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

ALAN

ARCHIVOS

Volumen 76, N°2
Abril - Junio 2026

Revista de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición

LATINOAMERICANOS

Continuación de Archivos Venezolanos de Nutrición

DE NUTRICION

SLAN

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 transfiere, 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 Antímano, 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 Antímano 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

Archivos Latinoamericanos de Nutrición

Revista Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición

VOL 76 **ABRIL - JUNIO 2026** **N° 2**

Contenido

Páginas

ARTÍCULOS ORIGINALES

Cambios morfológicos y fisicoquímicos en almidón de yuca (*Manihot esculenta*) modificado por pirodextrinización e hidrólisis enzimática
Maloy Hernández Hernández, Jorge Luis Ble Castillo, Isela Esther Juárez Rojop, Crystell Guadalupe Guzmán Priego, Mirian Carolina Martínez López, Luis Fernando Trujillo Castillo, Nury Hernández Díaz, David Betancur Ancona, Valentino Mukthar Sandoval Peraza, Patricia Quintana Owen, Viridiana Olvera Hernández.....70

Consumo de alimentos, grado de procesamiento y microbiota de la leche materna de mujeres colombianas
Diana C. Londoño-Sierra, Nathalia Correa Guzmán, Victoria Mesa, Sandra L. Restrepo-Mesa.....79

Gaps Between micronutrient Intake and prenatal supplement formulations in Latin American women of childbearing age
Martha Cecilia Yépez-Garcia, Marianella Herrera-Cuenca, Lilia Yadira Cortes-Sanabria, Jessica Lorenzo, Mary Weiler, Georgina Gomez-Salas, Irina Kovalskys, Mauro Fisberg, Rossina Pareja, Attilio Rigotti, Daniel Albuja, Pablo Hernández-Rivas. 91

Adquisición alimentaria por nivel socioeconómico y educativo en México, durante la pandemia COVID-19
María del Refugio Carrasco Quintero, Marsela Álvarez Izazaga, José Antonio Roldan Amaro, Eric Ramírez Sánchez, Enrique Contreras Suarez, Juan Carlos Aguilar Carrasco 108

Diseño y validación de un cuestionario para evaluar comportamiento alimentario en estudiantes de una Universidad peruana
Cindy Sofia Gutiérrez Nieto, Leidy Vanessa Moroco Luciano, Víctor Mamani-Urrutia, Rubén Espinoza-Rojas.....118

Creciendo durante el franquismo: antropometría y nutrición de la población escolar de Requena (Valencia), desde 1946 hasta 1964
María Dolores Marrodán Serrano, Roberto Pedrero-Tomé, Javier Puche Gil, Antonio D Cámara-Hueso, Noemí López Ejeda, María Teresa García-Esteban, Marisa González-Montero de Espinosa.. 128

Circunferencia del cuello como indicador de riesgo metabólico en adultos jóvenes ecuatorianos
Katherine Torres-Gallo, Verónica Delgado-López, Diana Celi-Torres, Patricio Ramos-Padilla.....138

ARTICULOS DE REVISIÓN

Efectos del ciclo menstrual en el metabolismo energético de mujeres deportistas eumenorreicas. Revisión Sistemática
Pablo San-Martín-Roldán, David San-Martín-Roldán, Cinthia Quezada Ramírez, María Carotta Guzmán, Marlene Dueñas Brisso, Nayareth González.....148

Archivos Latinoamericanos de Nutrición

Official Publication of the Latin American Society of Nutrition

VOL 76 **APRIL - JUNE 2026** **N° 2**

Contents

Pages

ORIGINAL ARTICLE

Morphological and physicochemical changes in cassava (*Manihot esculenta*) starch modified by pyrodextrinization and enzimatic hydrolysis
Maloy Hernández Hernández, Jorge Luis Ble Castillo, Isela Esther Juárez Rojop, Crystell Guadalupe Guzmán Priego, Mirian Carolina Martínez López, Luis Fernando Trujillo Castillo, Nury Hernández Díaz, David Betancur Ancona, Valentino Mukthar Sandoval Peraza, Patricia Quintana Owen, Viridiana Olvera Hernández.....70

Food consumption, degree of processing and microbiota of breast milk of Colombian women
Diana C. Londoño-Sierra, Nathalia Correa Guzmán, Victoria Mesa, Sandra L. Restrepo-Mesa.....79

Design and validation of a questionnaire to assess eating behavior in students from a Peruvian university
Cindy Sofia Gutiérrez Nieto, Leidy Vanessa Moroco Luciano, Víctor Mamani-Urrutia, Rubén Espinoza-Rojas.....91

Food acquisition by socioeconomic and educational level in Mexico during the COVID-19 pandemic
María del Refugio Carrasco Quintero, Marsela Álvarez Izazaga, José Antonio Roldan Amaro, Eric Ramírez Sánchez, Enrique Contreras Suarez, Juan Carlos Aguilar Carrasco 108

Design and validation of a questionnaire to assess eating behavior in students from a Peruvian university
Cindy Sofia Gutiérrez Nieto, Leidy Vanessa Moroco Luciano, Víctor Mamani-Urrutia, Rubén Espinoza-Rojas..... 118

Growing up during Franco regime: anthropometry of the school population of Requena (Valencia), from 1946 to 1964
María Dolores Marrodán Serrano, Roberto Pedrero-Tomé, Javier Puche Gil, Antonio D Cámara-Hueso, Noemí López Ejeda, María Teresa García-Esteban, Marisa González-Montero de Espinosa.. 128

Neck circumference as an indicator of metabolic risk in young Ecuadorian adults
Katherine Torres-Gallo, Verónica Delgado-López, Diana Celi-Torres, Patricio Ramos-Padilla.... 138

REWIEV ARTICLE

Effects of the menstrual cycle on Energy Metabolism in Eumenorrheic Female Athletes: Systematic Review
Pablo San-Martín-Roldán, David San-Martín-Roldán, Cinthia Quezada Ramírez, María Carotta Guzmán, Marlene Dueñas Brisso, Nayareth González..... 148

ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICIÓN
Revista de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición
https://doi.org/10.37527/2026.76.2.001
Publicado: 15/06/2026

Vol. 76 N° 2; abril - junio 2026
Artículo Original

Cambios morfológicos y fisicoquímicos en almidón de yuca (*Manihot esculenta*) modificado por pirodextrinización e hidrólisis enzimática

Maloy Hernández Hernández[1], *Jorge Luis Ble Castillo*[1], *Isela Esther Juárez Rojop*[1], *Crystell Guadalupe Guzmán Priego*[1], *Mirian Carolina Martínez López*[1], *Luis Fernando Trujillo Castillo*[1], *Nury Hernández Díaz*[1], *David Betancur Ancona*[2], *Valentino Mukthar Sandoval Peraza*[3], *Patricia Quintana Owen*[4], *Viridiana Olvera Hernández*[1].

Resumen: Introduction: las propiedades de los almidones varían significativamente entre fuentes y variedades de una misma especie. La modificación enzimática puede aumentar el contenido de almidón no digerible y fibra dietética, mejorando la solubilidad. En este contexto la maltodextrina enzimáticamente resistente (MER) se muestra como un ingrediente prometedor para aumentar el contenido de fibra dietética en una amplia gama de alimentos. **Objetivo:** evaluar los cambios en el contenido de almidón resistente y las propiedades fisicoquímicas del almidón aislado de yuca (*Manihot esculenta*) sometido a tratamientos de piroconversión e hidrólisis enzimática. **Materiales y métodos:** el almidón nativo fue modificado mediante pirodextrinización bajo diferentes relaciones almidón/ácido (80:1 y 160:1 p/v), temperaturas (90 y 110 °C) y tiempos de reacción (1 y 3h); seguido de maltodextrinización usando dos concentraciones de enzima (0,1 % y 0,05 %) y tiempos de reacción (10 y 30 min); posteriormente se determinó el contenido de almidón resistente (AR). **Resultados:** las pirodextrinas presentaron valores de AR entre 2,64 % a 24,42 %. En las MER el mayor valor fue de AR fue en el tratamiento 3 con 4,03 % (p<0,05). Los tratamientos cumplieron con los valores de equivalentes de dextrosas (ED) de una MER. **Conclusiones:** este estudio resalta la influencia significativa de la pirodextrinización y la hidrólisis enzimática en las propiedades del almidón nativo de *Manihot esculenta*. La pirodextrinización incrementó el contenido de almidón resistente, mientras que la hidrólisis enzimática redujo el AR y el almidón de digestión lenta. **Arch Latinoam Nutr 2026; 76(2): 70-78.**

Palabras clave: almidón resistente, maltodextrinización, pirodextrinización.

Abstract: Morphological and physicochemical changes in cassava (*Manihot esculenta*) starch modified by pyrodextrinization and enzimatic hydrolysis Introduction: The properties of starches vary significantly between sources and varieties of the same species. After enzymatic modification of starch, the content of indigestible starch and dietary fiber increases, as does its solubility, positioning enzyme-resistant maltodextrin (ERM) as a promising ingredient for increasing the dietary fiber content in a wide range of foods. **Objective:** To evaluate the changes in resistant starch content and the physicochemical characteristics of starch isolated from cassava (*Manihot esculenta*) subjected to pyroconversion and enzymatic hydrolysis treatments. **Materials and methods:** Native starch was modified by pyrodextrinization: starch/acid relation (80:1 and 160:1 w/v), reaction time (1 and 3 h), and temperature (90 and 110 °C); followed by maltodextrinization. Using two enzyme concentrations (0,1 % and 0.05 %) and reaction times (10 and 30 min), resistant starch (RS) content was subsequently determined. **Results:** Pyrodextrins showed RS values ranging from 2,64 % to 24,42 %. In the case of ERM, the highest RS values were recorded in treatment 3 (p<0,05) with 4,03 % RS. The treatments met the dextrose equivalent (DE) values of ERM. **Conclusions:** This study highlights the significant influence of pyrodextrinization and enzymatic hydrolysis on the properties of native *Manihot esculenta* starch. Pyrodextrinization increased the RS content, while enzymatic hydrolysis led to a decrease in both RS and slow-digesting starch. **Arch Latinoam Nutr 2026; 76(2): 70-78.**

Keywords: maltodextrinization, pyrodextrinization, resistant starch.

Introducción

La fibra dietaria constituye un grupo heterogéneo de sustancias que tienen la propiedad de ser indigeribles en el intestino delgado y llegar al colón donde son parcialmente fermentadas (1). Dentro de estas sustancias destaca el almidón resistente (AR), también existe una fracción de almidón digerible llamada almidón de digestión lenta (ADL), que presenta efectos benéficos sobre el estado fisiológico tanto en humanos como en modelos animales (2, 3). El AR, ejerce un valioso

[1]División Académica de Ciencias de la Salud, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Av. Gregorio Méndez 2838-A, Col. Tamulté, 86100 Villahermosa, Tabasco, México. [2]Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Periférico Norte Kilómetro 33.5, Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburná de Hidalgo Inn, 97203 Mérida, Yucatán, México. [3]Universidad Del Valle de México, Escuela de Ciencias de la Salud, Carretera Mérida-Progreso Km 9.5, Calle 79 No. 500, Col. Dzityá, 97302, Mérida, Yucatán, México. [4]Departamento de Física Aplicada. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados. Km. 6 Antigua carretera a Progreso Apdo. Postal 73, Cordemex, 97310, Mérida, Yucatán, México. Autor para la correspondencia: Viridiana Olvera Hernández, e-mail: viryolvera11@gmail.com

CC BY NC

papel fundamental en la prevención y control de enfermedades crónicas, al mejorar la salud digestiva, el control glucémico, la sensibilidad a la insulina, los niveles de colesterol y favorecer la microbiota intestinal con lo cual se promueve la homeostasis intestinal, lo que impacta positivamente en la regulación metabólica e inflamatoria del organismo (4, 5). Estudios previos demostraron que un almidón nativo (AN) con un porcentaje de AR del 75 al 85 %, disminuyó en ratas obesas la grasa corporal, la presión arterial, los niveles de glucosa y los lípidos séricos; y en un grupo de sujetos con obesidad mejoró la insulino-resistencia (IR) y disminuyó el promedio de glucemia de 48 h estimada por monitoreo continuo (6, 7). Al ser el almidón uno de los biopolímeros naturales más abundantes y versátiles, se ha utilizado ampliamente en la industria alimentaria debido a su bajo costo, ser renovable, su alta biodegradabilidad y sus propiedades fisicoquímicas. Sin embargo, hay AN que no presenta resistencia a la digestión, lo que representan desventajas físico-químicas, como retrogradación, alta viscosidad, poca estabilidad térmica, entre otras características que limitan su uso tanto en la industria alimentaria y la no alimentaria (8, 9). Para superar estas limitaciones, el AN puede someterse a procesos de modificaciones químicas, físicas y/o enzimáticas, permitiendo optimizar sus propiedades fisicoquímicas intrínsecas y sus características funcionales, con el fin de optimizar sus propiedades estructurales y funcionales para aplicaciones específicas, incluyendo su digestibilidad (10, 11). Una estrategia de modificación al almidón es la pirodextrinización, que al controlar condiciones de calor y un catalizador ácido provoca reacciones de transglucosilación y despolimerización, resultado la formación de enlaces atípicos que reducen su digestibilidad y alteran su estructura molecular (12, 13). La pirodextrinización permite producir fibras solubles con propiedades fisicoquímicas específicas, alta solubilidad, baja viscosidad y una estabilidad excepcional en condiciones ácidas y de alta temperatura (14). Las propiedades de los almidones varían significativamente entre diferentes fuentes y en variedades de una misma especie, lo que influye en su funcionalidad y beneficios para la salud (15). Entre las fuentes más relevantes se encuentran los tubérculos, debido a su amplia disponibilidad y facilidad de extracción, al respecto, la yuca (*Manihot esculenta*) representa una materia prima estratégica por su alto rendimiento de almidón y sus propiedades fisicoquímicas favorables para modificaciones tecnológicas (16). Este tubérculo es altamente utilizado para fines culinarios o industriales debido al rendimiento del almidón y sus propiedades funcionales y fisicoquímicas (11). Modificar almidón nativo de yuca mediante piroconversión e hidrólisis enzimática podría ser una estrategia efectiva para producir maltodextrinas enzimáticamente resistentes (MER) con enlaces menos susceptibles a la digestión, alto contenido de fibra soluble y potencial prebiótico (17,18), esto permitiría la mejora de solubilidad, colocando a la MER como un ingrediente prometedor para incrementar el contenido de AR en una amplia gama de alimentos, especialmente en bebidas, productos lácteos, cremas y sopas, pues las tendencias del mercado muestran un aumento del uso en la industria para productos con bajo índice glucémico, en particular en las categorías de nutrición para diabéticos y control de peso (19, 20). El objetivo de este trabajo fue evaluar los cambios morfológicos y fisicoquímicos en almidón de yuca (*Manihot esculenta*) modificado por pirodextrinización e hidrólisis enzimática.

Materiales y métodos

Extracción de almidón nativo de yuca

La yuca (*Manihot esculenta*) se adquirió en una plantación del municipio Jalpa de Méndez, Tabasco. El período de cosecha se realizó durante seis meses entre los meses agosto y febrero. Posteriormente, el trabajo experimental fue realizado durante los siguientes 18 meses. El AN de M. esculenta se extrajo de la siguiente manera (6): los rizomas fueron pelados, cortados en cubos de 3 cm y sumergidos por 30 min en solución de ácido cítrico (0,3 %) a un volumen doble de su peso (1:2 p/v), se trituraron en una licuadora industrial T-304 (International®) durante 4 min para reducir las partículas utilizando el agua de remojo. El material resultante se colocó en recipientes para ser lavado con una solución de ácido cítrico (0,3 %) en una relación 1:1 (v/v), fue filtrado (malla No. 100) y posteriormente se realizó un segundo lavado al sedimento con la solución de ácido cítrico al 0,3 % en una relación 1:1, finalmente la fibra retenida en el tamiz

se eliminó y el filtrado se dejó sedimentar a 5 °C durante 24 h. Después de eliminar el líquido por decantación, el sedimento fue secado en un horno de convección ED 115 (Binder) a 55 °C durante 24 h, posteriormente se trituró en un molinillo 80385 (Hamilton) hasta obtener un polvo y se tamizó (malla No. 100). El almidón se almacenó en recipientes de plástico con tapa de rosca hermética para su posterior uso.

Modificaciones al almidón nativo

La pirodextrinización se llevó a cabo mediante un diseño factorial 32 con cuatro réplicas del tratamiento central empleando relación almidón/ácido (80:1 y 160:1 p/v), tiempo de reacción (1 y 3h) y temperatura (90 y 110 °C). Se colocaron 15 g de almidón nativo (b. s.) en una caja Petri de 100 x 15 mm. Se adicionó a la muestra HCL 2,2 M con base a la relación establecida para cada tratamiento. El ácido se dispersó en el almidón y se dejó reaccionar por 16 h. Posteriormente, las cajas Petri se colocaron en un horno de convección ED 115 (Binder) a la temperatura y durante el tiempo correspondiente a las condiciones del tratamiento. Los almidones pirodextrinizados fueron tamizados (malla no. 100). La hidrólisis enzimática se realizó con el almidón obtenido en el mejor tratamiento de pirodextrinización. Para llevarla a cabo se empleó enzima α-amilasa EC. 3.2.1.1 (Sigma A-3306, 4000 unidades/mL). Se utilizó un diseño factorial 22, con cuatro réplicas del tratamiento central. Los factores y niveles correspondientes fueron: concentración enzima-sustrato (0,1 y 0,05 %) y tiempo de reacción (10 y 30 min). Posterior a ambas modificaciones se llevó a cabo la determinación de AR y ADL (6).

Determinación de almidón resistente y almidón de digestión lenta

La determinación de AR y de ADL se realizó de acuerdo a la técnica descrita en el kit para análisis que provee Megazyme (*Megazyme© International Ireland*), el cual ha sido aceptado y avalado por los métodos oficiales de la *AOAC International* (2002.02) y la *AACC International* (32-40.01).

Determinación de equivalentes de dextrosa

Se pesó 1 g de cada MER obtenida, la muestra seca finamente molida y tamizada fue aforada a 100 mL en agua destilada. A 1 mL de esta solución, se le adicionó 1,5 mL de solución de ácido 3,5-Dinitrosalicílico (DNS), se mezcló y fue calentado en un baño a ebullición durante 15 min. Posterior a su enfriamiento, se procedió a la lectura a 550 nm. La curva de calibración se realizó a partir de soluciones de glucosa (0,2 a 1,0 mg/mL) (14).

Evaluación de las propiedades morfológicas y funcionales a los productos obtenidos por pirodextrinización e hidrólisis enzimática

Propiedades morfológicas

Microscopía electrónica de barrido: Este análisis se realizó para determinar los cambios en tamaño, forma y estructura granular por efecto de los tratamientos. Se realizó en un microscopio electrónico (JEOL, JSM-7610F FESEM, EE. UU.) con resolución de 1 nm, ampliación de 500 X con micrografía de 10,3 mm, acelerador de voltaje de 5 kV y corriente de sonda de hasta 200 nA. Las muestras se colocaron sobre papel conductor de carbono y se metalizaron con una aleación de oro-platino durante 1 min con la ayuda de un revestidor giratorio (Quorum, Q150R ES, Reino Unido); posteriormente se analizaron en el microscopio electrónico para determinar los cambios de tamaño, forma y estructura granular por efecto de los tratamientos (8).

Difracción de rayos X y cristalinidad: La medición se llevó a cabo con un difractómetro (Bruker D8-Advance, USA) utilizando radiación CuKα (λ = 1,5418 Å) a 40 kV y 30 mA, cada 0,02 °/s, los datos se recolectaron en un intervalo de 4 a 8 ° cada 0,1 °. La línea base del difractograma se corrigió en el intervalo de barrido y el vector se normalizó con el programa OPUS 3.0. (21).

Propiedades funcionales

Gelatinización, solubilidad y poder de hinchamiento: La temperatura de gelatinización se determinó mediante calorimetría diferencial de barrido. La temperatura inicial, pico, final y la entalpía de gelatinización se obtuvieron del termograma resultante (22).

Resultados

Pirodextrinización de almidón nativo de Yuca *Manihot esculenta*

El contenido de AR y de ADL de los diferentes tratamientos de pirodextrinización a los cuales

fue sometido el almidón nativo de yuca *Manihot esculenta*, se presenta en la Tabla 1.

No mostraron cambios de color visibles y los valores más altos de AR se registraron en los tratamientos 1 y 2 (p<0,05).

Modificación del almidón pirodextrinizado mediante hidrólisis enzimática

De acuerdo al análisis de varianza de los datos obtenidos, los factores concentración de almidón-ácido, temperatura y tiempo de reacción, fueron significativos (p<0,05) para obtener la mayor concentración de AR (Tabla 2). Al no haber un tratamiento que haya registrado mayor contenido de AR, de acuerdo con el análisis de varianza, se eligió como mejor tratamiento al número 2, debido a que tuvo la tendencia de presentar mayor AR dentro de los tratamientos con equivalentes de dextrosa (ED) menores a 20. Siendo elegida la maltodextrina con 12,29 % de AR, 1,32 % de ADL y ED de 9,45 %, utilizando la condición con mayor concentración de enzima y menor tiempo de reacción.

Propiedades morfológicas

En la figura 1a) se puede observar en la microscopia electrónica de barrido que los gránulos del almidón nativo de yuca M. esculenta presentan una forma esférica y oval y tienen un tamaño disperso, con diámetro entre 4,69 y 17,2 µm. En el almidón pirodextrinizado (Figura 1b) se observaron gránulos con rupturas, probablemente causadas por el proceso de pirodextrinización, aunque también fueron observados gránulos resistentes al tratamiento, que preservaron su forma esférica y oval, con tamaño hasta de 20,8 µm. Referente a la micrografía de la MER no fueron observados cambios aparentes (Figura 1c). Con respecto a la difracción de rayos X, el almidón en su forma nativa, mostró un patrón de DRX tipo C (Figura 2a), la pirodextrina mostro un patrón de DRX no cristalino sin cambio aparente (Figura 2b). El patrón de DRX de la MER (Figura 2c), presentó un patrón menos definido con un pico más fuerte en el ángulo 17 ° sin más presencia de picos, evidenciando ausencia de estructuras granulares claras. La cristalinidad para el AN fue de 41,5 %, posterior al proceso de pirodextrinización disminuyó 5,7 % (35,8 %).

Tabla 1. Factores y niveles en la pirodextrinización de almidón nativo de Yuca (*Manihot esculenta*)

Tratamiento	Almidón/ácido (HCl)	Temperatura	Tiempo de reacción	AR	ADL
		(°C)	(h)	(%)	(%)
1	80 a 1	90	1	24,12^{a}	34,30^{ab}
2	80 a 1	110	1	24,42^{a}	33,60^{ab}
3	160 a 1	90	1	2,64^{ab}	35,10^{b}
4	160 a 1	110	1	21,81^{b}	31,84^{ab}
5	80 a 1	90	3	21,82^{b}	38,25^{bc}
6	80 a 1	110	3	18,46^{c}	26,35^{a}
7	160 a 1	90	3	16,43^{d}	32,51^{ab}
8	160 a 1	110	3	16,02^{d}	44,56^{c}
9	120 a 1	100	2	21,02^{be}	36,28^{b}
10	120 a 1	100	2	21,52^{be}	37,41^{b}
11	120 a 1	100	2	21,50^{be}	37,70^{b}
12	120 a 1	100	2	22,03^{be}	34,40^{b}
Nativo				14,52	51,12

AR: almidón resistente, ADL: almidón de digestión lenta, $^{a-d}$ Diferentes letras en la misma columna indican diferencia significativa (p<0,05). Los tratamientos 9–12 corresponden a los puntos centrales. Se realizaron 4 repeticiones para cada ensayo, donde s de AR = ± 0.41 y s de ADL = ± 1.49; n = 4.

