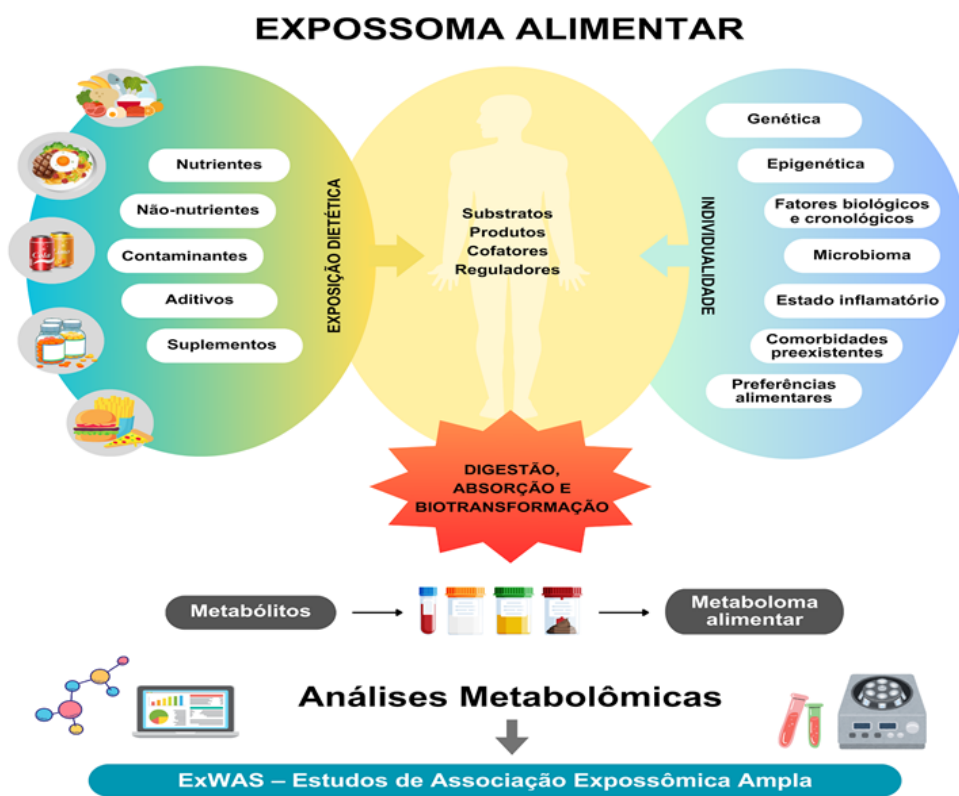


Figura 1. Exposoma alimentar, metaboloma alimentar e ferramentas de análise.

Métodos de Avaliação do Expossoma Alimentar

A avaliação da exposição dietética é um dos aspectos mais desafiadores da área de nutrição, especialmente nos estudos que buscam estabelecer associações entre a saúde e o risco de doenças. Essa avaliação é essencial em estudos populacionais, devendo ser aplicável e realizada com precisão (18). Geralmente, os métodos tradicionais utilizados para coletar as informações quantitativas sobre a exposição alimentar são os diários ou registros alimentares, questionários de frequência alimentar e recordatórios de 24 horas. Esses métodos podem ser imprecisos para caracterizar e quantificar o consumo alimentar, pois estão associadas a erros aleatórios e sistemáticos decorrentes da dificuldade de obter informações, especialmente sobre a frequência do consumo alimentar, o tamanho das porções e a variação diária da ingestão. A existência de tabelas ou bases de dados de composição de alimentos apropriadas, completas, confiáveis e atualizadas também é um fator crítico da avaliação do consumo alimentar (19). Outro ponto que dificulta a avaliação do expossoma alimentar refere-se à complexidade da composição dos alimentos, tanto do ponto de vista qualitativo quanto do quantitativo, já que muitos compostos estão distribuídos de maneira diferente nos alimentos. Portanto, o uso da estratégia de biomarcador único compromete a sua utilidade, pois há uma série de fatores limitantes ao considerar esse biomarcador na avaliação da exposição alimentar (20). Considerando o risco dietético associado a substâncias químicas, destaca-se o desenvolvimento de métodos específicos para essa avaliação, os quais envolvem a coleta de dados sobre consumo alimentar, cálculo das exposições alimentares e, posteriormente, interpretação dessas exposições em termos de risco para o consumidor. Estes métodos consideram diferentes hipóteses e, portanto, levam a inúmeras incertezas e discrepâncias na estimativa da exposição. Portanto, autores têm sugerido o emprego de métodos de investigação adicionais para identificar a evolução do consumo e da contaminação ao longo do tempo, e assim avaliar o risco alimentar para a saúde ao longo da vida (21). Diante desse contexto, novas estratégias têm sido propostas para melhorar a avaliação da exposição alimentar com a descoberta e validação de biomarcadores apropriados para essa finalidade. Considerando a inexistência de um único método de abordagem universal capaz de identificar de maneira representativa a totalidade das exposições, os estudos expossômicos normalmente requerem uma combinação de múltiplos métodos

para tal propósito (22). Dentre as diferentes estratégias, a aplicação de métodos para caracterizar o metaboloma humano permite obter informações não somente da medida de metabólitos endógenos, mas também têm sido sensíveis para detectar químicos exógenos e identificar como o metaboloma responde aos fatores externos, como diferenças na dieta ou localização geográfica (23). O emprego da abordagem metabolômica busca compreender o desempenho dos metabólitos, por meio da identificação e quantificação, trazendo informações sobre o seu mecanismo de ação (24,25). Essa ferramenta apresenta elevado potencial, considerando o seu caráter não invasivo e a estreita relação com o fenótipo (25). Em particular, o entrelaçamento da nutrição e da metabolômica, por meio da metabolômica nutricional, visa alcançar uma nutrição prognóstica e diagnóstica personalizada, tornando a nutrimentalômica um dos caminhos mais promissores para melhorar os cuidados nutricionais e o tratamento dietético dos indivíduos no futuro (26). Adicionalmente, a metabolômica vem sendo empregada no campo da dietética, visando identificar novos biomarcadores de ingestão alimentar, juntamente com os métodos tradicionais (27). Diversas técnicas têm sido empregadas para estudar o metaboloma em amostras biológicas (soro/plasma, urina, saliva), fundamentalmente a ressonância magnética nuclear (RMN), a espectrometria de massa (MS) (acoplada a cromatografia líquida ou gás) e a espectrometria vibracional (VS) ou uma combinação de multiplataformas de análises, em conjunto com a análise estatística multivariada. Por meio da aplicação dessas técnicas, é possível separar, detectar, caracterizar e quantificar metabólitos, bem como elucidar suas estruturas e sua função nas vias metabólicas em que estão envolvidos. Destaca-se que cada técnica apresenta diferentes vantagens e desvantagens (25). A RMN tem sido útil para identificar novos compostos e elucidar vias metabólicas. Essa técnica, apesar de ser menos sensível, é quantitativa, não destrutiva e requer um preparo mais simples da amostra. Já a MS apresenta alta seletividade e sensibilidade, cujos recursos

possibilitam a detecção de centenas de compostos em apenas uma medida, porém tem como principais desvantagens o preparo mais criterioso da amostra, além da mesma ser destruída após a análise (28). A VS é amplamente empregada para estudos *in situ*, devido ao seu caráter não destrutivo das amostras biológicas, permitindo ainda que elas sejam analisadas em grandes ou pequenas quantidades e em uma ampla faixa de temperaturas e estados físicos (29). Alguns fatores devem ser considerados para a definição da plataforma mais apropriada, como o tipo de abordagem metabolômica que será empregada (global, do inglês, *untarget* ou alvo, do inglês *target*), além da natureza da amostra biológica (30). Ressalta-se que a urina vem sendo indicada como principal matriz biológica nos estudos sobre consumo alimentar, pois pode apresentar concentrações mais elevadas de compostos derivados de alimentos e intervalos dinâmicos mais amplos do que os encontrados no sangue, que está sob rigorosa regulação homeostática. Sendo assim, os metabólitos detectados nessa matriz podem fornecer uma medida mais objetiva da ingestão dietética (31).

No campo dos estudos sobre exposoma alimentar, autores têm proposto a avaliação de painéis de biomarcadores multimetabólitos por permitirem uma estimativa mais confiável da exposição alimentar do que a abordagem tradicional de biomarcador único. Portanto, uma abordagem combinada utilizando dados de inquéritos dietéticos, juntamente com medições de biomarcadores dietéticos, é considerada uma excelente estratégia para melhorar a avaliação da exposição alimentar (20,32). Por exemplo, estudo realizado com o objetivo de identificar as associações dos metabólitos séricos com o consumo alimentar, avaliado por meio do diário alimentar pesado de quatro dias, em 119 indivíduos saudáveis, demonstrou que o consumo de carne vermelha, produtos cárneos/carnes processadas, aves, ovos e laticínios totais foram predominantemente associados aos aminoácidos de cadeia ramificada (BCAAs) valina, leucina e isoleucina, 3-hidroxi-butirato e creatina. Ainda, os autores certificaram que as análises que consideraram a combinação

de dois ou mais metabólitos demonstraram maior potencial para melhorar a precisão das informações sobre o consumo alimentar obtida por meio de métodos subjetivos (33).

Além da aplicação da metabolômica, o estudo de associação exposômica ampla (ExWAS - Exposome-Wide Association Studies) também tem sido utilizado nos estudos que envolvem o exposoma alimentar. Essa abordagem analítica, análoga ao estudo de associação genômica ampla (GWAS) em genética humana, está fundamentada em dados para a realização de estudos exploratórios em larga escala em exposômica, buscando validar analiticamente fatores ambientais associados ao estado fenotípico no contexto de doenças. O ExWAS tenta modelar sistematicamente todas as relações de pares entre um único fenótipo e exposições múltiplas, com o objetivo de identificar associações estatisticamente significativas enquanto controla os efeitos de comparações múltiplas (22). Por exemplo, o ExWAS foi usado com o objetivo de entender os efeitos do meio ambiente, incluindo a dieta, sobre a saúde cardiovascular. Foram estudados 5015 participantes, e as análises de ExWAS realizadas separadamente para seis desfechos cardiovasculares. Nesse estudo foram explorados fatores de exposição externos, incluindo a ingestão dietética de alimentos. Os resultados apontaram que a combinação de consumo frequente de toranja, tabagismo (>100 cigarros ao longo da vida) e o nível de escolaridade paterna destacou-se no modelo de multiexposição para doença arterial coronariana, observando-se que o consumo de toranja foi associado com a diminuição do risco dessa doença (34). Ressalta-se a necessidade de cautela na interpretação dos resultados provenientes de estudos do tipo ExWAS, considerando o risco de interpretar associações estatisticamente significativas ou espúrias diante das limitações em se estabelecer a direção causal entre exposição e desfecho. A utilização de dados autorrelatados representa uma fonte potencial de viés, introduzindo imprecisões nas estimativas de exposição. Ademais, a complexidade e a multifatorialidade das exposições ambientais dificultam sua categorização adequada, contribuindo para erros de classificação que podem comprometer a validade dos achados (35).