Tabla 2. Factores y niveles en la hidrólisis enzimática de almidón pirodextrinizado de Yuca (*Manihot esculenta*)

Tratamiento 12 g en 60 mL	Enzima α-amilasa (v/v) (%)	Tiempo de reacción (min)	AR %	ADL %	ED %
1	0,05	10	12,06[a]	1,28	9,07[a]
2	0,1	10	12,29[a]	1,32	9,45[a]
3	0,05	30	12,25[a]	1,08	21,09[b]
4	0,1	30	12,13[a]	5,59	22,98[b]
5	0,075	20	12,57[a]	3,96	21,84[b]
6	0,075	20	12,34[a]	3,70	21,92[b]
7	0,075	20	12,77[a]	2,21	21,92[b]
8	0,075	20	12,02[a]	3,25	21,02[c]
Pirodextrina			24,42	33,60	

AR: almidón resistente, ADL: almidón de digestión lenta, ED: equivalentes de dextrosa. [a-c]Diferentes letras en la misma columna indican diferencia significativa (p<0,05). Los tratamientos 5–8 corresponden a los puntos centrales. Se realizaron 4 repeticiones para cada ensayo, donde s de AR = ± 0.32, s de ADL = ± 0.77 y s de ED = 0.43; n = 4.

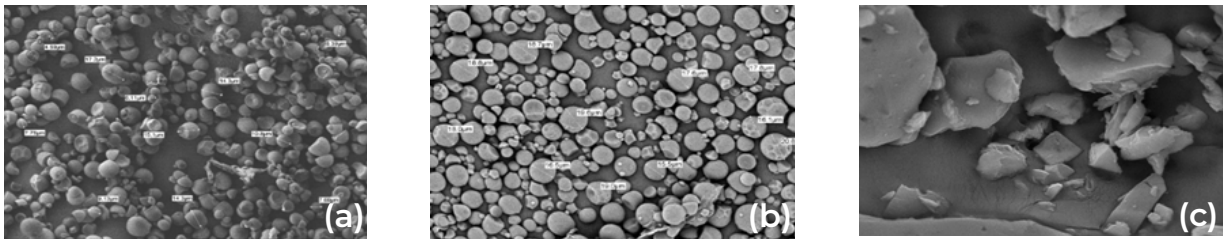


Figura 1. Microscopía electrónica de barrido de los gránulos del (a) almidón nativo de yuca *M. esculenta*, (b) pirodextrina y (c) maltodextrina enzimáticamente resistente.

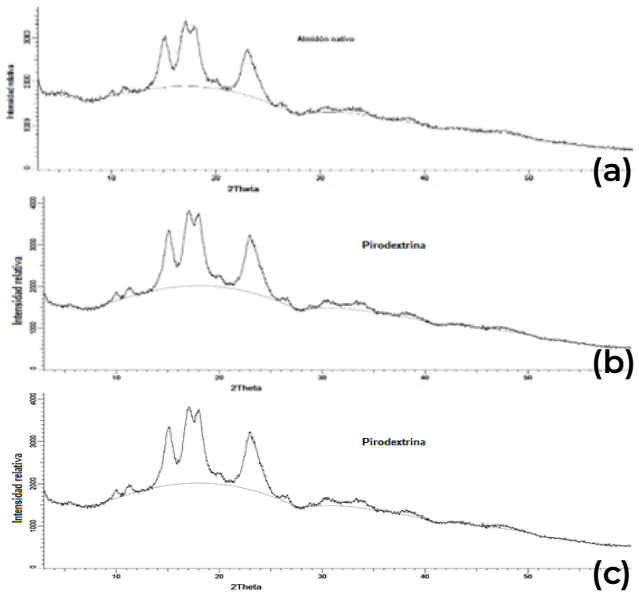


Figura 2. Patrón de difracción de Rayos X de los gránulos del (a) almidón nativo de yuca *M. esculenta*, (b) pirodextrina y (c) maltodextrina enzimáticamente resistente.

Propiedades funcionales

El AN de M. esculenta registró una entalpía de gelatinización de 1,32 J/g y las temperaturas de gelatinización de 62,09 °C (inicial), 64,56 °C (pico) y 70 °C (final). En la pirodextrina, la entalpía de gelatinización fue de 0,96 J/g y las temperaturas de gelatinización fueron 62,04 °C (inicial), 65,07 °C (pico) y 70 °C (final). Y en la MER, la entalpía de gelatinización fue de 0,35 J/g, en cuanto a la temperatura inicial fue de 79,07 °C, pico 80,48 °C y final de 83,75 °C aproximadamente, observando pérdida en las unidades de entalpía, en comparación al AN y la pirodextrina. La mayor solubilidad en la pirodextrina (12,76 %) fue a los 90 °C, sin embargo, no representó una diferencia en comparación al almidón nativo (10 %), no así para la MER donde se observa el valor máximo de solubilidad (35 %) a los 90 °C. Con respecto al poder de hinchamiento de los productos obtenidos se observó incremento en la pirodextrina de yuca, en comparación con el AN. Lo que concuerda con la resistencia de los gránulos a la hidrólisis ácida total en la pirodextrinización, ya que fue posible la producción de geles, los cuales son más deformables que los geles obtenidos de gránulos con menor poder de hinchamiento. El poder de hinchamiento y la capacidad de absorción de agua están íntimamente ligados.

Discusión

Si bien, los efectos benéficos por consumo del AR tales como la prevención y control de enfermedades crónicas, el mejoramiento de la salud digestiva, el control glucémico, la sensibilidad a la insulina, la disminución de los niveles de colesterol y el mejoramiento de la microbiota intestinal, dependen en gran medida de las diversas fuentes y especies utilizadas para la extracción del almidón en su fuente nativa y su posterior modificación (23). Los tubérculos son fuentes potenciales para extraerlo, tal es el caso de la Yuca *Manihot esculenta*, un alimento típico de la región sureste de México. Este estudio analizó los efectos de la pirodextrinización y la hidrólisis enzimática del almidón nativo de yuca (*Manihot esculenta*). Tras la pirodextrinización, se observó un aumento del 10 % en el contenido de AR, atribuido a la presencia de enlaces atípicos, los cuales se forman mediante la hidrólisis ácida produciendo fragmentos de residuos de glucosa más pequeños que al recombinarse mediante reacciones de transglucosilación, se reorganizan dando lugar a nuevos enlaces glucosídicos menos comunes. Estas estructuras reconfiguradas presentan mayor resistencia a la acción de las enzimas digestivas, favoreciendo así el incremento en el contenido de almidón resistente AR (6). Este comportamiento es consistente con lo reportado por otras investigaciones donde se observó incremento de almidón indigerible, bajo condiciones similares (110 °C, 1 h, relación 160:1). No obstante, las diferencias observadas en relación almidón/ ácido respecto al presente estudio pueden explicar las variaciones en la cantidad de AR obtenido (14).

Sin embargo, durante la hidrólisis enzimática, se observó una disminución en el AR y el ADL, lo que sugiere una mayor proporción aún presente de almidón de digestión rápida, probablemente debido a la modificación estructural de enlaces atípicos por el incremento de temperatura. Es sugerido que en los intentos de producir fracciones de ADL y AR en almidones modificados, las estructuras de doble hélice podrían romperse; observando un aumento o descenso en la producción de AR y ADL 24 y 25 (24-25).

Por otro lado, el patrón de DRX del almidón nativo y la pirodextrina de M. esculenta, mostró un patrón no cristalino, similar a un tipo de maltodextrina comercial de yuca antes reportado (16), esto se podría explicarse por la formación de una estructura mayormente amorfa, debido a la escasa generación de enlaces atípicos y a una baja compactación molecular; no obstante, la DRX evidencia picos débiles que indican la presencia de regiones parcialmente ordenadas.

Además, la entalpía de gelatinización fue menor en la pirodextrina, lo que indica que este material requirió menos energía para gelatinizarse debido a que el tratamiento térmico provocó modificaciones parciales en sus regiones cristalinas, debilitando parte de su estructura organizada. Sin embargo, dichas estructuras no fueron completamente destruidas, ya que aún conservaron cierto grado de orden. En el caso del AN, se registró una entalpía de gelatinización similar a la reportada para el almidón de yuca, indicando que mantiene las características estructurales típicas de este tipo de almidón sin modificaciones importantes (26).

Debido a la temperatura no es factible incluir este AN en productos sometidos a altas temperaturas; este estudio sugiere que no se presentó una ruptura en las dobles hélices de la región cristalina, sin embargo, las regiones amorfas tal vez fueron afectadas, lo que bastó para observar el aumento en el contenido de AR. Sin embargo, en la MER, la perdida en los valores de entalpia de gelatinización y los valores similares de temperatura presentados durante la determinación de gelatinización, podría reflejar la perdida en la cristalinidad lo que pudo haber influido en la reducción de AR. La disminución de la cristalinidad se asocia con una menor estabilidad térmica y mayor accesibilidad enzimática. Estos resultados evidencian que la ruptura parcial de las estructuras ordenadas puede favorecer o reducir la formación de AR dependiendo del grado de reorganización molecular (27).

En términos funcionales, la solubilidad del almidón aumentó tras los tratamientos, indicando una posible desintegración estructural. El aumento en la solubilidad del almidón posterior a los procesos de modificación química y enzimática; se debe a la posible desintegración estructural, a partir de la cual, se debilitan los gránulos de almidón, aumentando los lixiviados reflejándose en un producto más soluble.

El poder de hinchamiento también se incrementó con la pirodextrinización, pero disminuyó con la hidrólisis enzimática, lo que concuerda con lo reportado en MER de yuca reflejando la relación entre la porosidad de los gránulos y su capacidad de absorción de agua (14, 27-30). Estos resultados sugieren que los procesos de modificación afectan las propiedades funcionales del almidón, lo que tiene implicaciones para su uso en alimentos. Ha sido reportado mayor contenido de almidón indigerible posterior al tratamiento por pirodextrinización en yuca, empleando concentración de almidón/acido 160:1, temperatura 110 °C y tiempo de reacción 1 h. Difiriendo en la relación almidón/ácido reportado en este estudio, probablemente debido a la técnica empleada para el análisis de AR (19).

Entre las limitaciones de este estudio se encuentran la ausencia de caracterización molecular sobre los enlaces glucosídicos formados.

Conclusiones

Este estudio resalta la influencia significativa de la pirodextrinización y la hidrólisis enzimática en las propiedades del almidón nativo de yuca (*Manihot esculenta*). La pirodextrinización incrementó el contenido de AR, sugiriendo la formación de enlaces atípicos, mientras que la hidrólisis enzimática condujo a una disminución del AR y del ADL, favoreciendo un almidón de digestión rápida. Estos cambios estructurales fueron corroborados por los análisis de DRX, que mostraron un patrón menos cristalino en la pirodextrina, indicando una alteración en la cristalinidad del almidón.

Además, el aumento en la solubilidad y el poder de hinchamiento tras la pirodextrinización, junto con la disminución observada en la hidrólisis enzimática, evidencian cómo estas modificaciones afectan las propiedades funcionales del almidón. Estos resultados son relevantes para la industria alimentaria, ya que ofrecen nuevas perspectivas sobre la utilización del almidón de yuca y sus derivados en productos alimentarios, especialmente en formulaciones que requieran características específicas de digestibilidad y funcionalidad.

Agradecimientos

Al Laboratorio Nacional de Nano y Biomateriales y al Laboratorio de Difracción de Rayos X del Cinvestav, Mérida, Yucatán, México.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no presentar conflicto de intereses.

Contribución de los autores

- Maloy Hernández Hernández: Estudiante de posgrado y responsable de la ejecución del proyecto.
- Jorge Luis Ble Castillo y Viridiana Olvera Hernández: directores principales del proyecto.
- Isela Esther Juárez Rojop, Crystell Guadalupe Guzmán Priego, Mirian Carolina Martínez López, Nury Hernández Díaz y Patricia Quintana Owen: Determinaciones de muestras.

- Luis Fernando Trujillo Castillo, David Betancur Ancona, Valentino Mukthar Sandoval Peraza: Asesores de estadística en el proyecto.

Referencias

1. Baptista NT, Dessalles R, Illner AK, Ville P, Ribet L, Anton PM, Durand-Dubief, M. Harnessing the power of resistant starch: A narrative review of its health impact and processing challenges Front. Nutr. 2024; 11: 1369950: https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1369950
2. Arp C, Correa M, Ferrero C. Resistant starches: A smart alternative for the development of functional bread and other starch-based foods. Food Hydrocoll. 2021; 121:106949: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106949
3. Wang Z, Wang S, Xu Q, Kong Q, Li F, Lu L. *et al*. Synthesis and functions of resistant starch. Adv. Nutr. 2023; 14: 1131–1144. https://doi.org/10.1016/j.advnut.2023.06.001
4. Daley SF, Shreenath AP. The Role of Dietary Fiber in Health Promotion and Disease Prevention: A Practical Guide for Clinicians. En: StatPearls Publishing. StatPearls Editorial Board; 2025. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559033
5. Chen Z, Liang N., Zhang H., Li, H., Guo, J., Zhang, Y., Chen, Y., Wang, Y., Shi, N. Resistant starch and the gut microbiome: Exploring beneficial interactions and dietary impacts. Food Chem X 2024; 21: 101118. https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101118
6. Ble JL, Aparicio MA, Francisco MU, Córdova R, Rodríguez A, Méndez JD, *et al*. Effects of Native Banana Starch Supplementation on Body Weight and Insulin Sensitivity in Obese Type 2 Diabetics. Int. J. Environ. Res. Public Health. 2010; 7 (5): 1953-1962: https://doi.org/10.3390/ijerph7051953
7. Arias Y, Ble JL, García C, Olvera V, Ramos M, Navarrete-Cortes A, Pérez-Hernández N, Méndez JD. Resistant starch consumption effects on glycemic control and glycemic variability in patients with type 2 diabetes: A randomized crossover study. Nutrients 2021; 13(11): 4052. https://doi.org/10.3390/nu13114052
8. López-Vázquez DE, Hernández-Rodríguez L, Lobato-Calleros C, Aguirre-Mandujano E. Effect of OSA modification of cacahuacintle corn starch on its physicochemical properties, digestibility and stability. Ing. Agríc. Biosist. 2024; 16 (2): 21-38. https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2024.06.020
9. Puri A, Mohite P, Ramole A, Verma S, Kamble M, Ranch K. Torneos. Starch science advancement: Isolation techniques, modification strategies, and multifaceted applications. Macromol 2025; 5(3): 40. https://doi.org/10.3390/macromol5030040
10. Xie Q, Fan B, Tao R, Wang F, Sun Y. A Comprehensive Review of Starch: Structure, Properties, Chemical Modification, and Application in Food Preservation. Food Front. 2025; 6(4):1645-57. https://doi.org/10.1002/fft2.70040
11. Cornejo F, Maldonado-Alvarado P, Palacios-Ponce S, Hugo D, Rosell CM. Impact of Cassava Starch Varieties on the Physiochemical Change during Enzymatic Hydrolysis. Mol. 2022; 27(18):6098: https://doi.org/10.3390/molecules27186098
12. De Souza Oliveira E, Lovera M, Machado AAC, Sampaio LMF, Miranda KWE, Silva ARAE, *et al*. Physicochemical and structural changes of cassava starch modified by pyrodextrinization with glacial acetic acid as catalyst. Biocatal Agric Biotechnol 2025; 69:103764: https://doi.org/10.1016/j.bcab.2025.103764
13. Pattarapanawan M, Phuengjayaem S, Akrimajirachoote N, Kotatha D. Partial enhancement of soluble fiber through pyrodextrinization of the residual starch in cassava pulp: Developing a novel dietary fiber with modified functional and improved prebiotic properties. Food Res. Int. 2025; 217:116747: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.116747
14. Toraya-Avilés R, Segura-Campos M, Chel-Guerrero L, Betancur-Ancona D. Effects of pyroconversion and enzymatic hydrolysis on indigestible starch content and physicochemical properties of cassava (Manihot esculenta) starch. Starch/Stärke. 2017; 69 (5-6):1600267: https://doi.org/10.1002/star.201600267
15. Chen X, Hou Y, Wang Z, Liao A, Pan L, Zhang M, *et al*. A Comparative Study of Resistant Dextrins and Resistant Maltodextrins from Different Tuber Crop Starches. Polymers. 2023; 15(23):4545: https://doi.org/10.3390/polym15234545
16. Chamorro AF, Palencia M, Lerma TA. Physicochemical Characterization and Properties of Cassava Starch: A Review. Polymers. 2025; 17(12):1663: https://doi.org/10.3390/polym17121663
17. Hayati SR, Pattarapanawan M, Phuengjayaem S, Akrimajirachoote N, Laohakunjit N, Kovitvadhi A, *et al*. Preparation, characterization, and prebiotic potential of resistant maltodextrin from the remaining starch in cassava pulp. Int. J. Biol. Macromol. 2025; 297:139894: https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.139894
18. Zhang X, Leemhuis H, Van Der Maarel MJEC. Digestion kinetics of low, intermediate and highly branched maltodextrins produced from gelatinized starches with various microbial glycogen branching enzymes. Carbohydr. Polym. 2020; 247: 116729: https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116729
19. Reseach report. Resistant Maltodextrin Market Overview: https://www.360researchreports.com/market-reports/resistant-maltodextrin-market-207872
20. Barbosa-Martín E, Sauri-Duch E, Chel-Guerrero L, Cuevas-Glory L, Moo-Huchin V, Betancur-Ancona D. Synthesis of pyrodextrins and enzymatically resistant maltodextrins from makal (Xanthosoma yucatenensis) Starch. Food Technol Biotechnol 2024; 62(1): 26–34. https://doi.org/10.17113/ftb.62.01.24.8163
21. Ottenhof M, Farhat I. The effect of gluten on the retrogradation of wheat starch. J. Cereal Sci. 2004; 40 (3): 269-274: https://doi.org/10.1016/j.jcs.2004.07.002
22. Cornejo-Ramírez YI, Martínez-Cruz O, Del Toro-Sánchez CL, Wong-Corral FJ, Borboa-Flores J, Cinco-Moroyoqui FJ. The structural characteristics of starches and their functional properties. CyTA J Food 2018; 16(1), 1003–1017. https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1518343

23. Niu Y, Wang L, Gong H, Jia S Guan, Q Li, y Cheng, H. Nutrition and gut health: Preparation and efficacy of resistant starch. Foods 2025;14(3): 471. https://doi.org/10.3390/foods14030471
24. Iuga M, y Mironeasa, S. A review of the hydrothermal treatments impact on starch based systems properties. Crit Rev Food Sci Nutr 2020; 60(22): 3890-3915.
25. Farooq MA., Yu J. Recent advances in physical processing techniques to enhance the resistant starch content in foods: A Review. Foods, 2024; 13(17): 2770. https://doi.org/10.3390/foods13172770
26. Dome K, Podgorbunskikh E, Bychkov A, Lomovsky O. Changes in the Crystallinity Degree of Starch Having Different Types of Crystal Structure after Mechanical Pretreatment. Polymers 2020; 12 (3): 641. https://doi.org/10.3390/polym12030641
27. Zou J, Li Y, Wang F, Su X, Li Q. Relationship between structure and functional properties of starch from different cassava (Manihot esculenta Crantz) and yam (Dioscorea opposita Thunb) cultivars used for food and industrial processing. LWT 2023: 173, 114261. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114261
28. Jia X, Li C, Wang Y, Zhang H, Zhang X, Zhou Y, *et al*. Water absorption behavior of starch: A review of its determination methods, influencing factors, directional modification, and food applications. Trends Food Sci. Technol: 2023; 142:104-243. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104321
29. Hartati N, Rahman N, Ajie FT, Hartati NS. Variation of cassava genotypes based on physicochemical properties of starches and resistant starch content. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2020; 439:012048: https://doi.org/10.1088/1755-1315/439/1/012048

Recibido: 20/03/2026
Aceptado: 23/04/2026

ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICIÓN
Revista de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición
https://doi.org/10.37527/2026.76.2.002
Publicado: 15/06/2026

Vol. 76 N° 2; abril - junio 2026
Artículo Original

Consumo de alimentos, grado de procesamiento y microbiota de la leche materna de mujeres colombianas

Diana C. Londoño-Sierra[1], *Nathalia Correa Guzmán*[1], *Victoria Mesa*[2], *Sandra L. Restrepo-Mesa*[1].

Resumen: Introduction: la alimentación de la mujer ha mostrado un efecto significativo en la microbiota de la leche materna, sin embargo, la relación entre el consumo de grupos de alimentos específicos y su grado de procesamiento no ha sido documentada. **Objetivo:** explorar la relación entre el consumo de grupos de alimentos según las guías alimentarias para Colombia y su grado de procesamiento, y taxones microbianos de la leche materna de madres lactantes en primer trimestre posparto. **Materiales y métodos:** se llevó a cabo un estudio descriptivo-trasversal en 30 mujeres lactantes sanas de Antioquia, Colombia. La microbiota se analizó mediante secuenciación del gen 16S (ARNr). Se aplicaron dos recordatorios de 24 horas, se clasificaron los alimentos según las guías alimentarias colombianas y el sistema NOVA para explorar las relaciones con taxones bacterianos de la leche materna. **Resultados:** el consumo de leche y lácteos mostró una correlación negativa con *Escherichia-Shigella* spp. (r = -0,376 p= 0,04) y la ingesta de frutas y verduras una relación positiva con *Bifidobacterium* spp. (r = 0,449 p= 0,01). El consumo de alimentos procesados presentó correlación positiva con *Proteobacteria* (r =0,47; p = 0,02) y de ultraprocesados con *Escherichia-Shigella* spp. (r =0,36; p= 0,04), *Lactobacillus* spp. (r = 0,37; p =0,04) y *Desulfovibrio* spp. (r = 0,38 p = 0,037). **Conclusiones:** el consumo de leche y lácteos, frutas y verduras, grasas, alimentos procesados y ultraprocesados en el primer trimestre de lactancia se relaciona con taxones bacterianos de la microbiota de la leche materna potencialmente relevantes para la salud infantil. **Arch Latinoam Nutr 2026; 76(2): 79-90.**

Palabras clave: microbiota, leche humana, alimentación, salud materno-infantil.

Abstract: Relationship between food consumption and its degree of processing with the breast milk microbiota of Colombian women. Introduction: Maternal diet has been shown to significantly influence the composition of the human milk microbiota. However, the relationship between the consumption of specific food groups and their degree of processing has not yet been documented. **Objective:** To explore the relationship between the consumption of food groups according to the Colombian dietary guidelines and their degree of processing, and microbial taxa in the breast milk of lactating mothers during the first trimester postpartum. **Materials and Methods:** A descriptive cross-sectional study was conducted in 30 healthy lactating women from Antioquia, Colombia. Milk microbiota was analyzed using 16S rRNA gene sequencing. Two 24-hour dietary recalls were collected, and foods were classified according to the Colombian dietary guidelines and the NOVA classification system to explore their associations with bacterial taxa in human milk. **Results:** Milk and dairy consumption showed a negative correlation with *Escherichia–Shigella* spp. (r = −0.376; p = 0.04), whereas fruit and vegetable intake showed a positive association with *Bifidobacterium* spp. (r = 0.449; p = 0.01). Processed food consumption was positively correlated with *Proteobacteria* (r = 0.47; p = 0.02). Ultra-processed food intake was positively associated with *Escherichia–Shigella* spp. (r = 0.36; p = 0.04), *Lactobacillus* spp. (r = 0.37; p = 0.04), and *Desulfovibrio* spp. (r = 0.38; p = 0.037). **Conclusions:** The consumption of milk and dairy products, fruits and vegetables, fats, processed foods, and ultra-processed foods during the first trimester of lactation was associated with bacterial taxa in the human milk microbiota that may be relevant to infant health. **Arch Latinoam Nutr 2026; 76(2): 79-90.**

Keywords: Microbiota, human milk, diet, maternal and child health.