Constata-se que vários métodos têm sido empregados para otimizar a avaliação do exposoma alimentar, no entanto, os estudos ainda são iniciais apresentando uma diversidade de desenhos de estudo, abordagens metodológicas e técnicas analíticas. Pesquisas estão

sendo desenvolvidas no sentido de esclarecer a relação da dieta, nutrientes e diversas exposições endógenas e exógenas em condições de saúde e doença ao longo de todo o curso da vida, visando o progresso na avaliação do expossoma alimentar de forma mais eficiente.

Estudos de Expossoma: Nutrientes e compostos alimentares no ciclo da vida e nas doenças crônicas não transmissíveis

As estratégias de metabolômica vem favorecendo os estudos nutricionais nos ciclos da vida, classicamente baseado em dados de inquéritos dietéticos e de composição de alimentos. Diante de sua característica biopsicossocial complexa e variável, a dieta é um atributo individual de alto potencial exploratório em abordagens de expossoma (11), como descrito em vários exemplos a seguir, de acordo com as fases da vida.

Gestante, Nutriz e a nutrição nos primeiros mil dias de vida

Durante a gestação, as necessidades nutricionais maternas estão aumentadas devido a intensa divisão e multiplicação celular. A dieta da gestante e lactante impacta diretamente na programação metabólica do feto e recém nascido. A nutrição nos primeiros mil dias de vida, desde a concepção até o segundo ano completo, relaciona-se à programação fetal intrauterina, ao crescimento pondero-estatural, ao desenvolvimento neurocognitivo infantil e à saúde metabólica na fase adulta (36,37). Nutrientes como folato, colina, metionina, betaína, vitamina B12 e ferro participam como moduladores gênicos e cofatores de diversos processos metabólicos. Níveis gestacionais inadequados destes nutrientes resultam em desfechos negativos ao par materno-infantil, como defeitos de tubo neural, anemias, aborto espontâneo, pré-eclâmpsia, parto prematuro, baixo peso ao nascer e alterações no padrão de metilação do DNA, com consequências epigenômicas (37,38).

Em mulheres lactantes, o consumo de peixes influencia positivamente os níveis de ácidos graxos poli-insaturados da família ômega-3, como o α -linolênico (ALA), o docosa-hexaenóico (DHA) e o eicosapentaenoico (EPA) no leite materno (39). Lactantes suplementadas com prebióticos (fruto-oligosacarídeos, FOS) apresentaram maior diversidade bacteriana no leite materno comparadas

ao grupo controle (40). O crescimento infantil mais lento foi associado aos maiores teores de metabólitos de ácido linoléico (AL, família ômega-6), incluindo o ácido araquidônico, e menores concentrações de metabólitos de purina (como adenina, adenosina) e do metabolismo do glutamato e da glutatona (como D-glutamina) no leite materno (41). O desenvolvimento da microbiota intestinal humana tem início na gestação. O maior consumo materno de frutas e vegetais apresenta efeito benéfico, enquanto alimentos com alto teor de gordura, carnes processadas e frituras de imersão associam-se a efeitos deletérios na microbiota do feto (36), com efeitos que podem se refletir no desenvolvimento de doenças crônicas nas fases posteriores da vida.

Obesidade e Doenças Crônicas não transmissíveis

A complexa interação entre nutrição nos primeiros mil dias de vida, microbiota intestinal e sistema imunológico está sendo investigada como fator contribuinte para a obesidade e demais doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), como hipertensão arterial, dislipidemia, diabetes mellitus e doença cardiovascular. As DCNT estão intrinsecamente relacionadas entre si, podendo acometer o mesmo indivíduo simultaneamente ao compartilhar muitas disfunções fisiopatológicas e metabólicas. Em indivíduos com obesidade, detectaram-se alguns tipos de fosfatidilcolina, maiores concentrações de metabólitos de ácidos graxos saturados e menores de cadeias insaturadas, corroborando a associação entre obesidade e disfunção do metabolismo lipídico (42). Outra análise de perfil metabolômico demonstrou que as concentrações do aminoácido serina e algumas fosfatidilcolinas acil-alquil correlacionaram-se inversamente à síndrome metabólica (43).

A alimentação pode modular o risco das DCNT, e estudos em expossoma alimentar demonstraram estes efeitos. Tomando como exemplo o café, que é uma das bebidas mais consumidas em todo o mundo, estudo com o objetivo de investigar se havia relação entre este consumo e o risco de desenvolver

hipertensão em uma coorte brasileira de meia-idade verificou-se que o risco de hipertensão foi 20% menor em brasileiros não fumantes que apresentaram consumo moderado de café (1 a 3 xícaras/dia) (44). Outro estudo avaliou a associação entre o consumo de café e o perfil lipídico sérico no Estudo Longitudinal de Saúde do Adulto (ELSA-Brasil), e relataram que o consumo de café acima de 3 xícaras/dia mostrou-se associado ao aumento do colesterol total (CT), lipoproteína de densidade muito baixa do colesterol (VLDL-c), triacilgliceróis (TAG) e lipoproteínas ricas em triacilgliceróis (LRT), realçando a importância do consumo moderado desta bebida, embora rica em compostos fenólicos (45).

Outra linha de estudos investiga a adesão a padrões saudáveis, investigando a adesão à índices bem estudados na literatura. A abordagem dietética para tratar a hipertensão *Dietary Approach to Stop Hypertension* (DASH) preconiza alto consumo de antioxidantes, fibras, produtos lácteos com baixo teor de gordura e ácidos graxos insaturados, além da restrição de sódio, carboidratos refinados, bebidas alcoólicas, carne vermelha e processada. Esta dieta foi inicialmente proposta para controlar a hipertensão arterial, e atualmente parece contribuir para reduzir o risco cardiovascular e melhorar a resistência à insulina e a hiperglicemia (46). A adesão a dieta DASH associou-se inversamente ao risco de diabetes mellitus tipo 2 devido a modulações de metabólitos específicos das acilcarnitinas de cadeias curta, média e longa, envolvidas na oxidação dos ácidos graxos, e ácidos graxos poli-insaturados da família ômega-3 (46). A dieta mediterrânea, caracterizada pelo consumo de azeite de oliva, frutas, legumes, grãos integrais, oleaginosas, sementes e peixes, proporciona melhor perfil de consumo de ácidos graxos. Alguns dos mecanismos biomoleculares atribuídos a este padrão alimentar são a proteção contra a inflamação e agregação plaquetária, potenciais antioxidante e hipolipemiante, e produção de metabólitos intestinais mediados pela microbiota que atuam na estabilidade do genoma. Esta dieta tem sido

associada a menor risco de desfechos cardiovasculares e desenvolvimento de comorbidades (47). Por outro lado, as dietas ocidentalizadas, caracterizadas por alto consumo de alimentos ultraprocessados e de carnes vermelhas e baixo de frutas e hortaliças, têm sido associadas ao aumento do risco para DCNT (48,49).

O alto consumo de ultraprocessados têm emergido, inclusive, como fator de risco para o desenvolvimento de alguns tipos de câncer, devido à sua alta densidade energética, baixa qualidade nutricional e alto teor de compostos químicos que acarretam excesso de peso, adiposidade central, distúrbios na microbiota intestinal, desregulação no sistema inflamatório e toxicidade por compostos carcinogênicos (49). Estudo de coorte incluindo adultos e idosos brasileiros demonstrou que o consumo de ultraprocessados acima de 20% da ingestão diária de calorias aumentou as taxas de declínios cognitivo global e das funções executivas em 28% e 25%, respectivamente (50). Nesta população, a ingestão alimentar de folato, naturalmente presente em feijões, vegetais verde-escuros, vísceras, frutas cítricas entre outros, associou-se a menor taxa de declínio cognitivo global anual (51).

Metabólitos derivados da dieta estão relacionados ao aumento dos sintomas de depressão, como menores concentrações de hipurato, decorrente do baixo consumo de frutas e hortaliças; concentrações elevadas de retinol, forma ativa da vitamina A, e dos edulcorantes manitol/sorbitol (52).

Os fatores externos ambientais e climáticos, a perda da biodiversidade e as alterações na dieta têm contribuído para o aumento da prevalência de doenças alérgicas, como dermatite atópica, asma, rinite e alergias alimentares. As dietas ricas em gorduras, açúcares e sódio; o aumento do consumo de aditivos alimentares (edulcorantes, conservantes, aromatizantes, estabilizantes, entre outros); o desbalanceamento na razão de ácidos graxos ômega-6/ômega-3, com maior proporção da família ômega-6; e o estresse oxidativo, resultante do baixo consumo de fontes de compostos bioativos com propriedades antioxidantes, podem desencadear e amplificar o processo inflamatório destas doenças (53).

Consumo alimentar, resposta inflamatória e processos imunológicos em estudos de expossoma

No Brasil, a prevalência de insegurança alimentar e consumo de ultraprocessados aumentaram como

consequência da pandemia de COVID-19 (54). Este perfil de consumo pode potencializar a resposta inflamatória dos indivíduos, acarretando reações adversas como estresse oxidativo, aumento dos biomarcadores pró-inflamatórios e infiltração de células do sistema imunológico com capacidade inflamatória (55). Enquanto o consumo de frutas e hortaliças (micronutrientes e polifenóis), aliados aos ácidos graxos ômega-3 derivados de peixes atenuam o processo inflamatório (56).

Devido ao papel essencial dos micronutrientes no sistema imune, infecções virais e defesa antioxidante, sua deficiência associou-se a maior gravidade e pior prognóstico em indivíduos com COVID-19 (56). Em indivíduos hospitalizados, as mudanças na dieta repercutiram no perfil metabólico como a redução do metabólito sulfóxido de S-metilcisteína, encontrado no repolho, alho-poró, alho e cebola, e aumento de metabólitos derivados de flavorizantes (57).