Introducción

El establecimiento temprano de la microbiota intestinal es un proceso biológico importante en la maduración inmunológica y la programación metabólica en los primeros mil días de vida(1,2). En este periodo, la leche humana representa un vehículo de bacterias para el lactante, que favorece la siembra, desarrollo y ensamblaje del microbioma, mientras aporta la energía y nutrientes necesarios para el adecuado crecimiento y desarrollo infantil(2).

Se ha documentado que cuando un niño es amamantado recibe cerca de 10^7 UFC/mL de bacterias y una cuarta parte de su microbiota intestinal proviene de la transferencia que la

[1]Grupo de Investigación en Enfermedades del niño y el adolescente-(Pediaciencias), Departamento de Pediatría y Puericultura, Facultad de Medicina, Universidad de Antioquia UdeA, Calle 70 No. 52-21, Medellín, Colombia. [2]Physiopathologie et Pharmacotoxicologie Placentaire Humaine Microbiote Pré & Postnatal (3PHM), INSERM, UMR-S 1139, Université Paris Cité, 75006 Paris, France.
Autor para la correspondencia: Diana C. Londoño-Sierra, e-mail: dcarolina.londono@udea.edu.co

CC BY NC

madre hace a través de la leche humana (2), encontrándose una transmisión de géneros como *Bifidobacterium* spp., *Escherichia-Shigella* spp. y *Bacteroides* spp. importantes en la maduración intestinal y del sistema inmunológico (3,4), lo que apoya aún más la recomendación establecida por organismos internacionales de usarla exclusivamente como alimento para los lactantes durante los primeros seis meses de vida (5,6).

Diversos factores se han relacionado con la modulación de la microbiota de la leche materna, dentro de los cuales la alimentación de la mujer ha mostrado un efecto significativo. La evidencia disponible ha identificado asociaciones entre la ingesta de energía y nutrientes durante la gestación y la lactancia con filos y géneros bacterianos en la leche, especialmente en la relación nutriente-taxones microbianos (7–9), sin embargo, la disponibilidad de estudios que metodológicamente aborden la relación entre el consumo de grupos de alimentos y su clasificación por grado de procesamiento en madres lactantes, más allá de la energía y nutrientes individuales consumidos, siguen siendo limitado (7).

En la actualidad tres investigaciones han realizado aproximaciones analíticas basadas en ingesta de grupos de alimentos y microbiota de la leche materna (10–12), no obstante, no se ha explorado la relación con el consumo de alimentos según su grado de procesamiento, lo que cobra interés por los cambios que en los últimos años se han evidenciado en los patrones alimentarios y el consumo de alimentos cada vez más industrializados en diferentes momentos de la alimentación(13), junto con evidencia proveniente de estudios en otras poblaciones, en la que se ha identificado que los ultraprocesados pueden desencadenar una firma microbiana intestinal proinflamatoria, mientras que la ingesta de alimentos de origen vegetal y una dieta tipo mediterránea generan un efecto contrario, favoreciendo la presencia de bacterias productoras de ácidos grasos de cadena corta y reduciendo los marcadores de inflamación intestinal (14,15), fenómeno biológico explicativo en la génesis de diversas alteraciones en salud(16).

Explorar la relación entre la alimentación de la madre lactante con la microbiota de la leche materna es importante, más aún cuando se ha encontrado que muchas mujeres asumen la lactancia en situación de vulnerabilidad alimentaria y su patrón de consumo dista de las recomendaciones dietéticas establecidas para esta etapa fisiológica, una de las más exigentes en requerimientos de calorías y nutrientes en el ciclo vital (17,18). A partir de lo anterior, el objetivo de este estudio fue explorar la relación entre el consumo de grupos de alimentos según las guías alimentarias para Colombia y su grado de procesamiento, y taxones microbianos de la leche materna de madres lactantes en primer trimestre posparto.

Materiales y métodos

Se llevó a cabo un estudio descriptivo-trasversal en 30 mujeres lactantes sanas de la región del Oriente de Antioquia, Colombia, quienes fueron atendidas en el Hospital Nuestra Señora de la Candelaria de Guarne y en el Hospital San Juan de Dios de Rionegro, ambas instituciones de carácter público. El proceso de selección de la muestra fue a conveniencia y el reclutamiento se realizó entre junio de 2021 y febrero de 2022. Las mujeres fueron identificadas inicialmente a través de las instituciones de salud y, tras una revisión detallada de su historia clínica para verificar criterios de elegibilidad, antecedentes en salud e indicadores antropométricos (peso pregestacional y ganancia de peso), fueron contactadas para indagar por su estado actual de lactancia, situación de salud, seguridad alimentaria y voluntad de participación. Posteriormente, se programaron dos encuentros presenciales para la firma del consentimiento informado, la recolección de la información alimentaria, la toma de peso y talla, y la colecta de las muestras biológicas de leche materna.

Se incluyeron mujeres en primer trimestre de lactancia, con edades entre 18 y 39 años, que ofrecían a sus hijos lactancia materna exclusiva, con seguridad alimentaria en el hogar según la Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria (ELCSA)(19), sin enfermedades que afectarán el desarrollo de la lactancia, con índice de Masa Corporal (IMC) adecuado o en sobrepeso y con nacimiento de su hijo a término. Aquellas mujeres con alteraciones en salud en la gestación o lactancia como diabetes, trastornos hipertensivos, enfermedades inmunológicas o que reportaron consumo de medicamentos u otras sustancias como antibióticos,

antidepresivos, laxantes, corticosteroides, cigarrillos, alcohol, inhibidores de la bomba de protones y probióticos de forma crónica o 30 días previos a la recolección de las muestras, fueron excluidas.

Recolección de información antropométrica y alimentaria

Los datos de consumo de alimentos fueron recolectados a partir de dos recordatorios de 24 horas (R24h) con la metodología de múltiples pasos ajustada previamente validada en estudios poblacionales(20–23). Los R24h se aplicaron en diferentes días de la semana, no consecutivos para ajustar la variabilidad intra e interindividual (20,24). La cantidad de alimentos ingerida por las mujeres fue obtenida usando figuras geométricas, modelos de alimentos y fotografías, todos ellos validados para población colombiana (25). Se tomaron mediciones antropométricas de estatura y peso, con una báscula digital y tallímetro portátil marca Seca y se calculó el IMC actual de la madre lactante, el cual fue clasificado como adecuado si se encontraba entre ≥18.5 a 24.9 kg/m2 o en sobrepeso ≥25 kg/m2 a 29.9 kg/m2 según lo establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS)(26). A partir de los datos de la historia clínica se calcularon el IMC pregestacional y la ganancia de peso gestacional. La recolección de la información fue realizada por un nutricionista dietista previamente capacitado.

Análisis del consumo de alimentos

La información del consumo de alimentos obtenida a través de los R24h fue digitada en el *software* EVINDI©v5 de la Escuela de Nutrición y Dietética, de la Universidad de Antioquia, Colombia (27). En este software se generó la base de datos con el aporte nutricional de los alimentos para cada participante, la cual se procesó en el *software for Intake Distribution Estimatio*n (PC-SIDE©v1.0) del Departamento de Estadística de la Universidad Estatal de Iowa, Ames IA, Estados Unidos (28).

A partir de los datos obtenidos del primer R24h, se obtuvieron todos los alimentos consumidos por cada una de las mujeres participantes y se clasificaron de acuerdo con el grado de procesamiento según la clasificación NOVA así: mínimamente procesados, ingredientes culinarios, procesados y ultraprocesados (29). Posteriormente se sumaron las calorías de los alimentos en cada categoría y se estimó el porcentaje de aporte calórico al total de la ingesta energética para cada participante. Además, los alimentos se asignaron a los seis grupos establecidos por las Guías Alimentarias Basadas en Alimentos para mujeres gestantes y madres en período de lactancia de Colombia (30): Cereales, raíces, tubérculos y plátanos; frutas y verduras; leche y productos lácteos; carnes y huevos; grasas; azúcares y postres. Se cuantificaron los gramos consumidos en cada grupo dietético, y se obtuvo el consumo en gramos para cada mujer. El proceso de clasificación de los alimentos de acuerdo con su grado de procesamiento y grupos de alimentos se realizó por dos nutricionistas dietistas e investigadoras de la unidad de evaluación de ingesta de la Escuela de Nutrición y Dietética en Medellín, Colombia con experiencia en la recolección, clasificación y análisis de ingesta dietética, y que han desarrollado trabajos en esta línea de consumo de alimentos en población colombiana (31–33).

Análisis de la microbiota de la leche humana

Se obtuvieron muestras de leche humana madura en un solo punto temporal entre 15 días y 3 meses posparto, extraídas de forma manual por una nutricionista capacitada, del seno contrario a la última toma del lactante y entre las 8:00 am y las 10:00 am. Una cantidad entre 15 a 20 mL de leche materna fue transportada en hielo seco y tubos estériles libres de DNAsas y RNAsas hasta el laboratorio Alimentación y Nutrición Humana de la Universidad de Antioquia. Para la extracción del DNA se tomaron 10 mL de la muestra, la cual se centrifugó para retirar la matriz lipídica y obtener el pellet celular. La extracción se realizó con el kit GeneJET *Genomic DNA Purification de Thermo Scientific* siguiendo las instrucciones del fabricante. La cantidad y la calidad del ADN extraído se evaluaron en un espectrofotómetro Nanodrop 2000 (*Thermo Scientific,* Pittsburg, PA, EE. UU.). Los amplicones se purificaron y se les asignó un código de barras, posteriormente se agruparon en cantidades equimolares (~50 ng por muestra) para la preparación de la biblioteca. La secuenciación de las regiones hipervariables V3-V4 del gen del ácido ribonucleico ribosomal 16S (ARNr), se realizó utilizando la plataforma Illumina MiSeq paired-end (2 × 300 pares de bases) con 100.000 lecturas para cada biblioteca (Macrogen, Corea).

Análisis Bioinformático

En un artículo publicado recientemente se describe el análisis bioinformático, a partir del cual se deriva este estudio (9). Brevemente, las secuencias obtenidas fueron analizadas en el software QIIME2 (*Quantitative Insights into Microbial Ecology*) v2019.7 (34), se eliminaron secuencias quiméricas y ruidos de secuenciación, se agruparon las secuencias en variantes de amplicones (ASVs)(35) y se realizó la asignación taxonómica empleando el método de alineación Vsearch (36) con la base de datos SILVA V138(37). Finalmente se obtuvieron los resultados de taxonomía a nivel de filo y género. Las lecturas de secuencia se encuentran depositadas en el Archivo Europeo de Nucleótidos (ENA) a través del número de proyecto PRJEB59523.

Análisis estadístico

Para el análisis descriptivo, se utilizaron distribuciones absolutas y relativas. Los resultados del consumo de alimentos de acuerdo con el grado de procesamiento y los gramos consumidos por grupo dietético se expresan en mediana y desviación de la mediana (DAM). Para el análisis de la relación entre la microbiota de la leche materna y las clasificaciones de los alimentos, se incluyeron aquellos filos y géneros bacterianos con una abundancia relativa ≥ 0.1% y presentes en al menos 50% de la muestras, el género *Bifidobacterium* spp. si bien no cumplió esta condición, fue incluido en el análisis dado su relevancia en la salud infantil (38). Después de probar la normalidad de los datos, se calcularon correlaciones robustas empleando la correlación de Pearson Winsorizada, para reducir la influencia de los valores atípicos en ambos conjuntos de datos y obtener una estimación más confiable y estable de la relación lineal entre las variables evaluadas (39). El procesamiento y análisis estadístico de los datos se llevó a cabo en los programas JASP v0.19.3.0, y RStudio v4.5.0. Se consideró como estadísticamente significativo un valor de p <0,05.

Esta investigación fue aprobada por el Comité de Bioética de la Facultad de Odontología de la Universidad de Antioquia, concepto No. 66-2020, Acta No. 10 de 2020. Todas las mujeres firmaron el consentimiento informado y donaron de forma voluntaria las muestras de leche.

Resultados

Las características sociodemográficas, gestacionales y antropométricas se muestran en la tabla 1. Brevemente, la mitad de las madres lactantes pertenecía al régimen de salud subsidiado, la mayor proporción tenía formación técnica y universitaria, entre 1 y 2 gestaciones previas, asistieron entre 6 a 8 controles prenatales y tuvieron parto vaginal. El promedio de IMC pregestacional fue 23,7± 2,54 kg/m^2, de ganancia de peso 12,2 kg ± 3,6 kg y el IMC durante la lactancia 24,6 ± 2,90 kg/m^2. Al momento de la evaluación 60% de las mujeres presentaba IMC en normalidad.

Tabla 1. Características sociodemográficas, gestacionales y antropométricas de las madres lactantes participantes

Variable		Categoría	n (%)
Sociodemográficas	Nivel de escolaridad	Primaria	1 (3.3)
		Secundaria	7 (23.3)
		Técnico	11 (36.7)
		Posgrado	11 (36.7)
	Régimen de Salud	Contributivo	14 (46.7)
		Subsidiado	16 (53.3)
	Zona de residencia	Urbano	13 (43.3)
		Rural	17 (56.7)
Gestacionales	Embarazos anteriores	Sin embarazos	13 (43.3)
		1–2	16 (53.3)
		≥3	1 (3.3)
	Número de controles prenatales	≤5	6 (20.0)
		6–8	17 (56.7)
		≥9	7 (23.3)
	Tipo de parto	Vaginal	23 (76.7)
		Cesárea	7 (23.3)
Antropométrico	IMC pregestacional (Kg/m^2)	Adecuado	21 (70.0)
		Déficit	1 (3.3)
		Sobrepeso	8 (26.7)
	IMC de la lactante (Kg/m^2)	Adecuado	18 (60.0)
		Sobrepeso	12 (40.0)

Consumo de grupos de alimentos y su grado de procesamiento en las madres lactantes

La media ajustada en la ingesta calórica fue 2185 kcal±399, la media ajustada del consumo de grasas saturadas 28,6g±6,12, grasa monoinsaturada 23,65g±4,97, grasa poliinsaturada 12,60g ± 2,32; el consumo de carbohidratos fue 314,1g±68 y carbohidratos simples 82,8 g±48,2, mientras que la fibra se consumió en una cantidad media ajustada de 13,9g±6,6; y el consumo medio ajustado de proteína fue 74,8g±15. En cuanto al cumplimiento de las recomendaciones de ingesta dietética para la mujer lactante colombiana, 99% de las participantes no cumplió la recomendación en la ingesta de proteína, 86% superó la ingesta recomendada de grasas saturadas y 72% de carbohidratos simples.

Tabla 2. Consumo en gramos por grupos de alimentos de las guías alimentarias en las mujeres participantes.

Grupo de alimento	Prevalencia de consumo n (%)	Gramos consumidos Me ± DAM*
Cereales, raíces, tubérculos y plátanos	30 (100)	490 ±217
Frutas y verduras	28(93)	157±117
Leche y lácteos	26 (87)	297 ± 84
Proteína animal (carne y huevos)	30 (100)	183± 47
Grasas y aceites	30 (100)	22±7
Grasas poliinsaturadas	8 (27)	13±5
Grasas monoinsaturadas	16(53)	6±4
Azúcares y postres	30 (100)	162±77

*Me: Mediana; DAM: Desviación de la mediana

Tabla 3. Consumo de alimentos según su grado de procesamiento y porcentaje de aporte calórico a la ingesta energética total de las madres lactantes.

Grupos de alimentos según NOVA	Kcal Me ± DAM [Min a Máx]	% del aporte calórico Me ± DAM [Min a Máx]
Mínimamente procesados	1.205 ± 256 [712 -2.149]	58 ± 8 [37 - 82]
Ingredientes culinarios	413 ± 150 [36 - 812]	19 ± 7 [1 - 35]
Procesados	44 ± 44 [0 - 640]	2 ± 2 [0 - 26]
Ultra procesados	334 ± 227 [2.2 - 1.113]	19 ± 8 [0.1 - 47]

*Abreviaturas: Me: Mediana, DAM: Desviación Absoluta de la Mediana, Min: Mínimo, Máx: Máximo.

En cuanto al análisis de los gramos consumidos por grupos de alimentos, el mayor aporte estuvo representado por el grupo de cereales, raíces, tubérculos y plátanos (490±217g) seguido del grupo de leche y productos lácteos (297±84g) (Tabla 2), en relación con el grado de procesamiento (NOVA), los alimentos mínimamente procesados aportaron la mayor cantidad de calorías a la alimentación con una mediana de 1205kcal±256, mientras que los alimentos procesados tuvieron el menor aporte 44kcal±44 (Tabla 3). Frente al consumo de alimentos ultra procesados, 73% de las mujeres presentó un consumo mayor o igual al 10% de su ingesta calórica total.

Relación entre el consumo por grupos de alimentos y taxones bacterianos de la microbiota de la leche materna

La microbiota de la leche materna fue descrita y publicada previamente (7), donde, en términos generales, 50% de la microbiota estuvo representada por los géneros *Streptococcus* spp., *Staphylococcus* spp. y *Corynebacterium* 1 spp. y los filos representativos fueron *Firmicutes* (69%), seguido de *Actinobacteria* (10%) y *Proteobacteria* (9.6%) (Figura 1).

La ingesta de grupos de alimentos específicos mostró correlaciones significativas con los géneros de la leche (Figura 2). El consumo del grupo de grasas que incluye alimentos fuente de grasa tanto de origen vegetal (aceites vegetales y margarina) como de origen animal (crema de leche, mantequilla, manteca de cerdo), se correlacionó de forma positiva con los géneros *Bacteroides* spp. ($r = 0{,}412$, $p = 0{,}02$) y *Clostridium sensu stricto* 1 spp. ($r = 0{,}416$ $p = 0{,}02$) mientras que el consumo del grupo de grasas saturadas (crema de leche, queso crema, mantequilla, aceite de palma y manteca de cerdo) con *Cutibacterium* spp. ($r = 0{,}364$ $p = 0{,}04$) y *Terrisporobacter* spp. ($r = 0{,}376$ $p = 0{,}04$). La ingesta de leche y lácteos mostró una correlación negativa con *Escherichia-Shigella* spp. ($r = -0{,}376$ $p = 0{,}04$) y el consumo

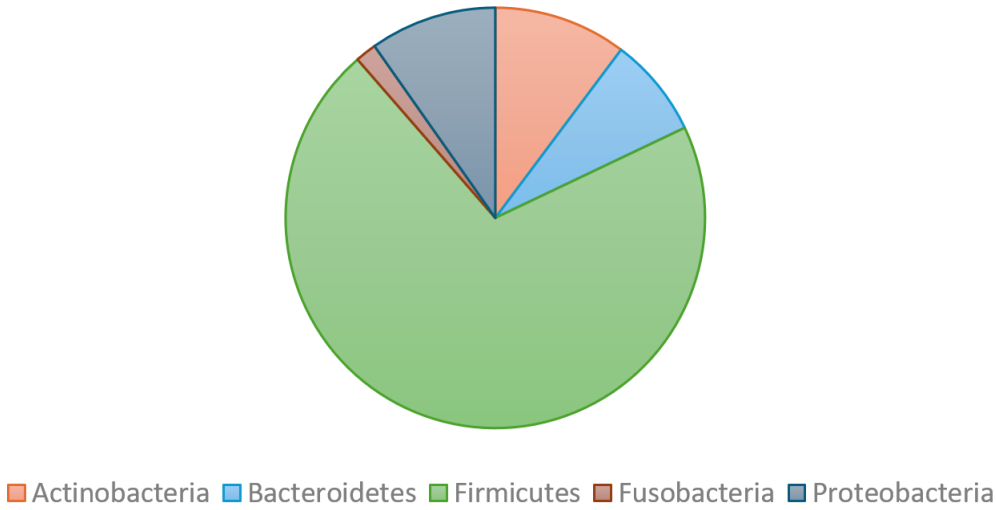


Figura 1. Principales filos bacterianos identificados en la leche humana de las mujeres participantes.

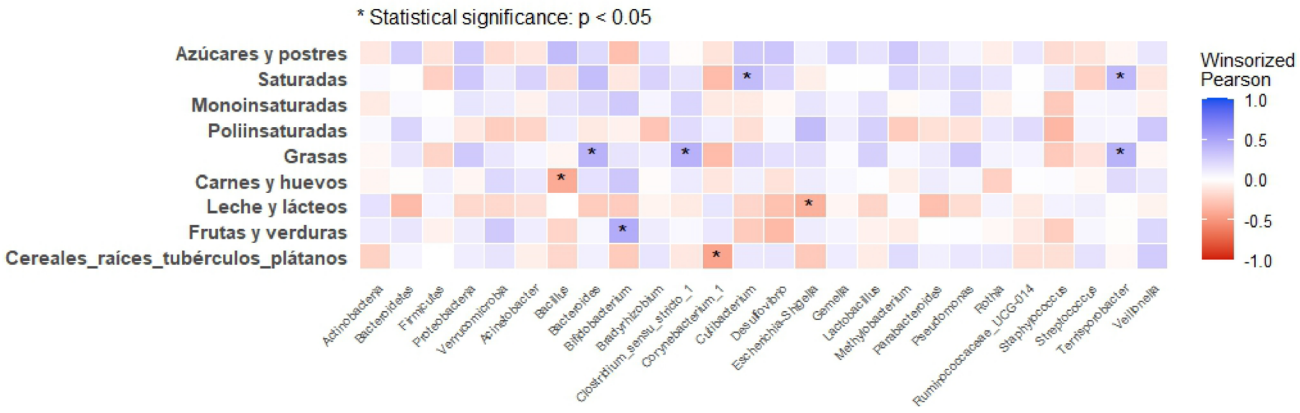


Figura 2. Correlaciones entre el consumo de grupos de alimentos según las guías alimentarias colombianas y taxones bacterianos de la leche materna.

de frutas y verduras una relación positiva con *Bifidobacterium* spp. (r = 0,449 p= 0,01). No se evidenciaron relaciones con los principales filos bacterianos (p >0.05).

Relación entre el grado de procesamiento de los alimentos consumidos y taxones bacterianos de la microbiota de la leche materna.

El análisis de la relación entre el grado de procesamiento de los alimentos y la microbiota de la leche materna, mostró correlaciones moderadas y fuertes. El consumo de alimentos mínimamente procesados presentó una correlación negativa significativa con el filo *Proteobacteria* (r = -0,37; p =0,04) y los géneros *Desulfovibrio* spp. (r =-0,52; p ≤0,01) y *Escherichia-Shigella* spp. (r = -0,47; p ≤0,01), mientras que el consumo de alimentos procesados presentó correlación positiva con *Proteobacteria* (r = 0,47; p = 0,02) y la ingesta de ultraprocesados con *Escherichia-Shigella* spp. (r =0,36; p= 0,04), *Lactobacillus* spp (r = 0,37; p =0,04) y *Desulfovibrio* spp. (r = 0,38 p = 0,037) (Figura 3).