Discussão

O expossoma é uma abordagem crescente na pesquisa científica buscando a compreensão do papel das exposições na saúde humana. Isto é de especial interesse quando se trata da dieta, visto a sua importância como fonte de exposição ambiental a diversos compostos químicos e sua relação com diversos outros fatores ambientais. Desta forma, estudos do expossoma alimentar passaram a ser realizados e ampliados, como o ExWAS, que semelhante ao GWAS, busca validar de forma analítica fatores ambientais associados ao estado fenotípico no contexto de doenças, além da aplicação de métodos para caracterizar o metaboloma alimentar humano, o que caracteriza a nutrimetabolômica (11,12). Essas estratégias melhoram a avaliação do expossoma alimentar, visto o seu aspecto desafiador, principalmente em estudos que buscam associar as exposições à saúde e/ou risco de doenças.

No Brasil e no mundo, os estudos expossômicos vem crescendo mesmo diante dos desafios, sendo desenvolvidos a partir da combinação de abordagens mais tradicionais e a medição de biomarcadores dietéticos ao longo de todo o ciclo da vida, desde exposições materno-fetais, passando pela primeira infância até a vida adulta (1,6). Entretanto, cabe-nos ressaltar que ainda é um campo emergente de pesquisa, cuja literatura apresenta diversidade

de desenhos de estudo, abordagens metodológicas e técnicas analíticas, sendo necessárias investigações adicionais para identificar e validar marcadores candidatos de componentes dietéticos e de padrões alimentares completos, bem como o uso de métodos padronizados, com critérios rigorosamente delineados, visando o progresso na avaliação do expossoma alimentar. Ainda, os estudos ExWAS apresentam algumas limitações importantes. Uma delas é a complexidade de medir e avaliar a vasta gama de exposições ambientais ao longo da vida, o que pode levar a dificuldades na coleta de dados precisos e completos. Além disso, esses estudos podem enfrentar desafios relacionados ao viés de confusão, já que muitas exposições estão inter-relacionadas, dificultando a identificação de associações causais específicas. Outra limitação é o alto custo e a necessidade de tecnologias avançadas para a análise de múltiplas exposições, o que pode limitar a quantidade de participantes ou a abrangência das pesquisas. Por fim, a interpretação dos resultados pode ser complexa, devido à grande quantidade de variáveis analisadas e à possibilidade de resultados espúrios ou falsos positivos. Entretanto, possibilitam uma abordagem abrangente na investigação das múltiplas exposições ambientais ao longo da vida, facilitando a identificação de fatores de risco anteriormente não detectados em estudos tradicionais (35). Além disso, esses estudos contribuem para a descoberta de novas associações entre exposições ambientais e condições de saúde, promovendo uma compreensão mais aprofundada dos determinantes ambientais da doença. Outra vantagem significativa é a capacidade de considerar múltiplas exposições simultaneamente, refletindo de maneira mais fiel a complexidade do ambiente em que os indivíduos estão inseridos. Por fim, apesar de suas limitações, os estudos ExWAS fornecem subsídios importantes para a formulação de estratégias de prevenção e para o desenvolvimento de políticas públicas fundamentadas em evidências robustas, visando à promoção da saúde coletiva, e, nesse sentido, muito promissores.

Conclusões

O estudo do exposoma alimentar é uma das estratégias promissoras para a compreensão dos efeitos das exposições ambientais, que incluem a dieta, abrindo caminho para a nutrição prognóstica e sua associação com os determinantes sociais. Espera-se que esses estudos possam evoluir e contribuir para melhor compreensão do impacto das exposições no desenvolvimento de doenças agudas e crônicas, e a implementação de políticas públicas abrangentes de promoção de saúde e qualidade de vida.

Agradecimentos

Agradecemos a Ashley Brito Valentim, mestranda da Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-graduação em Saúde Coletiva, Fortaleza, Ceará, Brasil, pelo auxílio na elaboração gráfica da figura do artigo.

Conflito de interesses

Os autores declaram não possuir nenhum conflito de interesse.