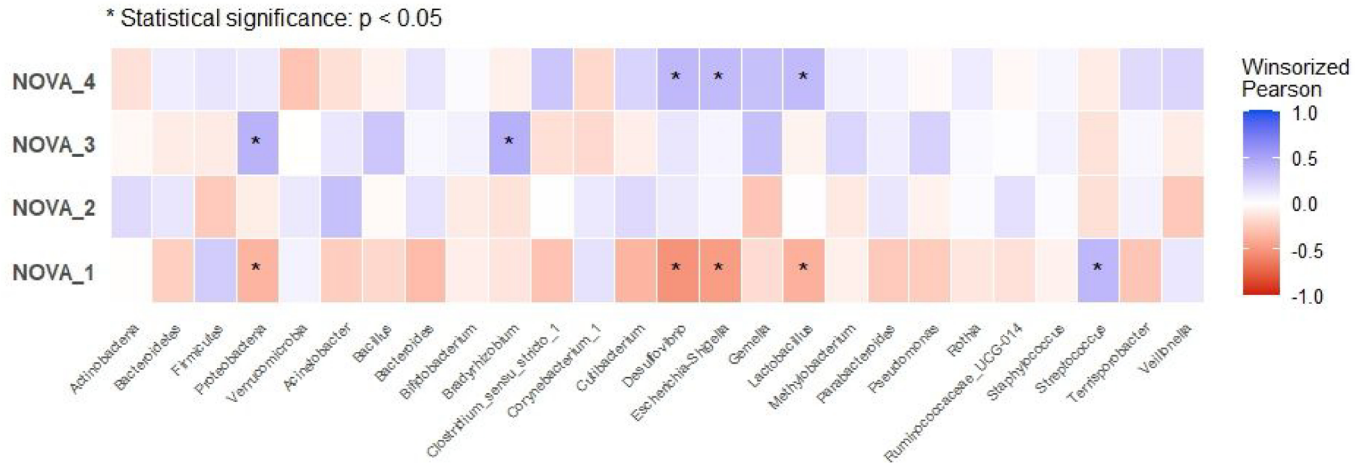


Figura 3. Correlaciones entre el consumo calórico según el grado de procesamiento de los alimentos y taxones bacterianos de la leche materna.

Discusión

Los resultados de este estudio exploratorio en Colombia muestran que el consumo en la madre lactante de ciertos grupos de alimentos y su grado de procesamiento se relacionan con taxones específicos de la microbiota de la leche materna, algunos de ellos asociados a condiciones inflamatorias y otros importantes para la salud metabólica e inmunológica del lactante.

En cuanto al consumo de los grupos de alimentos, en este estudio identificamos que el consumo materno de leche y lácteos, siendo la leche la fuente más representativa en este grupo de mujeres, se relacionó con menor abundancia de *Escherichia-Shigella* spp., al respecto, Aslam *et al*. (40), en una revisión sistemática de la literatura en la que evaluaron el efecto de la ingesta de todos los tipos de lácteos sobre la microbiota intestinal en adultos, reportaron que el consumo de leche y productos lácteos fermentados (yogur y kéfir) puede modular la microbiota intestinal, al favorecer el crecimiento de géneros bacterianos saludables como *Lactobacillus* spp. y *Bifidobacterium* spp., al tiempo que limita el crecimiento de potenciales patógenos.

En esta misma línea, Costa de Almeida *et al*. (41), en un experimento con murinos, encontraron que el suministro de kéfir por 21 días a hembras lactantes, incrementó la abundancia de bacterias productoras de butirato en la microbiota intestinal del lactante. Estos hallazgos reafirman la importancia de la leche y sus derivados en la alimentación durante el posparto, no solo por su aporte de proteínas, vitaminas y minerales como el calcio, sino también por los efectos benéficos que pueden tener en la modulación de la microbiota de la leche que será transferida al lactante.

Un género que ha sido considerado de gran relevancia para la salud infantil es *Bifidobacterium* spp., el cual favorece la integridad de la barrera intestinal, previene la adhesión de patógenos y genera ácidos grasos de cadena corta tras la fermentación de los oligosacáridos de la leche humana (38). En esta investigación, encontramos que la ingesta materna de frutas y vegetales se relacionó de forma positiva con la abundancia de este género bacteriano, al respecto, Cortes-Macías *et al*.(10) identificaron que en la leche materna de mujeres que consumieron proteínas vegetales, fibra y carbohidratos, la abundancia relativa de *Bifidobacterium* spp. era superior en comparación con las mujeres cuya alimentación se caracterizaba por lípidos y proteínas de origen animal. Por su parte, Fan *et al*. (42), demostraron que la ingesta de más de una taza de frutas y más de una taza de verduras al día en la gestación tuvo un efecto en la microbiota del bebé a los

dos meses de edad, con mayor abundancia de *Lactococcus* spp., *Parabacteroides* spp., *Cutibacterium* spp., *Pripionibacteriales*, *Tannerellaceae* y *Propionibacteriaceae*.

Si bien estos análisis derivan del consumo durante la gestación, los resultados de nuestro estudio hacen pensar que los efectos pueden mantenerse o potenciarse a partir del consumo de alimentos en las madres lactantes durante el posparto, de esta manera, el patrón alimentario de la madre en ambos periodos debe incluir diversidad de frutas y verduras, al igual que otras fuente de fibra dietaria, como estrategia alimentaria para potenciar la abundancia de bifidobacterias en la leche materna y modular la microbiota del lactante, lo cual podría jugar un rol protagónico en la prevención de infecciones, al favorecer el desarrollo del sistema inmune en el recién nacido (43).

En cuanto al consumo de alimentos fuente de grasa tanto de origen vegetal (aceites vegetales y margarina) así como origen animal (crema de leche, mantequilla, manteca de cerdo) agrupadas en las grasas, encontramos una relación positiva con mayor abundancia de *Bacteroides* spp. en la leche, hallazgo que coincide con lo reportado por Cortes-Macías *et al*. (10), sin embargo, Chu *et al*. (44), encontraron que la dieta materna alta en grasas se asoció con menor abundancia relativa de *Bacteroides* spp. en la microbiota infantil. El género *Bacteroides* spp. ha sido considerado relevante en el proceso de maduración y entrenamiento del sistema inmunológico del lactante y su aparición en la microbiota intestinal esta precedida por *Escherichia* y *Bifidobacterium* spp. (45). La relación ingesta de alimentos fuente de grasa y *Bacteroides* spp. en la leche materna merece una atención especial, ya que, si bien este género puede tener un papel positivo para la salud del lactante, su enriquecimiento suele estar dado con la introducción de los alimentos complementarios (46), y por tanto, un incremento en la abundancia durante los primeros meses de vida podría estar asociado a una maduración temprana del microbioma, la cual se ha relacionado con alteraciones en salud como el exceso de peso en la etapa pediátrica (47).

Respecto al tipo de grasas consumidas, identificamos una relación entre la ingesta de grasas saturadas proveniente de crema de leche, queso crema, mantequilla, aceite de palma y manteca de cerdo con los géneros *Cutibacterium* spp. y *Terrisporobacter* spp. Estas relaciones no han sido claramente documentadas y contribuyen a nuevos planteamientos y análisis para su comprensión. Específicamente Ou *et al*. (48). identificaron una mayor abundancia relativa del género *Terrisporobacter* spp., en niños con comportamiento internalizante, es decir, problemas psicológicos como la ansiedad y depresión; por su parte, Han *et al*. (49), en un análisis en el cual compararon la microbiota intestinal de niños con baja estatura idiopática y niños con deficiencia de la hormona del crecimiento, encontraron que la abundancia *Terrisporobacter* spp. fue significativamente mayor en el primer grupo, lo que hace pensar en la importancia del tipo de grasas que son consumidos por la mujer lactante, que además de su efecto en la microbiota, se ha documentado que la composición lipídica de la leche humana está influenciada por la ingesta materna (50).

Frente al grado de procesamiento de los alimentos, aunque los alimentos mínimamente procesados representaron la principal fuente de energía materna, el consumo de ultraprocesados superó el 10% de la ingesta calórica diaria en más de la mitad de las mujeres. Las recomendaciones locales (51) resaltan la importancia de mantener una ingesta inferior a este valor, por los efectos negativos en la salud asociados a una baja calidad de la dieta, lo que cobra aún más relevancia en el contexto de los primeros mil días de vida (52,53) y la reciente evidencia asociada al microbioma humano (14,54). En este estudio identificamos que el consumo de alimentos procesados y ultraprocesados se relacionó con mayor abundancia del filo Proteobacteria, específicamente los géneros *Escherichia-Shigella* spp. y *Desulfovibrio* spp. Las Proteobacterias, han sido relacionadas con diversas enfermedades tanto intestinales como extraintestinales que tienen en común la inflamación, por lo que se han considerado un marcador de enfermedad (55). El incremento de Proteobacterias se ha relacionado con alteraciones en salud como la enterocolitis necrotizante, al incrementar la respuesta del sistema inmune y favorecer la translocación bacteriana en el lactante (56). Particularmente, el género *Desulfovibrio* spp., caracterizado por la producción de sulfuro de hidrógeno se ha relacionado con la secreción de citoquinas inflamatorias y lesión intestinal (57).

Además de lo anterior, evidenciamos una asociación positiva entre *Lactobacillus* spp. y el consumo de ultraprocesados, esta relación puede estar dada por la disponibilidad de azúcares en estos productos para el metabolismo sacarolítico propio de este grupo bacteriano, sin embargo, aunque este género se ha relacionado con efectos benéficos en la salud del lactante, se ha reportado un incremento de ciertas cepas en el contexto de la obesidad infantil (58). Lo anterior, hace pensar en la relevancia de limitar la ingesta de productos ultraprocesados durante el posparto, por las posibles implicaciones que puede tener en la abundancia de taxones potencialmente inflamatorios en la leche materna que será transferida al lactante.

Estos hallazgos develan la importancia de garantizar la seguridad alimentaria, la disponibilidad, la diversidad y la calidad de los alimentos, y el asesoramiento nutricional no solo durante la gestación, sino en la etapa de lactancia; período en el cual la vigilancia del consumo de alimentos y el estado nutricional de la mujer es nulo o limitado, ya que se da prioridad a la atención del recién nacido, olvidando la necesidad de cuidados de la mujer que amamanta. Es imperante, poner la mirada y atención en la mujer lactante, ante la evidencia científica que muestra que cambios aberrantes en la microbiota intestinal en los primeros tres meses de vida pueden repercutir de forma negativa en la salud a corto, mediano y largo plazo(43).

Entre las fortalezas del estudio se destaca la presentación de un análisis basado en grupos de alimentos de las guías alimentarias para Colombia y su grado de procesamiento (NOVA), a partir de datos recolectados con una metodología de evaluación de ingesta dietética previamente validada, además de la rigurosidad en los criterios de elegibilidad de las mujeres participantes, incluyendo la verificación de la situación de seguridad alimentaria y nutricional, lo que favorece el control de factores modificables de la microbiota de la leche materna. Entre las limitaciones del estudio, se reconoce que la evaluación dietética se realizó mediante recordatorio de 24 horas y no incluyó un cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos, por lo que la caracterización del patrón alimentario habitual de largo plazo pudo haber sido limitada. Además, el análisis de los taxones microbianos de la leche materna no se realizó por duplicado y fue llevado a cabo en un solo punto temporal.

Conclusiones

Los resultados de este estudio evidencian que el consumo en madres lactantes de leche y productos lácteos, frutas y verduras, así como alimentos mínimamente procesados en el primer trimestre de lactancia materna exclusiva, podrían vincularse con un perfil bacteriano en la leche materna potencialmente benéfico para la salud del lactante, por el contrario, la ingesta de alimentos procesados y ultraprocesados podría favorecer la abundancia de taxones asociados a efectos deletéreos en salud, lo que hace relevante la alimentación y nutrición de la mujer lactante como una ruta biológica de interés para favorecer el ensamblaje de un microbioma saludable en los primeros 1000 días de vida a través de la modulación de taxones específicos de la leche materna. Estos hallazgos, dan apertura a nuevas preguntas para ser validadas en futuras investigaciones que relacionen los patrones alimentarios específicos e intervenciones nutricionales durante la lactancia con taxones y métricas de ecología microbiana en el eje materno-infantil.

Agradecimientos

Los autores agradecen en primer lugar a las mujeres participantes del estudio y a la Fundación para la Promoción de la Investigación y la Tecnología del Banco de la República de Colombia (No. 202508) por los recursos aportados para el desarrollo del trabajo.

Conflictos de intereses

Los autores declaramos que no existe conflicto de interés en el desarrollo de este trabajo y que la entidad financiadora no participo en ningún componente del proceso de investigación.

Referencias

1. Lv H, Zhang L, Han Y, Wu L, Wang B. The development of early life microbiota in human

health and disease. Engineering (Beijing). 2022; 12:101-114. doi: 10.1016/j.eng.2020.12.014
2. Robertson RC, Manges AR, Finlay BB, Prendergast AJ. The human microbiome and child growth—first 1000 days and beyond. Trends Microbiol. 2019;27(2):131-47. doi: 10.1016/j.tim.2018.09.008
3. Meng L, Xie H, Li Z, Tye KD, Fan G, Huang T, *et al*. Gut-mammary pathway: breast milk microbiota as a mediator of maternal gut microbiota transfer to the infant gut. J Funct Foods. 2025; 124:106620. doi: 10.1016/j.jff.2024.106620
4. Laursen MF, Pekmez CT, Larsson MW, Lind MV, Yonemitsu C, Larnkjær A, *et al*. Maternal milk microbiota and oligosaccharides contribute to the infant gut microbiota assembly. ISME Commun. 2021;1(1):21. doi:10.1038/s43705-021-00021-3
5. Dombrowska-Pali A, Wiktorczyk-Kapischke N, Chrustek A, Olszewska-Słonina D, Gospodarek-Komkowska E, Socha MW. Human milk microbiome—a review of scientific reports. Nutrients. 2024;16(10):1420. doi:10.3390/nu16101420
6. Vázquez-Frías R, Ladino L, Bagés-Mesa MC, Hernández-Rosiles V, Ochoa-Ortiz E, Alomía 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. doi: 10.1016/j.rgmx.2022.11.001
7. Taylor R, Keane D, Borrego P, Arcaro K. Effect of maternal diet on maternal milk and breastfed infant gut microbiomes: a scoping review. Nutrients. 2023;15(6):1420. doi:10.3390/nu15061420
8. Padilha M, Danneskiold-Samsøe NB, Brejnrod A, Hoffmann C, Cabral VP, Iaucci JM, *et al*. The human milk microbiota is modulated by maternal diet. Microorganisms. 2019;7(11):502. doi:10.3390/microorganisms7110502
9. Londoño-Sierra DC, Mesa V, Guzmán NC, Bolívar-Parra L, Montoya-Campuzano OI, Restrepo-Mesa SL. Maternal diet may modulate breast milk microbiota—a case study in a group of Colombian women. Microorganisms. 2023;11(7):1812. doi:10.3390/microorganisms11071812
10. Cortes-Macías E, Selma-Royo M, García-Mantrana I, Calatayud M, González S, Martínez-Costa C, *et al*. Maternal diet shapes the breast milk microbiota composition and diversity: impact of mode of delivery and antibiotic exposure. J Nutr. 2021;151(2):330-40. doi:10.1093/jn/nxaa310
11. Shenker NS, Perdones-Montero A, Burke A, Stickland S, McDonald JAK, Alexander-Hardiman K, *et al*. Metabolomic and metataxonomic fingerprinting of human milk suggests compositional stability over a natural term of breastfeeding to 24 months. Nutrients. 2020;12(11):3450. doi:10.3390/nu12113450
12. Marsh AJ, Azcarate-Peril MA, Aljumaah MR, Neville J, Perrin MT, Dean LL, *et al*. Fatty acid profile driven by maternal diet is associated with the composition of human milk microbiota. Front Microbiomes. 2022;1. doi:10.3389/frmbi.2022.1041752
13. Correa-Madrid MC, Cediel G. Momentos alimentarios y consumo de productos ultraprocesados durante el día, Antioquia, Colombia. Arch Latinoam Nutr. 2024;73(S2):24-34. doi:10.37527/2023.73. S2.004
14. Bolte LA, Vich Vila A, Imhann F, Collij V, Gacesa R, Peters V, *et al*. Long-term dietary patterns are associated with pro-inflammatory and anti-inflammatory features of the gut microbiome. Gut. 2021;70(7):1287-98. doi:10.1136/gutjnl-2020-322670
15. Turpin W, Dong M, Sasson G, Raygoza Garay JA, Espin-Garcia O, Lee SH, *et al*. Mediterranean-like dietary pattern associations with gut microbiome composition and subclinical gastrointestinal inflammation. Gastroenterology. 2022;163(3):685-98. doi: 10.1053/j.gastro.2022.05.037
16. Di Vincenzo F, Del Gaudio A, Petito V, Lopetuso LR, Scaldaferri F. Gut microbiota, intestinal permeability, and systemic inflammation: a narrative review. Intern Emerg Med. 2024;19(2):275-93. doi:10.1007/s11739-023-03374-w
17. Londoño Cano E, Calvo Betancur VD, Restrepo Mesa SL. Factores asociados al estado nutricional en un grupo de mujeres lactantes de Antioquia, Colombia. Rev Fac Nac Salud Publica. 2022;40(3):e346933. doi: 10.17533/udea.rfnsp.e346933
18. Arias-Gutiérrez MJ, Londoño-Sierra DC, Correa-Guzmán N, Restrepo-Mesa SL. Evaluación de ingesta dietética en un grupo de mujeres lactantes en dos poblaciones de Antioquia, Colombia, 2021-2022. Rev Colomb Obstet Ginecol. 2023;74(3):214-24. doi:10.18597/rcog.4025
19. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria (ELCSA): manual de uso y aplicaciones. Rome: FAO; 2012.
20. Ferrari M. Intake estimation by means of a 24-hour recall. Diaeta. 2013;31(143).
21. Manjarrés Correa LM, Hernández J, Cárdenas D. Métodos para precisar la recolección de la ingesta dietética en estudios poblacionales. Perspect Nutr Humana. 2007;9(2):155-63.
22. Manjarrés Correa LM. Métodos para precisar la recolección de la ingesta dietética en estudios poblacionales. Perspect Nutr Humana. 2011;9(2):155-63. doi: 10.17533/udea.penh.9353
23. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. Encuesta nacional de la situación nutricional en Colombia (ENSIN 2015). Bogotá: ICBF; 2019.
24. Institute of Medicine. Dietary reference intakes: applications in dietary assessment. Washington (DC): National Academy Press; 2000.
25. Cadavid MA, Restrepo LM, Rivillas YA, Sepúlveda LM. Concordancia entre el peso directo de porciones de alimentos ingeridas y la estimación de pesos con ayuda de figuras geométricas. Perspect Nutr Humana. 2006;15(1):31-43.
26. World Health Organization. Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Geneva: WHO; 1995.
27. Manjarrés LM, Hernández JP, Cárdenas DL. Programa de evaluación de ingesta dietética (EVINDI) v5. Medellín: Universidad de Antioquia; 2015.
28. Carriquiry A. PC-SIDE software for intake distribution estimation. Iowa State University.

29. Monteiro CA, Cannon G, Moubarac JC, Levy RB, Louzada ML, Jaime PC. The UN decade of nutrition, the NOVA food classification and the trouble with ultra-processing. Public Health Nutr. 2018;21(1):5-17. doi:10.1017/S1368980017000234
30. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, FAO. Guías alimentarias basadas en alimentos para mujeres gestantes y madres en lactancia. Bogotá; 2018.
31. Correa-Madrid MC, Correa Guzmán N, Bergeron G, Restrepo-Mesa SL, Cediel G. Validation of the NOVA score for the consumption of ultra-processed foods by young women of Medellín, Colombia. Ann N Y Acad Sci. 2023;1528(1):69-76. doi:10.1111/nyas.15054
32. Restrepo-Mesa SL, Correa Guzmán N, Manjarrés Correa LM, Duque Franco L, Bergeron G. Food and nutrient intake of adolescent women in Medellín, Colombia. Ann N Y Acad Sci. 2023;1528(1):77-84. doi:10.1111/nyas.15047
33. Correa Guzmán N, Sepúlveda Herrera DM, Restrepo Mesa SL, Cárdenas Sánchez DL, Mendoza Uribe AF, Manjarrés Correa LM. Ingesta dietética y patrón alimentario de mujeres gestantes y lactantes indígenas de Colombia. Rev Fac Nac Salud Publica. 2023;41(3):e352497. doi: 10.17533/udea.rfnsp.e352497
34. Bolyen E, Rideout JR, Dillon MR, Bokulich NA, Abnet CC, Al-Ghalith GA, *et al*. Reproducible, interactive, scalable and extensible microbiome data science using QIIME 2. Nat Biotechnol. 2019;37(8):852-7. doi:10.1038/s41587-019-0209-9
35. Callahan BJ, McMurdie PJ, Rosen MJ, Han AW, Johnson AJA, Holmes SP. DADA2: high-resolution sample inference from Illumina amplicon data. Nat Methods. 2016;13(7):581-3. doi:10.1038/nmeth.3869
36. Rognes T, Flouri T, Nichols B, Quince C, Mahé F. VSEARCH: a versatile open source tool for metagenomics. PeerJ. 2016;4:e2584. doi:10.7717/peerj.2584
37. Glöckner FO, Yilmaz P, Quast C, Gerken J, Beccati A, Ciuprina A, *et al*. 25 years of serving the community with ribosomal RNA gene reference databases and tools. J Biotechnol. 2017; 261:169-76. doi: 10.1016/j.jbiotec.2017.06.1198
38. Stuivenberg GA, Burton JP, Bron PA, Reid G. Why are bifidobacteria important for infants? Microorganisms. 2022;10(2):278. doi:10.3390/microorganisms10020278
39. Ventura-León J. Pearson winsorizado: un coeficiente robusto para las correlaciones con muestras pequeñas. Rev Chil Pediatr. 2020;91(4):642-3.
40. Aslam H, Marx W, Rocks T, Loughman A, Chandrasekaran V, Ruusunen A, *et al*. The effects of dairy and dairy derivatives on the gut microbiota: a systematic literature review. Gut Microbes. 2020;12(1):1799533. doi:10.1080/19490976.2020.1799533
41. Costa de Almeida T, Sabino YNV, Brasiel PGA, Rocha BMO, Alpino GCA, Rocha VN, *et al*. Maternal kefir intake during lactation impacts the breast milk and gut microbiota of Wistar rat offspring. Int J Food Sci Nutr. 2025. doi:10.1080/09637486.2025.2461142
42. Fan HY, Tung YT, Yang YC, Hsu JB, Lee CY, Chang TH, *et al*. Maternal vegetable and fruit consumption during pregnancy and its effects on infant gut microbiome. Nutrients. 2021;13(5):1559. doi:10.3390/nu13051559
43. Saturio S, Nogacka AM, Alvarado-Jasso GM, Salazar N, de los Reyes-Gavilán CG, Gueimonde M, *et al*. Role of bifidobacteria on infant health. Microorganisms. 2021;9(12):2415. doi:10.3390/microorganisms9122415
44. Chu DM, Antony KM, Ma J, Prince AL, Showalter L, Moller M, *et al*. The early infant gut microbiome varies in association with a maternal high-fat diet. Genome Med. 2016; 8:77. doi:10.1186/s13073-016-0330-z
45. Beller L, Deboutte W, Falony G, Vieira-Silva S, Tito RY, Valles-Colomer M, *et al*. Successional stages in infant gut microbiota maturation. mBio. 2021;12(6). doi:10.1128/mBio.01857-21
46. Arrieta MC. Microbiome maturation trajectory and key milestones in early life. Ann Nutr Metab. 2025. doi:10.1159/000543754
47. Jian C, Carpén N, Helve O, de Vos WM, Korpela K, Salonen A. Early-life gut microbiota and its connection to metabolic health in children. EBioMedicine. 2021; 69:103475. doi: 10.1016/j.ebiom.2021.103475
48. Ou Y, Belzer C, Smidt H, de Weerth C. Development of the gut microbiota in healthy children in the first ten years of life. Gut Microbes. 2022;14(1). doi:10.1080/19490976.2022.2038853
49. Han J, Huang C, Meng L, Wu H, Meng D. Children with idiopathic short stature exhibit similar changes in gut microbiota. Endocr J. 2025;72(7). doi:10.1507/endocrj. EJ24-0615
50. Gil Gallego MT, Sánchez Moya T, Anishchenko Halkina S, Chaowdhary Beauty NJ, Lorenzo Quijada M, Doménech Asensi G. Influencia de la dieta materna en la composición de la leche materna. Rev Esp Nutr Comunitaria. 2025;31(1):45-54. doi:10.63474/renc.v31i1.6
51. Gobernación de Antioquia, Universidad de Antioquia. Perfil de seguridad alimentaria y nutricional de Antioquia. Medellín; 2019.
52. Oliveira PG, Sousa JM, Assunção DGF, Araujo EKS, Bezerra DS, Dametto JF, *et al*. Impacts of consumption of ultra-processed foods on maternal-child health: a systematic review. Front Nutr. 2022;9. doi:10.3389/fnut.2022.821657
53. Morales-Suarez-Varela M, Rocha-Velasco OA. Impact of ultra-processed food consumption during pregnancy on maternal and child health outcomes. Clin Nutr ESPEN. 2025; 65:288-304. doi: 10.1016/j.clnesp.2024.12.006
54. Bevilacqua A, Speranza B, Racioppo A, Santillo A, Albenzio M, Derossi A, *et al*. Ultra-processed food and gut microbiota: do additives affect eubiosis? Nutrients. 2025;17(1):2. doi:10.3390/nu17010002
55. Rizzatti G, Lopetuso LR, Gibiino G, Binda C, Gasbarrini A. Proteobacteria: a common factor in human diseases. Biomed Res Int. 2017; 2017:9351507. doi:10.1155/2017/9351507

56. Turroni F, Milani C, Duranti S, Lugli GA, Bernasconi S, Margolles A, *et al*. The infant gut microbiome as a microbial organ influencing host well-being. Ital J Pediatr. 2020;46(1):16. doi:10.1186/s13052-020-0781-0
57. Zhou H, Huang D, Sun Z, Chen X. Effects of intestinal Desulfovibrio bacteria on host health and its potential regulatory strategies. Microbiol Res. 2024; 284:127725. doi: 10.1016/j.micres.2024.127725
58. Huerta-Ávila EE, Ramírez-Silva I, Torres-Sánchez LE, Díaz-Benítez CE, Orbe-Orihuela YC, Lagunas-Martínez A, *et al*. High Relative Abundance of Lactobacillus reuteri and Fructose Intake are Associated with Adiposity and Cardiometabolic Risk Factors in Children from Mexico City. Nutrients.2019;11(6):1207. doi: 10.3390/nu11061207. PMID: 31141963.

Recibido: 09/10/2025
Aceptado: 06/03/2026

ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICIÓN
Revista de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición
https://doi.org/10.37527/2026.76.2.003
Publicado: 15/06/2026

Vol. 76 N° 2; abril - junio 2026
Artículo Original

Gaps Between micronutrient Intake and prenatal Supplement formulations in Latin American women of childbearing age

Martha Cecilia Yépez-Garcia[1], *Marianella Herrera-Cuenca*[2,3,4], *Lilia Yadira Cortes-Sanabria*[5], *Jessica Lorenzo*[6], *Mary Weiler*[7], *Georgina Gomez-Salas*[8], *Irina Kovalskys*[9], *Mauro Fisberg*[10,11], *Rossina Pareja*[12], *Attilio Rigotti*[13], *Daniel Albuja*[14], *Pablo Hernandez-Rivas*[15].

Abstract: Introduction: Supplementation with key nutrients has been an effective strategy to meet nutritional requirements, particularly when diets alone are insufficient to fulfill needs or correct existing deficiencies. However, micronutrient deficiencies among women of childbearing age in Latin America remain a significant public health challenge, especially during the preconception period, when nutritional status critically influences maternal and fetal outcomes. **Objective:** This study aimed to analyze the micronutrient composition of commonly prescribed prenatal supplements in countries participating in the ELANS and compare it with dietary intake among women of childbearing age to identify relevant nutritional gaps relevant. **Materials and methods.** Commonly prescribed prenatal supplements in the ELANS countries were analyzed and compared with previously reported dietary intake data. A population-level model was used to estimate total micronutrient intake under a supplementation scenario. **Results.** Significant micronutrient gaps were identified, particularly for calcium, vitamin D, vitamin E, and choline. Choline intake was markedly inadequate, and none of the evaluated supplements contained this nutrient. While supplementation improved coverage for some micronutrients, it also led to potentially excessive intake of others, including iron and several B-complex vitamins. Substantial variability in supplement composition was observed across countries **Conclusions.** These findings reveal a mismatch between prenatal supplement composition and population nutritional needs, characterized by the coexistence of deficiencies and potential excesses. Tailored, evidence-based supplementation strategies are needed to better align regional nutritional gaps. **Arch Latinoam Nutr 2026; 76(2): 91-107.**

Keywords: Women of childbearing age, Latin America, ELANS, Pre-natal Supplements.

Resumen: Brechas entre la ingesta de micronutrientes y la formulación de suplementos prenatales en mujeres latinoamericanas en edad fértil. Introducción: la suplementación ha sido una estrategia eficaz para cubrir los requerimientos nutricionales, especialmente cuando la dieta por si sola no logra satisfacer las necesidades ni corregir deficiencias existentes. Sin embargo, las deficiencias de micronutrientes en mujeres en edad fértil en Latinoamérica siguen siendo un importante problema de salud pública, particularmente durante el período preconcepcional, cuando el estado nutricional influye de manera crítica en los resultados maternos y fetales. **Objetivo.** Analizar la composición de micronutrientes de los suplementos prenatales comúnmente prescritos en países participantes del ELANS y compararla con la ingesta dietaría en mujeres en edad fértil, con el fin de identificar brechas nutricionales. **Materiales y métodos.** Se analizaron los suplementos prenatales comúnmente prescritos en los países del ELANS y se compararon con los datos de ingesta dietaría previamente reportados. Se aplicó un modelo a nivel poblacional para estimar la ingesta total bajo un escenario de suplementación. **Resultados.** Se identificaron brechas importantes, especialmente en calcio, vitamina D, vitamina E y colina. La colina fue insuficiente, y no estuvo presente en los suplementos evaluados. La suplementación mejoró la cobertura de algunos micronutrientes, y en otros genero excesos potenciales, como hierro y vitaminas del complejo B. Se observó una considerable variabilidad en la composición de los suplementos entre países. **Conclusiones.** Existe un desajuste entre la composición de los suplementos prenatales y las necesidades nutricionales, con coexistencia de deficiencia y posibles excesos. Se requieren estrategias de suplementación basadas en evidencia y adaptadas al contexto regional. **Arch Latinoam Nutr 2026; 76(2): 91-107.**

Palabras clave: mujeres en edad fértil, América Latina, ELANS, Suplementos prenatales.

[1]Colegio de Ciencias de la Salud, Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador. [2]Centro de Estudios del Desarrollo, Universidad Central de Venezuela (CENDES - UCV), Caracas, Venezuela. [3] Fundación Bengoa, Caracas, Venezuela. [4] Department of Nutrition and Health, Framingham State University, Framingham, MA, USA. [5] Departamento de Nutrición y Bioquímica, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. [6]International Nutrition Science & Global Platforms Innovation & Research. Abbott. Nutrition International. Buenos Aires, Argentina. [7] etired Nutrition Scientist, Registered dietitian. US. [8] Departamento de Bioquímica, Escuela de Medicina, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. [9]Carrera de Nutrición, Facultad de Ciencias Médicas, Pontificia Universidad Católica Argentina, Buenos Aires, Argentina. [10]Centro de Excelencia em Nutricao e Dificuldades Alimentaes (CENDA), Instituto Pensi, Fundacao José Luiz Egydio Setubal, Hospital Infantil Sabará, Sao Paulo, Brazil. [11]Departamento de Pediatria, Universidade Federal de Sao Paulo, Sao Paulo 04023-061, Brazil. [12] Department of Nutrition and Health, Instituto de Investigación Nutricional, La Molina 15026, Perú. [13] Centro de Nutrición Molecular y Enfermedades Crónicas, Departamento de Nutrición, Diabetes y Metabolismo, Escuela de Medicina, Pontificia Universidad Católica, Santiago 8330024, Chile. [14] Daniel Albuja Colegio de Ciencias , Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador. [15] Escuela de Nutrición y Dietética, Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. Autor para la correspondencia: Marianella Herrera, e-mail: manyma@gmail.com

Introduction

Meeting pregnancy micronutrients requirement through diet alone remains challenging, as dietary patterns often do not change during this period. Deficiencies in key micronutrients such as iron, calcium, folic acid, vitamin D, and copper persists even in populations with adequate food access (1,2), and are exacerbated by the high prevalence of unplanned pregnancies (3,4), This underscores the importance of preconception micronutrient status for pregnancy outcomes (5,6), as well as its influence on infant health during early life, given the limited bioavailability of some micronutrients such as iron and iodine in breast milk (6). From a Developmental Origins of Health and Disease (DOHaD) perspective, nutrition during preconception and pregnancy is critical for fetal development and long-term health, with suboptimal maternal micronutrient status linked to increased risk of chronic non-communicable diseases later in life (5).

Latin America continues to face a high burden of micronutrient inadequacy among women of childbearing age (WCA) despite fortification and supplementation programs. Anemia remains prevalent, and intakes of key micronutrients as calcium, vitamin D, vitamin E, choline, and long-chain omega-3 fatty acids are persistently low (7–10), coexisting with excess sodium intake and increasing overweight prevalence. Micronutrient adequacy is strongly influence by socioeconomic and behavioral factors, particularly dietary diversity, a key predictor of micronutrient adequacy in WCA (11–13), highlighting the need to evaluate whether prenatal supplementation effectively addresses population-specific nutritional gaps (14).

Population-level interventions, such as folic acid fortification, have demonstrate success in reducing neural tube defects (15,16), however, the implementation of WHO multiple micronutrient supplementation (MMS) recommendations has been slow in the region (17). Given that preconception nutritional status underpins pregnancy outcomes and dietary patterns trend to persist during gestation (17), there is a need to evaluated whether current prenatal supplements adequately address documented nutrient gaps (6,14,18). This study aimed to evaluate the micronutrient composition of commonly prescribed prenatal supplements in the ELANS countries and compare them with dietary intake and dietary diversity reported for WCA to identify gaps relevant for public health interventions.

Materials and methods

The ELANS study was designed as a cross-sectional, multicenter, household-based survey conducted between 2014 and 2015 in eight Latin American countries: Argentina, Brazil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Peru and Venezuela. Its primary objective was to assess dietary patterns and micronutrient adequacy among urban residents aged 15-65 years. A multistage, stratified random sampling design was applied, ensuring representation by geographic region, sex, age, and socioeconomic status, with a maximum sampling error of 3.49% at a 5% significance level. From a total of 9,218 participants, this analysis included 3,704 non-pregnant, non-lactating women of childbearing age (15-49 years) (19), to characterize usual preconception micronutrient intake.

Dietary intake data was assessed using two non-consecutive 24-hour dietary recalls administered up to eight days apart and distributed across weekdays and weekends to capture intra-individual variability. Trained interviewers applied the United States Department of Agriculture's (USDA) five-step multiple-pass method, and portion sizes were estimated using country-specific photographic atlases and standardized household measures. Foods items were coded and linked to the Nutrition Data System for Research (NDS-R 2014), which provided estimates of energy and nutrient intake. Usual intake distribution was estimated using the Multiple Source Method (MSM) (https://msm.dife.de/tps/en), developed within the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) to adjust for within-person variability. Micronutrient intake were energy-adjusted (expressed per 1000 kcal) to account for total energy intake and reduce potential bias from misreporting (18,20).

Dietary diversity was assessed based on the number of food groups consumed, with the intake of five or more food groups indicating a diverse diet. This indicator was

used to characterize dietary patterns and vulnerability to micronutrient inadequacy among WCA (7). For the supplementation analysis, scenarios were applied uniformly across the population to reflect routine clinical practice, in which prenatal supplements are typically prescribed at fixed doses regardless of individual dietary diversity. The potential differential effects of supplementation according to dietary diversity are acknowledged as a study limitation.

Information on prenatal supplementation was obtained from each ELANS country's Principal Investigator (PI), who identified the most commonly prescribed supplements based on experts' clinical practice (Supplement 1). The micronutrient composition and dosage of each supplement were verified using product labels and official technical datasheets. Supplement formulations varied across the countries, reflecting differences in product composition and dosing.

The analytical approach for supplement evaluation was adapted from DeSalvo el al. (21). Mean usual micronutrient intake derived from the ELANS dataset (7) was combined with the micronutrient composition of a representative prenatal supplement for each country, modeling a population-level supplementation scenario rather than individual intake. Total micronutrient intake (diet plus supplementation) was compared with Estimated Average Requirements (EARs), Adequate Intakes (IAs), and Tolerable Upper Intake Levels (Uls), when available, to estimate the proportion of women meeting recommendations and those potentially exceeding Uls under a daily supplementation. The model assumes full adherence to daily supplement use at recommended dosage. Supplement-derived nutrients were not energy-adjusted, and no assumptions were made regarding bioavailability across countries. These assumptions, while allowing standardized comparation, may not reflect real-world supplementation practices and are acknowledged as study limitation.

All procedures were approved by the Western Institutional Review Board (protocol #20140605) and by local ethics committees in each participating country. All participants provided written informed consent prior to data collection (22).

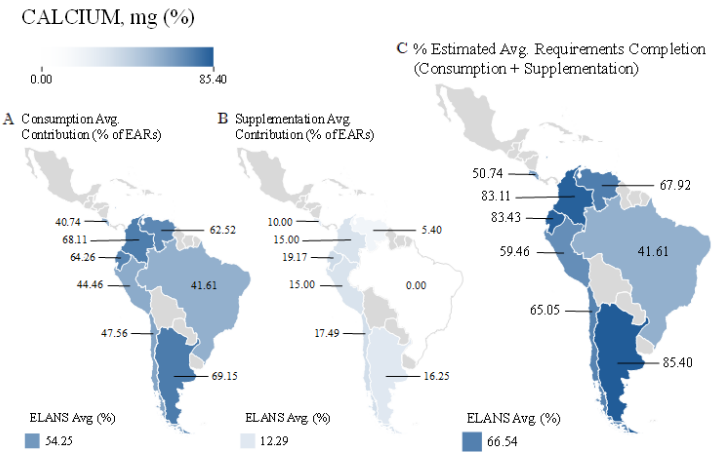


Figure 1. A) Average dietary calcium intake, (B) Contribution provided by the most consumed supplements per country, and combined values expressed as a percentage of (C) Estimated Average Requirements (%EARs)

Results

Detailed country-specific results for micronutrient intake are presented in Supplementary Tables 2, 3 (processed data) and Supplementary Tables 4, 5 (raw means and standard errors), with the key findings illustrated in Figures 1–7.

Prenatal supplement formulations show substantial variability across ELANS countries particularly in the content of key micronutrients as iron, calcium, magnesium, long-chain omega-3 fatty acids, and fat-soluble vitamins.

1. Minerals

Calcium. Mean dietary calcium intake was 542.5 mg (54.3% of recommendations), increasing to 66.5% with supplementation, remaining bellow adequacy in all countries. At the country level, supplementation improved intake but did not meet recommendations. Higher coverage was observed in Argentina, Colombia, and Ecuador (approaching approximately 85%), while Venezuela reached 67.9%. In contrast, Chile, Peru, Brazil, and Costa Rica remained below 65% even after supplementation (Figure 1).

Iron. Mean dietary iron intake was 12.3 mg (68.3%), increasing to 263.3% with supplementation, exceeding recommended levels and the tolerable upper intake level (UL).

Table 1. Composition of most commonly prescribed prenatal supplements by ELANS country

	Supplements	Thiamine (mg)	Riboflavin (mg)	Niacin (mg)	Pyridoxine (mg)	Cobalamin (µg)	Vitamin A (mcg)	Vitamin D (µg)	Vitamin E (mg)	Vitamin C (mg)	Calcium (mg)	DHA (mg)	EPA (mg)	Omega 3 (mg)	Magnesium (mg)	Iron (mg)	Zinc (mg)	Phosphorus (mg)	Copper (mg)	Selenium (mg)
Argentina	ARSU1	1,4	1,4	18	1,9	2,6	1600	10	20	100	200	105	20	135	100	81	7,5	0	0	0
	ARSU2	1,6	1,8	19	2,6	4	1200	12,5	15	100	125,0	0	0	0	100	60	7,5	125	1	0
Brasil	BRSU1	3	3,4	17	4	2,2	799,2	10	4,5	70	0	0	0	0	0	30	15	0	0	0
	BRSU2	1,4	1,4	18	1,9	2,6	800	0	10	55	0	250	50	0	75	20	15	0	0	0,03
	BRSU3	1,2	1,3	30	1,3	2,4	600	20	10	45	0	200	0	0,3	0	27	2,5	0	0,9	0
Chile	CHISU1	1,6	1,8	19	2,6	4	22000	2,5	15	100	124,6	0	0	0	100	60	7,5	125	1	0
	CHISU2	1,7	2	20	2,5	8	650	10	20,1	60	250	200	35	0	50	28	15	0	2	0
	CHISU3	1,4	1,6	18	2	2,8	650	15	19	85	150		200	35	235	27	13	1,3	0	0
Colombia	COSU1	3	3,4	17	4	2,2	799,2	10	10	70	0	125	0	0	0	30	15	0	0	0
	COSU2	1,7	2	20	2,5	8	1200	10	13,5	60	200	200	35	235	50	28	15	0	2	0
	COSU3	1,7	2	20	2,5	8	650	10	20,1	60	250	200	35	0	50	28	15	0	2	0
Costa Rica	CRSU1	3	3,4	17	4	2,2	799,2	10	10	70	125	0	0	0	0	30	15	0	0	0
	CRSU2	3	3,4	17	4	2,2	510	10	4,5	70	125	150	0	0	0	30	15	0	0	0
	CRSU3	1,7	2	20	8	8	0	0	0	60	50	0	0	0	0	3	0	0	0	0
Ecuador	ECUSU1	1,1	1,4	16	1,4	2,5	800	5	12	80	200	240	240	0	0	14	10	0	1	0,02
	ECUSU2	3	3,4	17	4	2,2	799,2	10	10	70	125	0	0	0	0	30	15	0	0	0
	ECUSU3	1,5	2	20	2	3	2000	100	30	100	250	0	0	0	50	45	25		0,002	0,025
Perú	PESU1	1,6	1,8	19	2,6	4	1200	12,5	15	100	125,0	0	0	0	100	60	7,5	125	1	0
	PESU2	3	3,4	17	4	2,2	510	10	4,5	70	125	150	0	0	0	30	15	0	0	0
	PESU3	1,5	1,7	18	2,6	4	1200	10	11	100	200	0	0	0	0	60	25	0	0	0
Venezuela	VESU1	1,4	1,6	10	2	1	400	0	10	70	0	0	0	275	100	14	15	0	0	0
	VESU2	1,45	1,6	18	2	2,6	0	0	10,05	60	0	0	0	320	75	27	10	0	1	0,059
	VESU3	1,40	1,6	18	2	1	399,6	5	6,7	60	162	0	0	0	50	10	5	125	0,5	0,03

Although dietary intake varied (50.0% in Brazil to 83.9% in Colombia), total intake surpassed recommendations in all countries, ranging from 163.3% in Venezuela to 463.9% in Argentina, reflecting substantial variability supplement composition (Figure 2).

Magnesium. Dietary intake averaged 220.8 mg (84.9%), reaching 104.7% with supplementation. Supplement contribution varied widely across countries, with no inclusion in supplementation in Costa Rica and the highest contribution observed in Argentina (Figure 3).

Zinc, phosphorus, copper, and selenium. Dietary intake of these minerals exceeded recommended levels across the region and increase further with supplementation. Zinc reached 338.2% of recommendations with supplementation, phosphorus increase slightly from 167.9% to 172%, and copper rose from 200% to 271.4%. Selenium intake was already high from diet alone (241.6%) without supplementation.

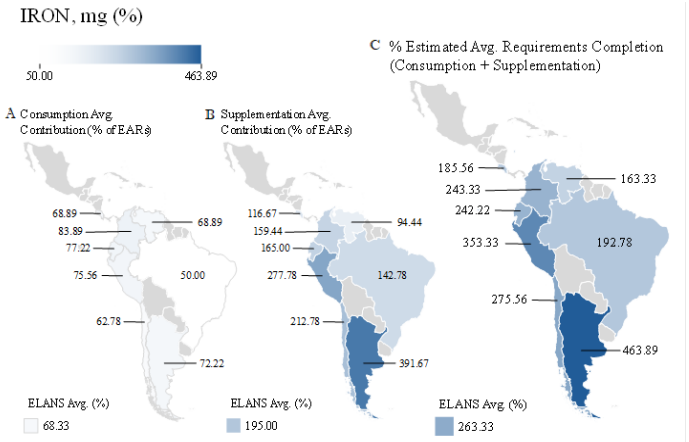


Figure 2. A) Average dietary iron intake, (B) Contribution provided by the most consumed supplements by country, and combined values expressed as a percentage of (C) Estimated Average Requirements (%EARs)

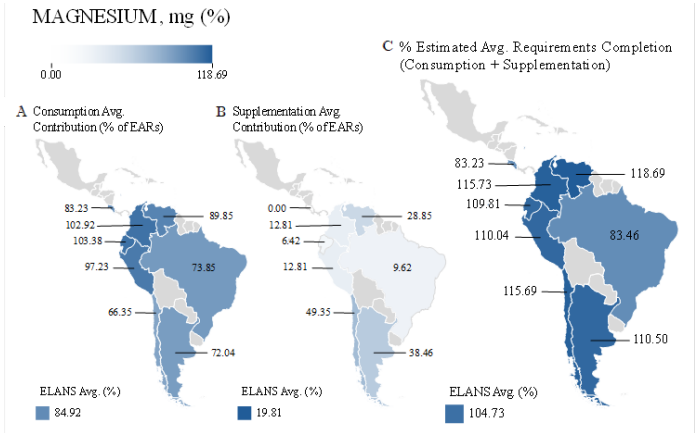


Figure 3. (A) Average dietary magnesium intake, (B)Contribution provided by the most consumed supplements by country, and combined values expressed as a percentage of (C) Estimated Average Requirements (%EARs)

Overall, supplementation further increased already excessive intakes, approaching or exceeding ULs and increasing potential health risk (Figures 4-5).

2. Fat-soluble vitamins

Vitamin A. Mean dietary intake was 575.6 µg (82.2%), increasing to 208.2% with supplementation and exceeding the UL. Only Colombia met requirements through diet alone, while Chile showed the lowest intake. Supplementation resulted in excessive intake across all countries.