Referências

1. Giroux É, Yohan F, Thibaut SF. L'Exposome. Tensions entre holisme et réductionnisme. *Med Sci (Paris)* 2021; 37(8-9):774-778. <https://doi.org/10.1051/medsci/2021092>
2. Wild CP. Complementing the genome with an "exposome": the outstanding challenge of environmental exposure measurement in molecular epidemiology. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2005; 14(8):1847-1850. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-05-0456>
3. Wild CP. The exposome: from concept to utility. *Int J Epidemiol.* 2012;41(1):24-32. <https://doi.org/10.1093/ije/dyr236>
4. Rappaport SM, Smith MT. Environment and Disease Risks. *Science.* 2010; 330(6003):460-461. <https://doi.org/10.1126/science.1192603>
5. Fang M, Hu L, Chen D *et al.* Exposome in human health: Utopia or wonderland? *The Innovation.* 2021; 2(4):100172. <https://doi.org/10.1016/j.xinn.2021.100172>
6. Miller GW, Jones DP. The nature of nurture: refining the definition of the exposome. *Toxicol Sci.* 2014;137(1):1-2. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kft251>
7. Barabási AL, Menichetti G, Loscalzo J. The unmapped chemical complexity of our diet. *Nat Food.* 2019; 1(1):33-37. <https://doi.org/10.1038/s43016-019-0005-1>
8. Cicero AFG, Fogacci F, Borghi C. An Evolving Definition of a "Healthy Diet." *Nutrients.* 2023; 15(9):2212. <https://doi.org/10.3390/nu15092212>
9. Kohlmeier L. Future of dietary exposure assessment. *Am J Clin Nutr.* 1995; 61(3):702S-709S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/61.3.702S>
10. Stamler J. Assessing diets to improve world health: nutritional research on disease causation in populations. *Am J Clin Nutr.* 1994; 59(1):146S-156S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/59.1.146S>
11. Scalbert A, Huybrechts I, Gunter MJ. The Food Exposome. In: Dagnino, S., Macherone, A. (eds) *Unraveling the Exposome.* Springer eBooks 2019; 217-245. https://doi.org/10.1007/978-3-319-89321-1_8
12. Rushing BR, Thessen AE, Soliman GA, Ramesh A, Sumner SC. The Exposome and nutritional pharmacology and toxicology: a new application for metabolomics. *Exposome.* 2023; 3(1): osad008. <https://doi.org/10.1093/exposome/osad008>
13. Scalbert A, Brennan L, Manach C *et al.* The food metabolome: a window over dietary exposure. *Am J Clin Nutr.* 2014; 99(6):1286-1308. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.076133>
14. Gibbons H, Brennan L. Metabolomics as a tool in the identification of dietary biomarkers. *Proc Nutr Soc.* 2016; 76(1):42-53. <https://doi.org/10.1017/s002966511600032x>
15. Jones DP, Park Y, Ziegler TR. Nutritional metabolomics: progress in addressing complexity in diet and health. *Annu Rev Nutr.* 2012; 32(1):183-202. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-072610-145159>
16. Kim S, Kim J, Yun EJ, Kim KH. Food metabolomics: from farm to human. *Curr Opin Biotechnol.* 2016; 37:16-23. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2015.09.004>
17. Brennan L, Hu FB. Metabolomics-Based Dietary Biomarkers in Nutritional Epidemiology-Current Status and Future Opportunities. *Mol Nutr Food Res.* 2018; 63(1):1701064. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201701064>
18. Maruvada P, Lampe JW, Wishart DS, *et al.* Perspective: Dietary Biomarkers of Intake and Exposure—Exploration with Omics Approaches. *Adv Nutr.* 2020;11(2):200-215. <https://doi.org/10.1093/advances/nmz075>
19. Bailey RL. Overview of dietary assessment methods for measuring Intakes of foods, beverages, and dietary supplements in research studies. *Curr Opin Biotechnol* 2021; 70:91- 96. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2021.02.007>
20. Garcia-Aloy M, Rabassa M, Casas-Agustench P, Hidalgo-Liberona N, Llorach R, Andres-Lacueva C. Novel strategies for improving dietary exposure assessment: Multiple-data fusion is a more accurate measure than the traditional single-biomarker approach. *Trends in Food Sci & Technol.* 2017; 69 (Part B):220-229. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.04.013>
21. Pruvost-Couvreux M, Le Bizec B, Béchaux C, Rivière G. Dietary risk assessment methodology: how to deal with changes through life. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess.* 2020; 37(5):705-722. <https://doi.org/10.1080/19440049.2020.1727964>