Vitamin D. Dietary intake was low (3.5 µg; 23.3%), but increased to 104.7% with supplementation. Intake varied across countries, and was higher

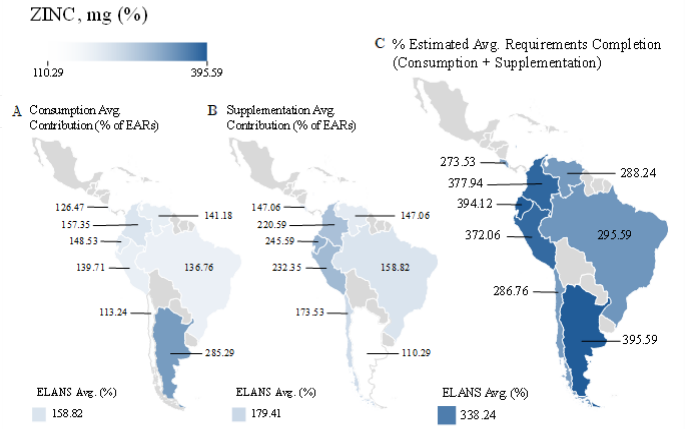


Figure 4. (A) Average dietary zinc intake, (B) Contribution provided by the most consumed supplements by country, and combined values expressed as a percentage of (C) Estimated Average Requirements (%EARs).

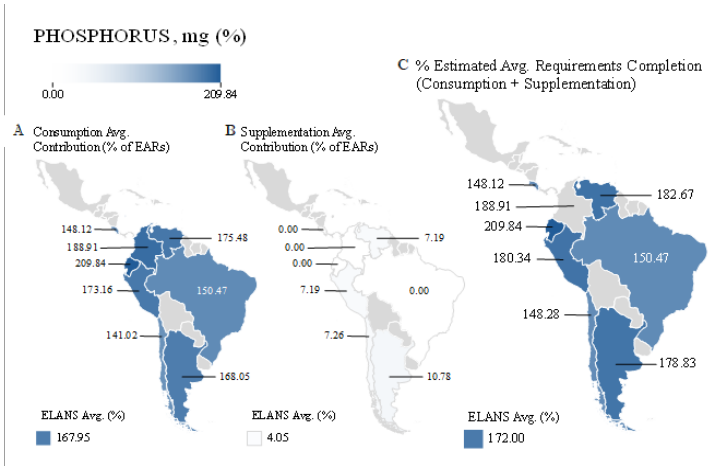


Figure 5. (A) Average dietary phosphorus intake, (B)Contribution provided by the most consumed supplements per country, and combined values expressed as a percentage of (C) Estimated Average Requirements (%EARs).

in Ecuador, Peru, and Colombia, and lower in Brazil and Costa Rica.

Vitamin E. Mean dietary intake was minimal (0.4 mg; 2.7%), rising to 85.3% with supplementation. Adequacy was achieved in some countries (Chile, Argentina, Ecuador, and Colombia), but intake remained insufficient in Peru, Venezuela, Brazil, and Costa Rica.

3. Water-soluble vitamins

Vitamin C. Mean intake was 125.9 mg (100.8%), indicating overall adequacy, although Costa Rica, Chile, and Argentina remained below recommendations. Supplementation increased intake above recommended levels across all countries.

B-complex vitamins. Dietary intake was already high for all B vitamins, including cobalamin (162.5%), niacin (151.4%), pyridoxine (123.1%), riboflavin (136.4%), and thiamine (145.5%). Supplementation further increased total intake, exceeding 280% of recommendations across these vitamins (Figure 6).

4. Other compounds

DHA, EPA, and omega-3 fatty acids. Intake of long-chain omega-3 fatty acids (DHA and EPA) was quantified, although no reference values for adequacy were applied. Prenatal supplements contributed relevant amounts, substantially increasing total intake.

Choline. Mean dietary intake was 305 mg (71.8% of recommendations), with no contribution from prenatal supplements. Intake was lowest in Chile and remained below recommendations across all countries (Figure 7).

Overall findings. Across ELANS countries, multiple micronutrient inadequacies were identified from diet alone, particularly for calcium, vitamin D, vitamin E, and choline. While prenatal supplementation improved intake for several nutrients, it frequently resulted in excessive intake, especially for iron, vitamin A, zinc, and B-complex vitamins. These findings highlight the coexistence of nutrient deficiencies and potential risk of excessive intake under current supplementation practices.

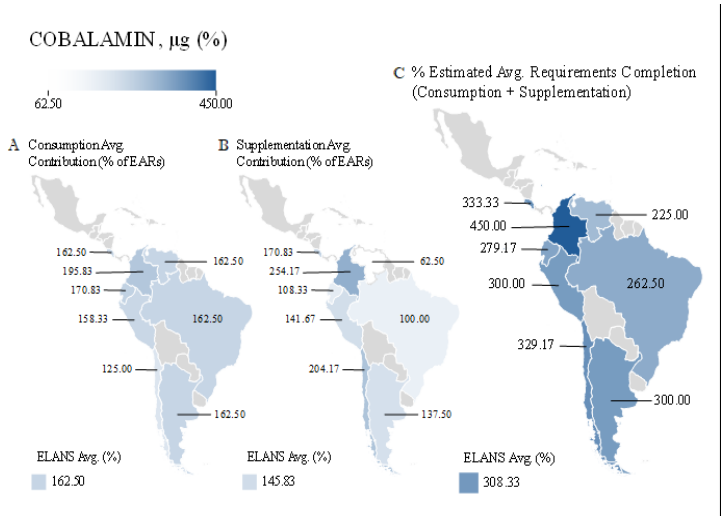


Figure 6. (A) Average dietary cobalamin intake, (B) Contribution provided by the most consumed supplements per country, and combined values expressed as a percentage of (C) Estimated Average Requirements (%EARs)

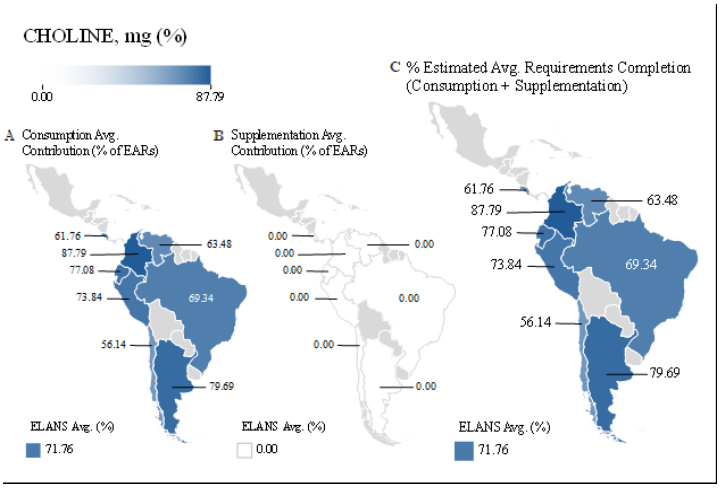


Figure 7. (A) Average dietary choline intake, (B) Contribution provided by the most consumed supplements per country, and combined values expressed as a percentage of (C) Estimated Average Requirements (%EARs).

Table 2: Micronutrient Consumption, Supplementation, and Total Coverage as a Percentage of EARs

Measured Location	Micronutrient	EARs (100%)	Consumption Average Contribution (% of EARs)	Supplementation Average Contribution (% of EARs)	Percentage of EARs Covered (Consumption + Supplementation Contribution)
ELANS (Total)	Calcium (mg)	100.00	54.25	12.29	66.54
Argentina	Calcium (mg)	100.00	69.15	16.25	85.40
Brazil	Calcium (mg)	100.00	41.61	0.00	41.61
Chile	Calcium (mg)	100.00	47.56	17.49	65.05
Colombia	Calcium (mg)	100.00	68.11	15.00	83.11
Costa Rica	Calcium (mg)	100.00	40.74	10.00	50.74
Ecuador	Calcium (mg)	100.00	64.26	19.17	83.43
Peru	Calcium (mg)	100.00	44.46	15.00	59.46
Venezuela	Calcium (mg)	100.00	62.52	5.40	67.92
ELANS (Total)	Iron (mg)	100.00	68.33	195.00	263.33
Argentina	Iron (mg)	100.00	72.22	391.67	463.89
Brazil	Iron (mg)	100.00	50.00	142.78	192.78
Chile	Iron (mg)	100.00	62.78	212.78	275.56
Colombia	Iron (mg)	100.00	83.89	159.44	243.33
Costa Rica	Iron (mg)	100.00	68.89	116.67	185.56
Ecuador	Iron (mg)	100.00	77.22	165.00	242.22
Peru	Iron (mg)	100.00	75.56	277.78	353.33
Venezuela	Iron (mg)	100.00	68.89	94.44	163.33
ELANS (Total)	Magnesium (mg)	100.00	84.92	19.81	104.73
Argentina	Magnesium (mg)	100.00	72.04	38.46	110.50
Brazil	Magnesium (mg)	100.00	73.85	9.62	83.46
Chile	Magnesium (mg)	100.00	66.35	49.35	115.69
Colombia	Magnesium (mg)	100.00	102.92	12.81	115.73
Costa Rica	Magnesium (mg)	100.00	83.23	0.00	83.23
Ecuador	Magnesium (mg)	100.00	103.38	6.42	109.81
Peru	Magnesium (mg)	100.00	97.23	12.81	110.04
Venezuela	Magnesium (mg)	100.00	89.85	28.85	118.69
ELANS (Total)	Zinc (mg)	100.00	158.82	179.41	338.24
Argentina	Zinc (mg)	100.00	285.29	110.29	395.59
Brazil	Zinc (mg)	100.00	136.76	158.82	295.59
Chile	Zinc (mg)	100.00	113.24	173.53	286.76
Colombia	Zinc (mg)	100.00	157.35	220.59	377.94
Costa Rica	Zinc (mg)	100.00	126.47	147.06	273.53
Ecuador	Zinc (mg)	100.00	148.53	245.59	394.12
Peru	Zinc (mg)	100.00	139.71	232.35	372.06
Venezuela	Zinc (mg)	100.00	141.18	147.06	288.24
ELANS (Total)	Phosphorus (mg)	100.00	167.95	4.05	172.00
Argentina	Phosphorus (mg)	100.00	168.05	10.78	178.83
Brazil	Phosphorus (mg)	100.00	150.47	0.00	150.47
Chile	Phosphorus (mg)	100.00	141.02	7.26	148.28
Colombia	Phosphorus (mg)	100.00	188.91	0.00	188.91
Costa Rica	Phosphorus (mg)	100.00	148.12	0.00	148.12
Ecuador	Phosphorus (mg)	100.00	209.84	0.00	209.84
Peru	Phosphorus (mg)	100.00	173.16	7.19	180.34
Venezuela	Phosphorus (mg)	100.00	175.48	7.19	182.67
ELANS (Total)	Copper (mg)	100.00	200.00	71.43	271.43
Argentina	Copper (mg)	100.00	457.14	71.43	528.57
Brazil	Copper (mg)	100.00	142.86	42.86	185.71
Chile	Copper (mg)	100.00	114.29	142.86	257.14
Colombia	Copper (mg)	100.00	185.71	185.71	371.43
Costa Rica	Copper (mg)	100.00	142.86	0.00	142.86
Ecuador	Copper (mg)	100.00	200.00	42.86	242.86
Peru	Copper (mg)	100.00	185.71	42.86	228.57
Venezuela	Copper (mg)	100.00	128.57	71.43	200.00
ELANS (Total)	Selenium (mg)	100.00	241.56	0.00	241.56
Argentina	Selenium (mg)	100.00	258.67	0.00	258.67
Brazil	Selenium (mg)	100.00	229.78	0.00	229.78
Chile	Selenium (mg)	100.00	214.67	0.00	214.67
Colombia	Selenium (mg)	100.00	242.22	0.00	242.22
Costa Rica	Selenium (mg)	100.00	204.67	0.00	204.67
Ecuador	Selenium (mg)	100.00	269.33	0.00	269.33
Peru	Selenium (mg)	100.00	272.44	0.00	272.44
Venezuela	Selenium (mg)	100.00	235.11	0.00	235.11

Table 3: Micronutrient: Consumption, Supplementation, and Total Coverage as a Percentage of EARs

Measured Location	Micronutrient	EARs (100%)	Consumption Average Contribution (% of EARs)	Supplementation Average Contribution (% of EARs)	Percentage of EARs Covered (Consumption + Supplementation Contribution)
ELANS (Total)	Vitamin A (µg)	100.00	82.23	125.99	208.21
Argentina	Vitamin A (µg)	100.00	76.09	200.00	276.09
Brazil	Vitamin A (µg)	100.00	72.26	104.73	176.99
Chile	Vitamin A (µg)	100.00	71.19	166.67	237.86
Colombia	Vitamin A (µg)	100.00	105.64	126.16	231.80
Costa Rica	Vitamin A (µg)	100.00	93.84	62.34	156.19
Ecuador	Vitamin A (µg)	100.00	85.79	171.39	257.17
Peru	Vitamin A (µg)	100.00	93.69	138.57	232.26
Venezuela	Vitamin A (µg)	100.00	69.04	38.07	107.11
ELANS (Total)	Vitamin D (µg)	100.00	23.33	81.33	104.67
Argentina	Vitamin D (µg)	100.00	20.67	75.00	95.67
Brazil	Vitamin D (µg)	100.00	12.67	66.67	79.33
Chile	Vitamin D (µg)	100.00	20.00	61.33	81.33
Colombia	Vitamin D (µg)	100.00	30.67	66.67	97.33
Costa Rica	Vitamin D (µg)	100.00	17.33	44.67	62.00
Ecuador	Vitamin D (µg)	100.00	40.00	255.33	295.33
Peru	Vitamin D (µg)	100.00	35.33	72.00	107.33
Venezuela	Vitamin D (µg)	100.00	18.00	11.33	29.33
ELANS (Total)	Vitamin E (mg)	100.00	2.67	82.67	85.33
Argentina	Vitamin E (mg)	100.00	3.33	116.67	120.00
Brazil	Vitamin E (mg)	100.00	1.33	54.67	56.00
Chile	Vitamin E (mg)	100.00	2.00	120.00	122.00
Colombia	Vitamin E (mg)	100.00	3.33	96.67	100.00
Costa Rica	Vitamin E (mg)	100.00	2.00	32.00	34.00
Ecuador	Vitamin E (mg)	100.00	4.00	115.33	119.33
Peru	Vitamin E (mg)	100.00	2.67	68.00	70.67
Venezuela	Vitamin E (mg)	100.00	1.33	59.33	60.67
ELANS (Total)	Vitamin C (mg)	100.00	125.87	100.80	226.67
Argentina	Vitamin C (mg)	100.00	62.13	133.33	195.47
Brazil	Vitamin C (mg)	100.00	161.07	75.60	236.67
Chile	Vitamin C (mg)	100.00	80.67	108.93	189.60
Colombia	Vitamin C (mg)	100.00	134.27	84.40	218.67
Costa Rica	Vitamin C (mg)	100.00	95.87	88.93	184.80
Ecuador	Vitamin C (mg)	100.00	169.47	111.07	280.53
Peru	Vitamin C (mg)	100.00	131.73	120.00	251.73
Venezuela	Vitamin C (mg)	100.00	146.13	84.40	230.53
ELANS (Total)	Cobalamin (µg)	100.00	162.50	145.83	308.33
Argentina	Cobalamin (µg)	100.00	162.50	137.50	300.00
Brazil	Cobalamin (µg)	100.00	162.50	100.00	262.50
Chile	Cobalamin (µg)	100.00	125.00	204.17	329.17
Colombia	Cobalamin (µg)	100.00	195.83	254.17	450.00
Costa Rica	Cobalamin (µg)	100.00	162.50	170.83	333.33
Ecuador	Cobalamin (µg)	100.00	170.83	108.33	279.17
Peru	Cobalamin (µg)	100.00	158.33	141.67	300.00
Venezuela	Cobalamin (µg)	100.00	162.50	62.50	225.00
ELANS (Total)	Niacin (mg)	100.00	151.43	131.43	282.86
Argentina	Niacin (mg)	100.00	142.14	132.14	274.29
Brazil	Niacin (mg)	100.00	138.57	155.00	293.57
Chile	Niacin (mg)	100.00	131.43	135.71	267.14
Colombia	Niacin (mg)	100.00	163.57	135.71	299.29
Costa Rica	Niacin (mg)	100.00	134.29	128.57	262.86
Ecuador	Niacin (mg)	100.00	177.14	126.43	303.57
Peru	Niacin (mg)	100.00	170.71	128.57	299.29
Venezuela	Niacin (mg)	100.00	162.86	109.29	272.14

Table 3: Micronutrient: Consumption, Supplementation, and Total Coverage as a Percentage of EARs (cont).

Measured Location	Micronutrient	EARs (100%)	Consumption Average Contribution (% of EARs)	Supplementation Average Contribution (% of EARs)	Percentage of EARs Covered (Consumption + Supplementation Contribution)
ELANS (Total)	Pyridoxine (mg)	100.00	123.08	223.08	346.15
Argentina	Pyridoxine (mg)	100.00	107.69	173.08	280.77
Brazil	Pyridoxine (mg)	100.00	107.69	184.62	292.31
Chile	Pyridoxine (mg)	100.00	100.00	184.62	284.62
Colombia	Pyridoxine (mg)	100.00	146.15	230.77	376.92
Costa Rica	Pyridoxine (mg)	100.00	107.69	407.69	515.38
Ecuador	Pyridoxine (mg)	100.00	161.54	173.08	334.62
Peru	Pyridoxine (mg)	100.00	138.46	238.46	376.92
Venezuela	Pyridoxine (mg)	100.00	123.08	153.85	276.92
ELANS (Total)	Riboflavin (mg)	100.00	136.36	190.91	327.27
Argentina	Riboflavin (mg)	100.00	154.55	145.45	300.00
Brazil	Riboflavin (mg)	100.00	118.18	181.82	300.00
Chile	Riboflavin (mg)	100.00	118.18	163.64	281.82
Colombia	Riboflavin (mg)	100.00	172.73	227.27	400.00
Costa Rica	Riboflavin (mg)	100.00	127.27	263.64	390.91
Ecuador	Riboflavin (mg)	100.00	127.27	209.09	336.36
Peru	Riboflavin (mg)	100.00	127.27	209.09	336.36
Venezuela	Riboflavin (mg)	100.00	136.36	145.45	281.82
ELANS (Total)	Thiamine (mg)	100.00	145.45	172.73	318.18
Argentina	Thiamine (mg)	100.00	154.55	136.36	290.91
Brazil	Thiamine (mg)	100.00	109.09	172.73	281.82
Chile	Thiamine (mg)	100.00	118.18	145.45	263.64
Colombia	Thiamine (mg)	100.00	154.55	190.91	345.45
Costa Rica	Thiamine (mg)	100.00	145.45	236.36	381.82
Ecuador	Thiamine (mg)	100.00	145.45	172.73	318.18
Peru	Thiamine (mg)	100.00	145.45	181.82	327.27
Venezuela	Thiamine (mg)	100.00	163.64	127.27	290.91
ELANS (Total)	Choline (mg)	100.00	71.76	0.00	71.76
Argentina	Choline (mg)	100.00	79.69	0.00	79.69
Brazil	Choline (mg)	100.00	69.34	0.00	69.34
Chile	Choline (mg)	100.00	56.14	0.00	56.14
Colombia	Choline (mg)	100.00	87.79	0.00	87.79
Costa Rica	Choline (mg)	100.00	61.76	0.00	61.76
Ecuador	Choline (mg)	100.00	77.08	0.00	77.08
Peru	Choline (mg)	100.00	73.84	0.00	73.84
Venezuela	Choline (mg)	100.00	63.48	0.00	63.48

Table 4: Average Micronutrient Consumption, Supplementation, Standard Error, and EAR Differences

Measured Location	Micronutrient	EAR	Consumption Average Contribution	Standard Error (±)	Supplementation Average Contribution	EAR-Consumption Difference	EAR-Consumption and Supplementation Difference
ELANS (Total)	Calcium (mg)	1000	542.5	3.9	122.9	-457.5	-334.6
Argentina	Calcium (mg)	1000	691.5	9.7	162.5	-308.5	-146
Brazil	Calcium (mg)	1000	416.1	7.6	0	-583.9	-583.9
Chile	Calcium (mg)	1000	475.6	10.9	174.9	-524.4	-349.5
Colombia	Calcium (mg)	1000	681.1	10.3	150	-318.9	-168.9
Costa Rica	Calcium (mg)	1000	407.4	10.1	100	-592.6	-492.6
Ecuador	Calcium (mg)	1000	642.6	10.2	191.7	-357.4	-165.7
Peru	Calcium (mg)	1000	444.6	6.6	150	-555.4	-405.4
Venezuela	Calcium (mg)	1000	625.2	10.8	54	-374.8	-320.8
ELANS (Total)	Iron (mg)	18	12.3	0.1	35.1	-5.7	29.4
Argentina	Iron (mg)	18	13	0.2	70.5	-5	65.5
Brazil	Iron (mg)	18	9	0.1	25.7	-9	16.7
Chile	Iron (mg)	18	11.3	0.2	38.3	-6.7	31.6
Colombia	Iron (mg)	18	15.1	0.2	28.7	-2.9	25.8
Costa Rica	Iron (mg)	18	12.4	0.2	21	-5.6	15.4
Ecuador	Iron (mg)	18	13.9	0.2	29.7	-4.1	25.6
Peru	Iron (mg)	18	13.6	0.1	50	-4.4	45.6
Venezuela	Iron (mg)	18	12.4	0.1	17	-5.6	11.4
ELANS (Total)	Magnesium (mg)	260	220.8	1.1	51.5	-39.2	12.3
Argentina	Magnesium (mg)	260	187.3	2	100	-72.7	27.3
Brazil	Magnesium (mg)	260	192	2	25	-68	-43
Chile	Magnesium (mg)	260	172.5	2.2	128.3	-87.5	40.8
Colombia	Magnesium (mg)	260	267.6	3.3	33.3	7.6	40.9
Costa Rica	Magnesium (mg)	260	216.4	3.5	0	-43.6	-43.6
Ecuador	Magnesium (mg)	260	268.8	3.6	16.7	8.8	25.5
Peru	Magnesium (mg)	260	252.8	2.7	33.3	-7.2	26.1
Venezuela	Magnesium (mg)	260	233.6	2.8	75	-26.4	48.6
ELANS (Total)	Zinc (mg)	6.8	10.8	0.1	12.2	4	16.2
Argentina	Zinc (mg)	6.8	19.4	0.4	7.5	12.6	20.1
Brazil	Zinc (mg)	6.8	9.3	0.1	10.8	12.6	23.4
Chile	Zinc (mg)	6.8	7.7	0.1	11.8	0.9	12.7
Colombia	Zinc (mg)	6.8	10.7	0.1	15	3.9	18.9
Costa Rica	Zinc (mg)	6.8	8.6	0.1	10	1.8	11.8
Ecuador	Zinc (mg)	6.8	10.1	0.1	16.7	3.3	20
Peru	Zinc (mg)	6.8	9.5	0.2	15.8	2.7	18.5
Venezuela	Zinc (mg)	6.8	9.6	0.1	10	2.8	12.8
ELANS (Total)	Phosphorus (mg)	580	974.1	4.9	23.5	394.7	418.2
Argentina	Phosphorus (mg)	580	974.7	11.1	62.5	394.7	457.2
Brazil	Phosphorus (mg)	580	872.7	10	0	292.7	292.7
Chile	Phosphorus (mg)	580	817.9	11.1	42.1	237.9	280
Colombia	Phosphorus (mg)	580	1095.7	13	0	515.7	515.7
Costa Rica	Phosphorus (mg)	580	859.1	13.8	0	279.1	279.1
Ecuador	Phosphorus (mg)	580	1217.1	23.3	0	637.1	637.1
Peru	Phosphorus (mg)	580	1004.3	10.2	41.7	424.3	466
Venezuela	Phosphorus (mg)	580	1017.8	12.5	41.7	437.8	479.5
ELANS (Total)	Copper (mg)	0.7	1.4	0	0.5	0.7	1.2
Argentina	Copper (mg)	0.7	3.2	0.1	0.5	2.5	3
Brazil	Copper (mg)	0.7	1	0	0.3	0.3	0.6
Chile	Copper (mg)	0.7	0.8	0	1	0.1	1.1
Colombia	Copper (mg)	0.7	1.3	0	1.3	0.6	1.9
Costa Rica	Copper (mg)	0.7	1	0	0	0.3	0.3
Ecuador	Copper (mg)	0.7	1.4	0	0.3	0.7	1
Peru	Copper (mg)	0.7	1.3	0	0.3	0.6	0.9
Venezuela	Copper (mg)	0.7	0.9	0	0.5	0.2	0.7
ELANS (Total)	Selenium (mg)	45	108.7	0.5	0	-26.3	-26.3
Argentina	Selenium (mg)	45	116.4	1.4	0	71.4	71.4
Brazil	Selenium (mg)	45	103.4	1.2	0	58.4	58.4
Chile	Selenium (mg)	45	96.6	1.3	0	51.6	51.6
Colombia	Selenium (mg)	45	109	1.2	0	64	64
Costa Rica	Selenium (mg)	45	92.1	1.6	0	47.1	47.1
Ecuador	Selenium (mg)	45	121.2	1.7	0	76.2	76.2
Peru	Selenium (mg)	45	122.6	1.4	0	77.6	77.6
Venezuela	Selenium (mg)	45	105.8	1.1	0	60.8	60.8

Table 5: Average Micronutrient Consumption, Supplementation, Standard Error, and EAR Differences

Measured Location	Micronutrient	EAR	Consumption Average Contribution	Standard Error (±)	Supplementation Average Contribution	EAR-Consumption Difference	EAR-Consumption and Supplementation Difference
ELANS (Total)	Vitamin A (µg)	700	575.6	4.7	881.9	-124.4	757.5
Argentina	Vitamin A (µg)	700	532.6	10.4	1400	-167.4	1232.6
Brazil	Vitamin A (µg)	700	505.8	11.2	733.1	-644.2	88.9
Chile	Vitamin A (µg)	700	498.3	8.4	1166.7	-201.7	965
Colombia	Vitamin A (µg)	700	739.5	14.9	883.1	39.5	922.6
Costa Rica	Vitamin A (µg)	700	656.9	19.1	436.4	-43.1	393.3
Ecuador	Vitamin A (µg)	700	600.5	16.8	1199.7	-99.5	1100.2
Peru	Vitamin A (µg)	700	655.8	10.8	970	-44.2	925.8
Venezuela	Vitamin A (µg)	700	483.3	8	266.5	-216.7	49.8
ELANS (Total)	Vitamin D (µg)	15	3.5	0	12.2	-11.5	0.7
Argentina	Vitamin D (µg)	15	3.1	0.1	11.25	-11.9	-0.65
Brazil	Vitamin D (µg)	15	1.9	0	10	-13.1	-3.1
Chile	Vitamin D (µg)	15	3	0.1	9.2	-12	-2.8
Colombia	Vitamin D (µg)	15	4.6	0.1	10	-10.4	-0.4
Costa Rica	Vitamin D (µg)	15	2.6	0.1	6.7	-12.4	-5.7
Ecuador	Vitamin D (µg)	15	6	0.2	38.3	-9	29.3
Peru	Vitamin D (µg)	15	5.3	0.1	10.8	-9.7	1.1
Venezuela	Vitamin D (µg)	15	2.7	0.1	1.7	-12.3	-10.6
ELANS (Total)	Vitamin E (mg)	15	0.4	0	12.4	-14.6	-2.2
Argentina	Vitamin E (mg)	15	0.5	0	17.5	-14.5	3
Brazil	Vitamin E (mg)	15	0.2	0	8.2	-14.8	-6.6
Chile	Vitamin E (mg)	15	0.3	0	18	-14.7	3.3
Colombia	Vitamin E (mg)	15	0.5	0	14.5	-14.5	0
Costa Rica	Vitamin E (mg)	15	0.3	0	4.8	-14.7	-9.9
Ecuador	Vitamin E (mg)	15	0.6	0	17.3	-14.4	2.9
Peru	Vitamin E (mg)	15	0.4	0	10.2	-14.6	-4.4
Venezuela	Vitamin E (mg)	15	0.2	0	8.9	-14.8	-5.9
ELANS (Total)	Vitamin C (mg)	75	94.4	1.5	75.6	19.4	95
Argentina	Vitamin C (mg)	75	46.6	1	100	-28.4	71.6
Brazil	Vitamin C (mg)	75	120.8	5.8	56.7	45.8	102.5
Chile	Vitamin C (mg)	75	60.5	1.8	81.7	-14.5	67.2
Colombia	Vitamin C (mg)	75	100.7	2.2	63.3	25.7	89
Costa Rica	Vitamin C (mg)	75	71.9	2.6	66.7	-3.1	63.6
Ecuador	Vitamin C (mg)	75	127.1	3	83.3	52.1	135.4
Peru	Vitamin C (mg)	75	98.8	2.6	90	23.8	113.8
Venezuela	Vitamin C (mg)	75	109.6	2.4	63.3	34.6	97.9
ELANS (Total)	Cobalamin (µg)	2.4	3.9	0	3.5	1.5	5
Argentina	Cobalamin (µg)	2.4	3.9	0.1	3.3	1.5	4.8
Brazil	Cobalamin (µg)	2.4	3.9	0.1	2.4	1.5	3.9
Chile	Cobalamin (µg)	2.4	3	0.1	4.9	0.6	5.5
Colombia	Cobalamin (µg)	2.4	4.7	0.1	6.1	2.3	8.4
Costa Rica	Cobalamin (µg)	2.4	3.9	0.1	4.1	1.5	5.6
Ecuador	Cobalamin (µg)	2.4	4.1	0.1	2.6	1.7	4.3
Peru	Cobalamin (µg)	2.4	3.8	0.1	3.4	1.4	4.8
Venezuela	Cobalamin (µg)	2.4	3.9	0.1	1.5	1.5	3
ELANS (Total)	Niacin (mg)	14	21.2	0.1	18.4	7.2	25.6
Argentina	Niacin (mg)	14	19.9	0.2	18.5	5.9	24.4
Brazil	Niacin (mg)	14	19.4	0.2	21.7	5.4	27.1
Chile	Niacin (mg)	14	18.4	0.3	19	4.4	23.4
Colombia	Niacin (mg)	14	22.9	0.3	19	8.9	27.9
Costa Rica	Niacin (mg)	14	18.8	0.3	18	4.8	22.8
Ecuador	Niacin (mg)	14	24.8	0.3	17.7	10.8	28.5
Peru	Niacin (mg)	14	23.9	0.3	18	9.9	27.9
Venezuela	Niacin (mg)	14	22.8	0.3	15.3	8.8	24.1
ELANS (Total)	Pyridoxine (mg)	1.3	1.6	0	2.9	0.3	3.2
Argentina	Pyridoxine (mg)	1.3	1.4	0	2.25	0.1	2.35
Brazil	Pyridoxine (mg)	1.3	1.4	0	2.4	0.1	2.5
Chile	Pyridoxine (mg)	1.3	1.3	0	2.4	0	2.4
Colombia	Pyridoxine (mg)	1.3	1.9	0	3	0.6	3.6
Costa Rica	Pyridoxine (mg)	1.3	1.4	0	5.3	0.1	5.4
Ecuador	Pyridoxine (mg)	1.3	2.1	0	2.25	2.5	4.75
Peru	Pyridoxine (mg)	1.3	1.8	0	3.1	0.5	3.6
Venezuela	Pyridoxine (mg)	1.3	1.6	0	2	0.3	2.3

Table 5: Average Micronutrient Consumption, Supplementation, Standard Error, and EAR Differences (cont.)

Measured Location	Micronutrient	EAR	Consumption Average Contribution	Standard Error (±)	Supplementation Average Contribution	EAR-Consumption Difference	EAR-Consumption and Supplementation Difference
ELANS (Total)	Riboflavin (mg)	1.1	1.5	0	2.1	0.4	2.5
Argentina	Riboflavin (mg)	1.1	1.7	0	1.6	0.6	2.2
Brazil	Riboflavin (mg)	1.1	1.3	0	2	0.2	2.2
Chile	Riboflavin (mg)	1.1	1.3	0	1.8	0.2	2
Colombia	Riboflavin (mg)	1.1	1.9	0	2.5	0.8	3.3
Costa Rica	Riboflavin (mg)	1.1	1.4	0	2.9	0.3	3.2
Ecuador	Riboflavin (mg)	1.1	1.4	0	2.3	0.3	2.6
Peru	Riboflavin (mg)	1.1	1.4	0	2.3	-0.5	1.8
Venezuela	Riboflavin (mg)	1.1	1.5	0	1.6	0.4	2
ELANS (Total)	Thiamine (mg)	1.1	1.6	0	1.9	0.5	2.4
Argentina	Thiamine (mg)	1.1	1.7	0	1.5	0.6	2.1
Brazil	Thiamine (mg)	1.1	1.2	0	1.9	0.1	2
Chile	Thiamine (mg)	1.1	1.3	0	1.6	0.2	1.8
Colombia	Thiamine (mg)	1.1	1.7	0	2.1	0.6	2.7
Costa Rica	Thiamine (mg)	1.1	1.6	0	2.6	0.5	3.1
Ecuador	Thiamine (mg)	1.1	1.6	0	1.9	0.5	2.4
Peru	Thiamine (mg)	1.1	1.6	0	2	-0.5	1.5
Venezuela	Thiamine (mg)	1.1	1.8	0	1.4	0.7	2.1
ELANS (Total)	DHA (mg)	ND	73.6	1.1	84.7	ND	NA
Argentina	DHA (mg)	ND	66.1	1	52.5	ND	NA
Brazil	DHA (mg)	ND	60.4	1.8	150	ND	NA
Chile	DHA (mg)	ND	63.4	1.8	133.3	ND	NA
Colombia	DHA (mg)	ND	65.1	1.7	175	ND	NA
Costa Rica	DHA (mg)	ND	73.2	3.9	50	ND	NA
Ecuador	DHA (mg)	ND	124.5	3.9	66.7	ND	NA
Peru	DHA (mg)	ND	91.5	1.8	50	ND	NA
Venezuela	DHA (mg)	ND	69.5	1.3	0	ND	NA
ELANS (Total)	EPA (mg)	ND	22.5	0.2	10.8	ND	NA
Argentina	EPA (mg)	ND	17.2	0.3	10	ND	NA
Brazil	EPA (mg)	ND	17.2	0.7	16.7	ND	NA
Chile	EPA (mg)	ND	18	0.7	23.3	ND	NA
Colombia	EPA (mg)	ND	20	0.6	23.3	ND	NA
Costa Rica	EPA (mg)	ND	22.2	1.4	0	ND	NA
Ecuador	EPA (mg)	ND	40.1	1.4	13.3	ND	NA
Peru	EPA (mg)	ND	31.9	0.7	0	ND	NA
Venezuela	EPA (mg)	ND	22.2	0.4	0	ND	NA
ELANS (Total)	Omega-3 (mg)	ND	1.6	0	0.1	ND	NA
Argentina	Omega-3 (mg)	ND	1.1	0	0.1	ND	NA
Brazil	Omega-3 (mg)	ND	1.6	0	0.2	ND	NA
Chile	Omega-3 (mg)	ND	1.2	0	0.2	ND	NA
Colombia	Omega-3 (mg)	ND	1.8	0	0.2	ND	NA
Costa Rica	Omega-3 (mg)	ND	1.5	0	0	ND	NA
Ecuador	Omega-3 (mg)	ND	1.5	0	0.1	ND	NA
Peru	Omega-3 (mg)	ND	1.8	0	0	ND	NA
Venezuela	Omega-3 (mg)	ND	1.9	0	0	ND	NA
ELANS (Total)	Choline (mg)	425	305	1.6	0	-120	-120
Argentina	Choline (mg)	425	338.7	4.4	0	-86.3	-86.3
Brazil	Choline (mg)	425	294.7	3.5	0	-130.3	-130.3
Chile	Choline (mg)	425	238.6	3.8	0	-186.4	-186.4
Colombia	Choline (mg)	425	373.1	4.8	0	-51.9	-51.9
Costa Rica	Choline (mg)	425	262.5	4.9	0	-162.5	-162.5
Ecuador	Choline (mg)	425	327.6	5	0	-97.4	-97.4
Peru	Choline (mg)	425	313.8	3.7	0	-111.2	-111.2
Venezuela	Choline (mg)	425	269.8	3.6	0	-155.2	-155.2

Discussion

The ELANS region exhibits a heterogeneous nutritional profile among women of childbearing age, characterized by persistent inadequacies in several essential micronutrients. Despite variability across countries, the overall pattern reflects suboptimal intake at the regional level, consistent with global evidence linking micronutrient deficiencies to socioeconomic inequalities, limited dietary diversity, and structural barriers to healthy diets (19,20,23,24).

Maternal nutrition during the preconception, pregnancy, and lactation periods plays a central role in perinatal outcomes and in shaping long-term metabolic, immune and neurodevelopmental trajectories, in line with the Developmental Origins of Health and Disease (DOHaD) framework (5). In addition, dietary patterns tend to remain stable without interventions addressing social, behavioral, and environmental determinants (18,20).

These findings raise key questions for public health and clinical practice regarding the need for supplementation, priority micronutrients, and population-specific dosing strategies. Variability in dietary patterns further complicates these decisions, as nutrient requirements may differ according to dietary models (e.g. plant-based diets), underscoring the need for context-specific approaches (25). Addressing these challenges requires harmonized data systems that integrate dietary intake and supplementation to evaluate their combined contribution to micronutrient adequacy (18).

Evidence from large-scale fortification programs in Latin America provides valuable insights into effective interventions. Mandatory folic acid fortification in countries such as Chile and Argentina have significantly reduced neural tube defects, demonstrating that population-level, evidence-based policies (16,26,27). These findings highlight the potential of regulatory strategies to address nutritional gaps that are difficult to overcome through individual behavior alone, suggesting that similar approaches could be extended to other key nutrients, including iron, vitamin D, and calcium (28).

Socioeconomic factors strongly influence dietary diversity and access to nutrition-related information, thereby affecting micronutrient adequacy. Evidence from low- and middle-income countries shows that lower income, limited educational, and reduced dietary diversity are consistently associated with inadequate micronutrient intake among WCA [24,29). These structural determinants underscore the need for integrate strategies combining supplementation with improved dietary diversity and nutrition education.

The ELANS findings confirm global evidence of inadequate intake of key “neuro-skeletal” nutrients. Intakes of vitamin D and vitamin E remain particularly low, while calcium intake is persistently insufficient, even with supplementation 7,9). These deficiencies are concerning given their roles in fetal organ development, bone health, and neurodevelopment, as well as in epigenetic and metabolic programming during critical periods (5). Although supplementation improves intake for some nutrients, it does not fully correct these deficits, highlighting a mismatch between supplement composition and population needs (5). In contrast, nutrients such as zinc, selenium, and several B-complex vitamins already exceed recommended levels through diet alone and may reach excessive levels with supplementation.

Iron represents a particularly complex case. Although intake appears relatively adequate at the population level, this may not reflect physiological status due to differences in bioavailability, dietary sources, and increased requirements associated with menstrual losses. The coexistence of apparently adequate intake with high anemia prevalence in the region underscores this limitation (8). Globally, nearly one-third of women are affected by iron-deficiency anemia (30), and intake-based assessments alone may not reflect true nutritional status (31,32). While supplementation can improve biomarkers such as hemoglobin and ferritin (33), combined intake from diet and supplements may exceed tolerable limits, emphasizing the need for more individualized, bioavailability-informed strategies (8,13).

Importantly, this study identifies a clear mismatch between prenatal supplement formulations and actual nutritional needs. While supplementation improves intake of some deficient nutrients, such as vitamin D, it frequently leads to excessive intake of others,

including iron, vitamin A, and B-complex vitamins, while key nutrients such as calcium, vitamin E, and choline remain insufficient. Variability in adequacy is also influenced by dietary patterns; evidence from plant-based populations shows that gaps in vitamin B12, iron, calcium, and DHA required tailored supplementation strategies, underscoring the need to align formulations with dietary context (25).

The absence of choline in all evaluated formulations is particularly concerning given its role in fetal brain development and recent recommendations supporting its inclusion in prenatal nutrition (10,34). This finding is consistent with evidence from diverse populations, where deficiencies in choline, vitamin D, and omega-3 fatty acids persists despite supplement use, while other nutrients may exceed recommended levels (35). These results align with recent expert consensus indicating that current prenatal supplementation practices often fail to reflect updated evidence and recommending a shift from traditional iron-folic acid approaches toward more comprehensive, context-specific multiple micronutrient strategies across the life course (36).

In addition, substantial heterogeneity in supplement formulations across countries limits comparability and standardization. Differences in regulatory frameworks, market availability, and prescription practices contributed to variability in nutrient composition, complicating cross-country comparisons and the development of unified supplementation strategies.

Socioeconomic disparities further influence access to and use of supplements, potentially exacerbating nutritional inequalities. Evidence indicates that supplement use is higher among urban and higher-income populations, leaving more vulnerable groups underserved (27,32).

Emerging global recommendations emphasize the importance of preconception nutrition, recognizing that maternal status prior to pregnancy plays a critical role in fetal development and long-term health outcomes (37). Accordingly, expert consensus supports extending micronutrient interventions beyond pregnancy to include the preconception period, given that many women enter pregnancy with existing nutrient deficiencies (36). Current guidelines also support multiple micronutrient supplementation (MMS) to improve birth outcomes, although implementation remains limited in many regions (14,38.

Addressing these gaps requires coordinated public health strategies integrating dietary improvement, fortification, and evidence-based supplementation. While dietary diversification remains fundamental, it is unlikely to resolve widespread deficiencies in the short term (11). Given the intergenerational impact of maternal nutrition, interventions across the preconception, pregnancy, and lactation periods are critical to optimize health trajectories (5). These strategies must balance adequacy and safety, ensuring that supplementation addresses deficiencies without promoting excessive intake, while evolving evidence underscores the need to periodically update nutritional guidelines to reflect current scientific knowledge (39).

Limitations

This study has several limitations. The supplementation analysis represents a theoretical population-level scenario based on mean dietary intake combined with the nutrient composition of a single representative prenatal supplement per country, assuming 100% adherence, which may overestimate real-world intake. Additionally, the contribution of fortified foods was not assessed separately across population subgroups, which influence total nutrient intake.

Dietary data were obtained through self-reported 24-hour recalls and are subject to recall bias, misreporting, and measurement error despite the use of standardized methods. The ELANS sample includes only urban populations, limiting generalizability to rural settings. Nutrient estimates did not account for bioavailability or nutrient–nutrient interactions.

Comparisons between countries are constrained by variability in supplement formulations and selection criteria. Furthermore, analyses were not stratified by dietary diversity or age subgroups. Finally, findings are based on non-pregnant women and therefore reflect preconception conditions rather than actual intake during pregnancy.

Strengths

This study has several strengths. Dietary intake in the ELANS study was assessed using two non-consecutive 24-hour recalls, reducing measurement error and improving the estimation of usual intake. The large, representative sample across multiple countries enhances the generalizability of the findings with urban populations of the region. In addition, this study provides an innovative framework to evaluate prenatal supplementation practices and offers a novel approach to inform strategies for improving micronutrient adequacy among WCA in Latin America.

Conclusions

Significant micronutrient deficiencies persist among WCA in the ELANS study, while prenatal supplementation improves some nutrient intakes but leaves key gaps, particularly for calcium, vitamin E, and choline. At the same time, supplementation frequently leads to excessive intake of nutrients such as iron, vitamin A, and B-complex vitamins. These findings highlight a mismatch between supplement composition and population needs, underscoring the need for tailored, evidence-based strategies to optimize maternal nutrition.

Acknowledgments

The authors would like to thank the staff and participants from each of the participating sites who made substantial contributions to the ELANS.

Conflict of Interest

This article was writing using funds from an Abbott Nutrition Research Grant. The sponsors had no role in the design, data processing and interpretation of data; in the writing of the manuscript; or in the decision to publish the results.

Authors' contributions

- MHC, MCYG, LYCS, AR developed and conceptualized the idea and methods.
- PHR, DAY was in charge of the data processing,
- YK, MF, RP, GGS revised and gave input to the manuscript.
- MW, JL revised the manuscript and edit.

References

1. Miketinas D, Luo H, Firth JA, Bailey A, Bender T, Gross G, et al. Macronutrient and Micronutrient Intake Among US Women Aged 20 to 44 Years. JAMA Netw Open 2024;7:e2438460. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.38460.
2. Domínguez L, Fernández-Ruiz V, Cámara M. Micronutrients in Food Supplements for Pregnant Women: European Health Claims Assessment. Nutrients 2023;15:4592. https://doi.org/10.3390/nu15214592.
3. Hutchesson MJ, de Jonge Mulock Houwer M, Brown HM, Lim S, Moran LJ, Vincze L, et al. Supporting women of childbearing age in the prevention and treatment of overweight and obesity: a scoping review of randomized control trials of behavioral interventions. BMC Womens Health 2020;20:14. https://doi.org/10.1186/s12905-020-0882-3.
4. McGowan L, Lennon-Caughey E, Chun C, McKinley MC, Woodside J V. Exploring preconception health beliefs amongst adults of childbearing age in the UK: a qualitative analysis. BMC Pregnancy Childbirth 2020;20:41. https://doi.org/10.1186/s12884-020-2733-5.
5. Marshall NE, Abrams B, Barbour LA, Catalano P, Christian P, Friedman JE, et al. The importance of nutrition in pregnancy and lactation: lifelong consequences. Am J Obstet Gynecol 2022;226:607–32. https://doi.org/10.1016/j.ajog.2021.12.035.
6. Gomes F, Askari S, Black RE, Christian P, Dewey KG, Mwangi MN, et al. Antenatal multiple micronutrient supplements versus iron-folic acid supplements and birth outcomes: Analysis by gestational age assessment method. Matern Child Nutr 2023;19. https://doi.org/10.1111/mcn.13509.
7. Gómez G, Nogueira Previdelli Á, Fisberg RM, Kovalskys I, Fisberg M, Herrera-Cuenca M, et al. Dietary Diversity and Micronutrients Adequacy in Women of Childbearing Age: Results from ELANS Study. Nutrients 2020;12:1994. https://doi.org/10.3390/nu12071994.
8. PAHO (Pan American Health Organization). Anemia in women of reproductive age, and children under-five years in the Region of the Americas. 2022. https://www.paho.org/en/enlace/anemia-women-and-children.
9. da Silveira EA, Moura L de AN e, Castro MCR, Kac G, Hadler MCCM, Noll PRES, et al. Prevalence of Vitamin D and Calcium Deficiency and Insufficiency in Women of Childbearing Age and Associated Risk Factors: A Systematic Review and Meta-Analysis. Nutrients 2022;14:4351. https://doi.org/10.3390/nu14204351.
10. Herrera-Cuenca M, Yépez García MC, Cortés Sanabria LY, Hernández P, Ramírez G, Vásquez M, et al. Inadequate Intake of Choline and Essential Fatty Acids in Latin American Childbearing-Age Women as a Regional Pre-Conceptional

Disadvantage: ELANS Results. Nutrients 2024;16:3150. https://doi.org/10.3390/nu16183150.