22. Chung MK, House JS, Akhtari FS, et al. Decoding the exposome: Data science methodologies and implications in Exposome-Wide association studies (ExWASs). *Exposome*. 2024; 4(1): osae001. <https://doi.org/10.1093/exposome/osae001>
23. Walker DI, Valvi D, Rothman N, Lan Q, Miller GW, Jones DP. The Metabolome: A Key Measure for Exposome Research in Epidemiology. *Curr Epidemiol Rep*. 2019; 6(2):93-103. <https://doi.org/10.1007/s40471-019-00187-4>
24. Wishart DS. Metabolomics for Investigating Physiological and Pathophysiological Processes. *Physiol Rev*. 2019; 99(4):1819-1875. <https://doi.org/10.1152/physrev.00035.2018>
25. Fraga-Corral M, Carpena M, Garcia-Oliveira P, Pereira AG, Prieto MA, Simal-Gandara J. Analytical Metabolomics and Applications in Health, Environmental and Food Science. *Crit Rev Anal Chem*. 2020; 52(4):712-734. <https://doi.org/10.1080/10408347.2020.1823811>
26. Ulaszewska MM, Weinert CH, Trimigno A, et al. Nutrimetabolomics: An Integrative Action for Metabolomic Analyses in Human Nutritional Studies. *Mol Nutr Food Res*. 2018; 63(1):1800384. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201800384>
27. Clarke ED, Ferguson JJ, Stanford J, Collins CE. Dietary Assessment and Metabolomic Methodologies in Human Feeding Studies: A Scoping Review. *Adv Nutr*. 2023; 14(6):1453-1465. <https://doi.org/10.1016/j.advnut.2023.08.010>
28. Emwas AH. The strengths and weaknesses of NMR spectroscopy and mass spectrometry with particular focus on metabolomics research. *Methods Mol Biol*. 2015; 1277:161-193. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2377-9_13
29. Pirutin SK, Jia S, Yusipovich AI, Shank MA, Parshina EY, Rubin AB. Vibrational Spectroscopy as a Tool for Bioanalytical and Biomonitoring Studies. *Int J Mol Sci*. 2023;24(8):6947. <https://doi.org/10.3390/ijms24086947>
30. Hotea I, Sirbu C, Plotuna AM, et al. Integrating (Nutri-) Metabolomics into the One Health Tendency-The Key for Personalized Medicine Advancement. *Metabolites*. 2023; 13(7):800. <https://doi.org/10.3390/metabo13070800>
31. Clarke ED, Rollo ME, Pezdirc K, Collins CE, Haslam RL. Urinary biomarkers of dietary intake: a review. *Nutr Rev*. 2020; 78(5):364-381. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuz048>
32. Landberg R, Karra P, Hoobler R, et al. Dietary biomarkers-an update on their validity and applicability in epidemiological studies. *Nutr Rev*. 2024; 82 (9): 1260-1280. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuad119>
33. Karlsson T, Winkvist A, Rådjursöga M, Ellegård L, Pedersen A, Lindqvist HM. Identification of Single and Combined Serum Metabolites Associated with Food Intake. *Metabolites*. 2022; 12(10):908. <https://doi.org/10.3390/metabo12100908>
34. Lee EY, Akhtari F, House JS, et al. Questionnaire-based exposome-wide association studies (ExWAS) reveal expected and novel risk factors associated with cardiovascular outcomes in the Personalized Environment and Genes Study. *Environ Res*. 2022; 212 (Pt D):113463. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113463>
35. Zheng Y, Chen Z, Pearson T, Zhao J, Hu H, Prospero M. Design and methodology challenges of environment-wide association studies: A systematic review. *Environ Res*. 2020; 183:109275. doi: 10.1016/j.envres.2020.109275
36. Catassi G, Aloï 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):400-0. <https://doi.org/10.3390/nut16030400>
37. Zhou Y, Xu Y. Nutrition and Metabolism in the First 1000 Days of Life. *Nutrients*. 2023;15(11):2554. <https://doi.org/10.3390/nu15112554>
38. Randunu RS, Bertolo RF. The Effects of Maternal and Postnatal Dietary Methyl Nutrients on Epigenetic Changes that Lead to Non-Communicable Diseases in Adulthood. *Int J Mol Sci*. 2020; 21(9):3290. <https://doi.org/10.3390/ijms21093290>
39. Petersohn I, Hellinga AH, van Lee L, et al. Maternal diet and human milk composition: an updated systematic review. *Front Nutr*. 2024; 10:1320560. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1320560>
40. Padilha M, Brejnrod A, Danneskiold-Samsøe NB, et al. Response of the Human Milk Microbiota to a Maternal Prebiotic Intervention Is Individual and Influenced by Maternal Age. *Nutrients*. 2020; 12(4):1081. <https://doi.org/10.3390/nu12041081>
41. Zhang W, Li K, Zheng C, et al. Human Milk Metabolomics Are Related to Maternal Adiposity, Infant Growth Rate and Allergies: The Chinese Human Milk Project. *Nutrients*. 2022; 14(10):2097-7. <https://doi.org/10.3390/nu14102097>
42. Bellot PENR, Braga ES, Omage FB, et al. Plasma lipid metabolites as potential biomarkers for identifying individuals at risk of obesity-induced metabolic complications. *Sci Rep*. 2023; 13(1):11729. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38703-8>
43. Carioca AAF, Steluti J, Carvalho AM, et al. Plasma metabolomics are associated with metabolic syndrome: A targeted approach. *Nutrition*. 2021; 83:111082-2. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2020.111082>
44. Miranda AM, Goulart AC, Benseñor IM, Lotufo PA, Marchioni DM. Coffee consumption and risk of hypertension: A prospective analysis in the cohort study. *Clin Nutr*. 2021; 2:542-549. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2020.05.052>
45. Miranda AM, Goulart AC, Generoso G, et al. Association between coffee consumption with serum lipid profile in ELSA-Brasil study: a metabolomic approach. *Eur J Nutr*. 2022;61(8):4205-4214. <https://doi.org/10.1007/s00394-022-02946-4>
46. Yashpal S, Liese AD, Boucher BA, et al. Metabolomic profiling of the Dietary Approaches to Stop Hypertension diet provides novel insights for the nutritional epidemiology of type 2 diabetes mellitus. *Br J Nutr*. 2022;128(3):487-497. <https://doi.org/10.1017/S0007114521003561>
47. Tuttolomondo A, Simonetta I, Daidone M, Mogavero A, Ortello A, Pinto A.. Metabolic and Vascular Effect of the Mediterranean Diet. *Int J Mol Sci*. 2019; 20(19):4716. <https://doi.org/10.3390/ijms20194716>
48. Clemente-Suárez VJ, Beltrán-Velasco AI, Redondo-Flórez L, Martín-Rodríguez A, Tórnoro-Aguilera JF. Global Impacts of Western Diet and Its Effects on Metabolism and Health: A Narrative Review. *Nutrients*. 2023;15(12):2749. <https://doi.org/10.3390/nu15122749>

49. Morales-Berstein F, Biessy C, Viallon V, et al. Ultra-processed foods, adiposity and risk of head and neck cancer and oesophageal adenocarcinoma in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition study: a mediation analysis. *Eur J Nutr.* 2024; 63:377-396. <https://doi.org/10.1007/s00394-023-03270-1>
50. Gomes Gonçalves N, Vidal Ferreira N, Khandpur N, et al. Association Between Consumption of Ultraprocessed Foods and Cognitive Decline. *JAMA Neurol.* 2023; 80(2):142-150. <https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2022.4397>
51. Palchetti CZ, Gomes Gonçalves N, Vidal Ferreira N, et al. Dietary folate intake and its association with longitudinal changes in cognition function. *Clin Nutr ESPEN.* 2023; 55:332-339. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2023.04.013>
52. van der Spek A, Stewart ID, Kühnel B et al. Circulating metabolites modulated by diet are associated with depression. *Mol Psychiatry.* 2023; 28(9):3874-3887. <https://doi.org/10.1038/s41380-023-02180-2>
53. Celebi Sozener Z, Özbey Yücel Ü, Altiner S, et al. The External Exposome and Allergies: From the Perspective of the Epithelial Barrier Hypothesis. *Front Allergy.* 2022; 3:887672. <https://doi.org/10.3389/falgy.2022.887672>
54. Andrade GC, Levy RB, Leite MA, et al. Mudanças nos marcadores da alimentação durante a pandemia de covid-19 no Brasil. *Rev Saude Publica.* 2023; 57:54. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2023057004659>
55. Tristan Asensi M, Napoletano A, Sofi F, Dinu M. Low-Grade Inflammation and Ultra-Processed Foods Consumption: A Review. *Nutrients* 2023; 15 (6): 1546. <https://doi.org/10.3390/nu15061546>
56. Morales JS, Valenzuela PL, Castillo-García A, et al. The Exposome and Immune Health in Times of the COVID-19 Pandemic. *Nutrients.* 2021;14(1):24. <https://doi.org/10.3390/nu14010024>
57. Hensen T, Fässler D, Liam O'Mahony, et al. The Effects of Hospitalisation on the Serum Metabolome in COVID-19 Patients. *Metabolites.* 2023;13(8):951. <https://doi.org/10.3390/metabo13080951>

Recibido: 07/11/2024
Aceptado: 07/08/2025

Archivos Latinoamericanos de Nutrición

Equipo editorial

Editor general

Maritza Landaeta-Jiménez.
Fundación Bengoa. Caracas, Venezuela.

Editor asociado

Yaritza Sifontes.
Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

Comité editorial

Alexia Torres. Cristina
Universidad Simón Bolívar. Caracas Venezuela.
Andrés Carmona.
Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
Annabelle Bonvecchio Arenas.
Centro de Investigación en Nutrición y Salud-
Instituto Nacional de Salud Pública, DF, México.

Cristina Palacios Alzuru.
Florida International University (FIU). Florida, EEUU.
David Betancur Ancona.
Universidad Autónoma de Yucatán, Yucatán, México.
Marisa Guerra Modernell.
Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela.
José Félix Chávez.
Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

Cuerpo editorial

Adriana Blanco Metzler.
Instituto Costarricense de Investigación y
Enseñanza en Nutrición y Salud. Costa Rica.
Ana María Calderón de la Barca.
Centro de Investigación en Alimentación
y Desarrollo (CIAD). Sonora, México.
Betty Méndez Pérez.
Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
Coromoto Macías de Tomei.
Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela.
Elizabeth Dini Golding.
Grupo TAN, Caracas, Venezuela
Erick Boy.
Washington DC, EEUU.
Fernando Carrasco Naranjo.
Universidad de Chile. Santiago, Chile.
Gaspar Ros Berruezo.
Universidad de Murcia. Murcia, España.
Hazel Anderson.
Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.
Ingrid Soto de Sanabria.
Hospital de Niños J.M. de los Ríos. Caracas, Venezuela.
Jesús Bulux.
OPS/OMS. Tegucigalpa, Guatemala.
Jorymar Yoselyn Leal Montiel.
Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.
Josefina Morales de León.
Instituto Nacional de Ciencias Médicas
y Nutrición Salvador Zubirán. DF, México.
Juan Diego Zamora Salas.
Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
Laura Beatriz López.
Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.
Laura Moreno Altamirano.
Universidad Nacional Autónoma de México. DF, México.
Linda Arturo.
Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador.

Luis Antonio Mejía.
Universidad de Illinois. Illinois, E.E.U.U.
Manuel Ruz Ortiz.
Universidad de Chile. Santiago, Chile.
Marcela Agustina Araya Bannout.
Universidad de Chile. Santiago, Chile.
María Elena Maldonado Celis.
Universidad de Antioquía. Colombia.
María Laura Arias Echandi.
Universidad de Costa Rica. Costa Rica.
Marian Araujo Yasselli.
Universidad de Málaga. Málaga, España.
Mariana Mariño Elizondo.
Centro de Atención Nutricional Infantil de Antímano.
Caracas, Venezuela.
Mariane Lutz Riquelme.
Universidad de Valparaíso. Valparaíso, Chile.
Marianella Herrera Cuenca.
Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
Marta Kaufer Horwitz.
Instituto Nacional de Ciencias Médicas
y Nutrición Salvador Zubirán. DF, México.
Maura Vásquez Ramírez.
Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
Norma Sammán.
Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán, Argentina
Omar Teodulfo Barrionuevo.
Universidad Nacional de Catamarca. Catamarca, Argentina.
Pilar Hernández Serrano.
Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
Sandra Restrepo Mesa.
Universidad de Antioquía. Antioquia, Colombia.
Sonia G. Sayago Ayerdi.
Instituto Tecnológico de Tepic. Sonora, México.
Teresa Shamah Levi.
Instituto Nacional de Salud Pública, DF, México.