11. Islam MdH, Nayan MdM, Jubayer A, Amin MdR. A review of the dietary diversity and micronutrient adequacy among the women of reproductive age in low- and middle-income countries. Food Sci Nutr 2024;12:1367–79. https://doi.org/10.1002/fsn3.3855.
12. UNICEF. Undernourished and Overlooked A global nutrition crisis in adolescent girls and women. 2023. https://www.unicef.org/reports/undernourished-overlooked-nutrition-crisis.
13. FAO and FHI 360. Minimum Dietary Diversity for Women: A Guide for Measurement. Rome: 2016.
14. Keats EC, Haider BA, Tam E, Bhutta ZA. Multiple-micronutrient supplementation for women during pregnancy. Cochrane Database of Systematic Reviews 2019. https://doi.org/10.1002/14651858.CD004905.pub6.
15. Parisi F, di Bartolo I, Savasi V, Cetin I. Micronutrient supplementation in pregnancy: Who, what and how much? Obstet Med 2019;12:5–13. https://doi.org/10.1177/1753495X18769213.
16. Castillo-Lancellotti C, Tur JA, Uauy R. Impact of folic acid fortification of flour on neural tube defects: a systematic review. Public Health Nutr 2013;16:901–11. https://doi.org/10.1017/S1368980012003576.
17. WHO. WHO recommendations on antenatal care for a positive pregnancy experience. World Health Organization; 2016.
18. Yu Y, Feng C, Bédard B, Fraser W, Dubois L. Diet quality during pregnancy and its association with social factors: 3D Cohort Study (Design, Develop, Discover). Matern Child Nutr 2022;18. https://doi.org/10.1111/mcn.13403.
19. Kovalskys I, Fisberg M, Gómez G, Rigotti A, Cortés L, Yépez M, et al. Standardization of the Food Composition Database Used in the Latin American Nutrition and Health Study (ELANS). Nutrients 2015;7:7914–24. https://doi.org/10.3390/nu7095373.
20. FAO; IFAD; PAHO; UNICEF; WFP; Latin America and the Caribbean - Regional Overview of Food Security and Nutrition 2023. FAO; IFAD; UNICEF; WFP; PAHO; 2023. https://doi.org/10.4060/cc8514en.
21. DeSalvo K, Stamm CA, Borgelt LM. Evaluation of reported contents in prescription and over-the-counter prenatal multivitamins. J American Pharmacists Association 2018; 58:258-267.e3. https://doi.org/10.1016/j.japh.2018.02.006.
22. Fisberg M, Kovalskys I, Gómez G, Rigotti A, Cortés LY, Herrera-Cuenca M, et al. Latin American Study of Nutrition and Health (ELANS): rationale and study design. BMC Public Health 2015;16:93. https://doi.org/10.1186/s12889-016-2765-y.
23. Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). Global Burden of Disease 2023: Findings from the GBD 2023 Study. Seattle, WA: IHME; 2025.
24. Azupogo F, Arnold CD, Bliznashka L, Makori N, Njau CN, Malindisa E, et al. Dietary Intake and Nutrient Adequacies among Women of Reproductive Age in Northern Tanzania: A Cross-Sectional Study. J Nutr 2026;156:101238. https://doi.org/10.1016/j.tjnut.2025.11.008.
25. Herrero Jiménez MP, del Pozo de la Calle S, Cuadrado Vives C, Escobar Sáez D. Nutritional supplementation in pregnant, lactating women and young children following a plant-based diet: A narrative review of the evidence. Nutrition 2025;136:112778. https://doi.org/10.1016/j.nut.2025.112778.
26. Centeno Tablante E, Pachón H, Guetterman HM, Finkelstein JL. Fortification of wheat and maize flour with folic acid for population health outcomes. Cochrane Database of Systematic Reviews 2019;2019. https://doi.org/10.1002/14651858.CD012150.pub2.
27. Ba DM, Ssentongo P, Kjerulff KH, Na M, Liu G, Gao X, et al. Adherence to Iron Supplementation in 22 Sub-Saharan African Countries and Associated Factors among Pregnant Women: A Large Population-Based Study. Curr Dev Nutr 2019;3:nzz120. https://doi.org/10.1093/cdn/nzz120.
28. WHO. Guideline. Optimal serum and red blood cell folate concentrations in women of reproductive age for prevention of neural tube defects. World Health Organization; 2015.
29. Yeneabat T, Adugna H, Asmamaw T, Wubetu M, Admas M, Hailu G, et al. Maternal dietary diversity and micronutrient adequacy during pregnancy and related factors in East Gojjam Zone, Northwest Ethiopia, 2016. BMC Pregnancy Childbirth 2019;19:173. https://doi.org/10.1186/s12884-019-2299-2.
30. WHO. Accelerating Anemia Reduction: A Comprehensive Framework for Action. Geneva: World Health Organization; 2023.
31. WHO. WHO global anaemia estimates: key findings, 2025. vol. 16. 2025.
32. Stevens GA, Beal T, Mbuya MNN, Luo H, Neufeld LM, Addo OY, et al. Micronutrient deficiencies among preschool-aged children and women of reproductive age worldwide: a pooled analysis of individual-level data from population-representative surveys. Lancet Glob Health 2022;10:e1590–9. https://doi.org/10.1016/S2214-109X(22)00367-9.
33. Ali SA, Razzaq S, Aziz S, Allana A, Ali AA, Naeem S, et al. Role of iron in the reduction of anemia among women of reproductive age in low-middle income countries: insights from systematic review and meta-analysis. BMC Womens Health 2023;23:184. https://doi.org/10.1186/s12905-023-02291-6.
34. Gallo M, Gámiz F. Choline: An Essential Nutrient for Human Health. Nutrients 2023;15:2900. https://doi.org/10.3390/nu15132900.
35. Crawford SA, Brown AR, Teruel Camargo J, Kerling EH, Carlson SE, Gajewski BJ, et al. Micronutrient Gaps and Supplement Use in a Diverse Cohort of Pregnant Women. Nutrients 2023;15:3228. https://doi.org/10.3390/nu15143228.
36. Cetin I, Devlieger R, Isolauri E, Obeid R, Parisi F, Pilz S, et al. International expert consensus on micronutrient supplement use during the early

life course. BMC Pregnancy Childbirth 2025;25:44. https://doi.org/10.1186/s12884-024-07123-5.

37. WHO. Preconception care: Maximizing the gains for maternal and child health 2021. www.who.int/maternal_child_adolescent/en.
38. Smith ER, Shankar AH, Wu LS-F, Aboud S, Adu-Afarwuah S, Ali H, et al. Modifiers of the effect of maternal multiple micronutrient supplementation on stillbirth, birth outcomes, and infant mortality: a meta-analysis of individual patient data from 17 randomized trials in low-income and middle-income countries. Lancet Glob Health 2017;5: e1090–100. https://doi.org/10.1016/S2214-109X(17)30371-6.
39. Mejia-Montilla J, Reyna-Villasmil N, Reyna-Villasmil E. Consumo de micronutrientes durante el embarazo y la lactancia. Rev Peru Ginecol Obstet 2021;67. https://doi.org/10.31403/rpgo.v67i2368.

Recibido: 17/12/2025
Aceptado: 14/04/2026

ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICIÓN
Revista de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición
https://doi.org/10.37527/2026.76.2.004
Publicado: 15/06/2026

Vol. 76 N° 2; abril - junio 2026
Artículo Original

Adquisición alimentaria por nivel socioeconómico y educativo en México, durante la pandemia COVID-19

María del Refugio Carrasco Quintero[1], *Marsela Álvarez Izazaga*[1], *José Antonio Roldan Amaro*[1], *Eric Ramírez Sánchez*[2], *Enrique Contreras Suarez*[2], *Juan Carlos Aguilar Carrasco*[1].

Resumen: Introducción: la influencia social y educativa, asociada al COVID-19 generaron cambios en la adquisición de los alimentos por nivel socioeconómico y escolar en la población mexicana. **Objetivo:** Identificar las diferencias en la adquisición alimentaria antes, durante y posterior a la pandemia en la población mexicana. **Materiales y métodos:** Estudio transversal, retrospectivo y comparativo a partir de tres Encuestas Nacionales de Ingreso-Gasto de México de 2018, 2020 y 2022. Se trabajó con datos de hogares mexicanos: 73,274, 87,732 y 88,794 respectivamente. Las variables fueron: módulo de gasto de alimentos, condición socioeconómica a la que pertenecía el hogar y nivel escolar del jefe de familia. En lo estadístico, se utilizó un análisis de regresión lineal y de varianza, pruebas F de Snédecor y confirmatoria de Schefé. **Resultados:** El nivel socioeconómico fue el que predijo mejor (p<0,001) la adquisición de los alimentos. En 2020 aumentó la adquisición en todos los grupos de alimentos. Las bebidas azucaradas fueron los de mayor adquisición en los diferentes periodos y niveles sociales y educativos. Después, los cereales, principalmente en los niveles sociales bajos. Los alimentos de origen animal de mayor adquisición fueron en el nivel alto, los ultras procesados (2022) se adquirieron más en los diferentes niveles sociales y educativos. **Conclusiones:** El incremento alimentario durante y después de la pandemia, favoreció malas prácticas alimentarias, que demandan acciones políticas públicas que controlen la mercadotecnia alimentaria y promuevan la orientación alimentaria independientemente de los diferentes niveles sociales y educativos. **Arch Latinoam Nutr 2026; 76(2): 108-117.**

Palabras clave: adquisición de alimentos, nivel socioeconómico, escolaridad, hogares, pandemia.

Abstract: Food acquisition by socioeconomic and educational level in Mexico during the COVID-19 pandemic. Introduction: The social and educational influences associated with COVID-19 generated changes in food acquisition patterns by socioeconomic and educational level in the Mexican population. **Objective:** To identify differences in food acquisition before, during, and after the pandemic in the Mexican population. **Materials and methods:** A cross-sectional, retrospective, and comparative study was conducted using data from three Mexican National Income and Expenditure Surveys from 2018, 2020, and 2022. Data from 73,274, 87,732, and 88,794 Mexican households were used. The variables were: food expenditure module, socioeconomic status of the household, and educational level of the head of household. Statistical analysis included linear regression and variance analysis, Snédecor's F-test, and Schefé's confirmatory test. **Results:** Socioeconomic level was the strongest predictor (p < 0.001) of food acquisition. In 2020, food purchases increased across all food groups. Sugary drinks were the most purchases food across different periods and socioeconomic levels. Cereals followed, primarily among lower socioeconomic levels. Animal-based foods were most purchases among higher socioeconomic levels, while ultra-processed foods (2022) were purchased more frequently across all socioeconomic levels. **Conclusions:** The increase in food consumption during and after the pandemic encouraged poor dietary habits, which necessitated public policy actions to regulate food marketing and promote healthy eating habits regardless of socioeconomic status. **Arch Latinoam Nutr 2026; 76(2): 108-117.**

Keywords: food purchases, socioeconomic status, schooling, households, pandemic.

Introducción

La alimentación antes, durante y después de la pandemia de COVID-19, marcó una diferencia no solo en la salud, sino también en la adquisición de los alimentos (1-3), según los resultados en la Encuestas Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) (4). La mala alimentación es un problema de salud pública, que día a día incrementa la obesidad, diabetes mellitus, dislipidemias e hipertensión (5), causadas por bebidas azucaradas (6) y alimentos procesados (7), consumidos durante y posterior a la pandemia.

Los principales problemas de salud que manifiesta la población, se relacionan con malos hábitos alimentarios, como son las deficiencias (hierro,

[1]Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. Ciudad de México. [2]Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México. Autor para la correspondencia: María del Refugio Carrasco Quintero, e-mail: maria.carrascoq@incmnsz.mx

CC BY NC

y vitaminas) o los excesos, alto contenido de azúcar, grasa y sal (8). La transición alimentaria es cada vez más acelerada con los nuevos alimentos.

En el periodo crítico de la pandemia, los alimentos procesados se valoraron y adquirieron una gran importancia en la dieta, por sus características de larga duración, listos para su consumo, disponibilidad inmediata, variedad y accesibilidad. Estos alimentos junto con el sedentarismo, propiciaron cambios en la dieta habitual y salud de la población (4).

Estos cambios alimentarios que se dieron durante y después de la pandemia, fueron propiciados por el nivel socioeconómico que se antepuso, por ser el principal indicador para la adquisición de los alimentos, ya que determina la cantidad, calidad y variabilidad de estos (9). Sin embargo, esto no quiere decir que los niveles socioeconómicos más altos o más bajos, manifestaran una mejor o peor alimentación. Ya que se reportaron incrementos significativos, en la compra de los mismos.

A mayor grado académico mejor alimentación, como lo reporta Muñoz *et al*. (10). Situación que no se dio durante y posterior de la pandemia, ya que los altos grados académicos manifestaron una alta adquisición de refresco, respondiendo más al gusto, que al conocimiento. Existen otros indicadores (11), además del académico y social que tienen que ver con la última decisión de comprar determinados alimentos.

La adquisición de los alimentos antes, durante y después de la pandemia, marca diferencias entre los niveles socioeconómicos y educativos. Por lo que se plantea el siguiente objetivo: Identificar las diferencias en la adquisición alimentaria antes, durante y posterior a la pandemia entre la población mexicana. Existe poca o ninguna información, que analiza en conjunto los indicadores socioeconómicos, escolares en los años de estudio (anterior, durante y posterior) relacionados con el COVID-19 en donde se puedan observar las diferencias, de los cambios alimentarios que se dieron en los hogares mexicanos.

Materiales y métodos

Se realizó un análisis con las bases de datos de las Encuestas Nacionales de Ingreso-Gasto Hogares de México (ENIGH) del 2018, 2020, 2022 (12-14), del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (15-17), que son datos oficiales elaborados por un organismo público del Gobierno de México. Estudio transversal, retrospectivo y comparativo. Se trabajó con el total de hogares de México, que fue de 73.274 (2018), 87,732 (2020) y 88,794 (2022).

El presente estudio es la continuación de otro trabajo publicado (1). En este, se mantiene la misma metodología y variables, incluyendo en este los periodos de pandemia y posterior a ella (2020-2022).

Los criterios de inclusión fueron: sección de adquisición de alimentos para todos los hogares, nivel socioeconómico y escolar (jefes de familia), así como la inclusión de los tres periodos 2018, 2020, 2022. Se excluyeron los datos extremos.

Las variables utilizadas para el análisis de la información fueron: ENIGH 2018, 2020 y 2022, del módulo de gasto de alimentos y bebidas, nivel socioeconómico y escolar del jefe de familia.

Se utilizaron las ENIGH, por ser documentos oficiales representativos a nivel nacional y por ser las fuentes que contenían, la información más completa y detallada al respecto.

Para el análisis del módulo de adquisición de alimentos y bebidas de la ENIGH se tomaron los 240 alimentos que fueron los de mayor adquisición y más representativos, los cuales quedaron clasificados por grupos: cereales, de origen animal, frutas, verduras, leguminosas, azúcares, grasas, ultra procesados (cereales y carnes), bebidas azucaradas y otros (poco consumidos). Para la evaluación se tomaron en cuenta las cantidades en kilos o litros (según correspondía) reportadas por quincena, para toda la familia, adquiridos dentro y fuera del hogar.

En cuanto al nivel escolar, fueron los jefes de familia que respondieron, por ser las personas que tienen un papel activo en las decisiones de la adquisición de los alimentos (18) y por ser los principales proveedores. El nivel escolar, se clasificó conforme lo determina el Sistema Educativo Nacional de la Secretaria de Educación Pública (19) dividido en: primaria o menor educación, secundaria, preparatoria, licenciatura y más. Todos ellos concluidos o inconclusos.

Las condiciones socioeconómicas de los hogares, se tomaron en cuenta por ser un indicador de evaluación que se encuentra también presente en las Encuestas y con la clasificación de: nivel bajo, medio-bajo, medio-alto y alto, de acuerdo a las características de la vivienda (físicas y de equipamiento del hogar) expresado por medio de 24 indicadores construidos con información del Censo de Población y Vivienda (20).

En la estadística, se realizó un análisis de manera independiente para cada grupo de alimentos y por cada año comparado. Se utilizó la técnica de regresión lineal múltiple donde las variables dependientes fueron la adquisición de cada alimento y las variables predictoras fueron el nivel socioeconómico del hogar y el nivel escolar del jefe de familia. Así mismo, se utilizó un análisis de varianza para comparar la adquisición de alimentos entre los niveles escolares y socioeconómicos identificando si existían diferencias significativas entre ellos. Para este análisis se utilizó la prueba F de Snedecor y la prueba post-hoc Schefé, se tomó como estadísticamente significativo un valor de $p< 0,05$. Para el manejo de la base de datos, así como para el análisis estadístico, se utilizó el software especializado IBM SPSS Statistics versión 23. El trabajo no se sometió a un comité de ética, debido a que se trabajó sólo con bases de datos.

Resultados

La Tabla 1, presenta la distribución de las características de los hogares, comparados en los tres años de estudio. El nivel socioeconómico, medio- bajo se mantuvo a lo largo de los tres años, con el mayor número de hogares (52%), así como los niveles escolares con mayor porcentaje fueron primaria y secundaria en los tres años. La adquisición de todos los grupos de alimentos se incrementó en el 2020 y 2022, comparado con el 2018. Así como las bebidas azucaradas y cereales, superaron su adquisición notablemente en el 2020.

Tabla 1. Comparativo descriptivo de hogares mexicanos que integran el estudio 2018, 2020 y 2022.

Nivel socioeconómico al que pertenece los hogares	2018	2020	2022
	n (%)	n (%)	n (%)
Bajo	17,636 (24.07)	20,403 (23.26)	20,780 (23.40)
Medio bajo	38,544 (52.60)	46,289 (52.76)	46,595 (52.48)
Medio alto	12,400 (16.92)	15,310 (17.45)	15,597 (17.57)
Alto	4,694 (6.41)	5,730 (6.53)	5,822 (6.56)
Total	73,274 (100)	87,732 (100)	88,794 (100.00)
Nivel escolar del jefe de familia	n (%)	n (%)	n (%)
Primaria o menor educación	31,059 (42.39)	35,717 (40.71)	33,643 (37.89)
Secundaria	21,887 (29.87)	26,342 (30.03)	26,839 (30.23)
Preparatoria	10,442 (14.25)	13,122 (14.96)	14,293 (16.10)
Licenciatura y más	9,886 (13.49)	12,551 (14.31)	14,019 (15.79)
Total	73,274 (100.00)	87,732 (100)	88,794 (100.00)
Grupo de alimentos adquiridos	Kilos-litros/ quincena/ hogar		
	Media (D.E.)	Media (D.E.)	Media (D.E.)
Cereales	12,671 (±15.60)	24,878 (±28.99)	22,800 (±26.02)
De origen animal	11,457 (±11.72)	22,123 (±21.37)	20,748 (±19.59)
Frutas	3,414 (±7.24)	7,529 (±13.43)	6,504 (±11.55)
Verduras	5,606 (±6.42)	11,654 (±13.06)	10,894 (±12.66)
Leguminosas	1,246 (±2.48)	2,332 (±4.53)	2,173 (±4.92)
Azúcares	0,847 (±2.05)	1,656 (±4.14)	1,528 (±4.18)
Grasas	1,489 (±2.42)	2,970 (4.56)	2,909 (±4.52)
Ultra procesados	3,587 (±7.08)	12,363 (±38.10)	12,931 (±41.04)
Bebidas azucaradas	29,058 (±47.81)	67,386 (±103.23)	62,005 (±95.56)
Otros	26,713 (±55.09)	31,378 (±71.81)	31,881 (±68.81)

Tabla 2. Coeficiente de regresión lineal estandarizado entre el nivel socioeconómico y escolar en la adquisición de alimentos de hogares mexicanos 2018, 2020 y 2022

Grupo de alimentos	2018		2020		2022	
	Nivel					
	Socioeconómico (hogar)	Escolar (jefe de familia)	Socioeconómico (hogar)	Escolar (jefe de familia)	Socioeconómico (hogar)	Escolar (jefe de familia)
Cereal	-0,183*	-0,102*	-0,209*	-0,101*	-0,196*	-0,115*
De origen animal	0,060*	0,039*	0,040*	0,047*	0,026*	0,037*
Frutas	0,046*	0,077*	0,051*	0,094*	0,045*	0,081*
Verduras	-0,039*	-0,015*	-0,033*	0,001 ns	-0,045*	-0,014*
Leguminosas	-0,165*	-0,092*	-0,155*	-0,091*	-0,135*	-0,088*
Azúcares	-0,138*	-0,040*	-0,121*	-0,040*	-0,107*	-0,037*
Grasas	-0,043*	-0,013*	-0,038*	0,001 ns	-0,038*	-0,011*
Ultra procesados	0,023*	0,021*	0,010*	0,015*	0,012*	0,010*
Bebidas azucaradas	0,027*	0,045*	0,022*	0,043*	0,018*	0,044*

*p < 0,001 ns= No significativo

La Tabla 2, muestra los resultados del análisis de regresión con los coeficientes que representan la predicción de la adquisición en cada uno de los alimentos, en el nivel socioeconómico del hogar, nivel escolar del jefe de familia y por año. Casi todos los coeficientes fueron estadísticamente significativos (p<,001), en los tres años. El nivel socioeconómico fue el que predijo mejor la adquisición en casi todos los alimentos, excepto en frutas y bebidas azucaradas en los tres periodos. Así como el nivel escolar, lo fue para estos dos últimos grupos de alimentos mencionados. Mientras que los de origen animal solo fueron para el 2020 y 2022, y los ultras procesados para el 2020.

En la tabla 3, se muestran las comparaciones de los grupos de alimentos y niveles socioeconómicos, a partir del análisis de varianza múltiple, registrando

Tabla 3. Comparación en los promedios quincenales de adquisición de alimentos según nivel socioeconómico en hogares mexicanos 2018, 2020 y 2022

Grupo de alimentos	2018				2020				2022				Valor de F	*p*
	Nivel socioeconómico													
	Bajo	Medio bajo	Medio alto	Alto	Bajo	Medio bajo	Medio alto	Alto	Bajo	Medio bajo	Medio alto	Alto		
	Media (kilos-litros/hogar/quincena)													
Cereales	18,68	12,21	8,18	6,10	37,15	24,05	16,00	12,68	33,34	22.20	15,07	11,93	172,966	0,000
De origen animal	9,38	12,05	12,30	12,17	19,11	23,00	23,46	23,86	18.60	21,62	21,26	21,57	9,068	0,000
Frutas	2,67	3,42	3,82	5,11	5,86	7,52	8,85	10,32	5.23	6,53	7,31	8,80	22,734	0,000
Verduras [ns]	5,71	5,86	4,97	4,80	11,86	12,03	10,72	10,60	11.24	11,44	9,56	9,28	9,753	0,000
Leguminosas	2,16	1,10	0,67	0,51	3,90	2,14	1,31	1,04	3.71	1,99	1,17	0,94	73,601	0,000
Azúcares [ns]	1,45	0,73	0,50	0,43	2,74	1,49	1,01	0,91	2.51	1,39	0,92	0,87	42,374	0,000
Grasas [ns]	1,67	1,48	1,31	1,32	3,28	2,95	2,75	2,73	3.18	2,94	2,61	2,61	3,487	0,002
Ultra procesados	3,07	3,74	3,78	3,85	10,37	14,56	15,98	15,20	10.82	15,29	17,41	15,28	3,775	0,001
Bebidas Azucaradas [d]	23,89	30,95	29,94	32,58	59,91	71,53	71,18	77,76	54.91	66,03	64,14	70,81	4,952	0,000

*p < 0,001 ns= No significativo

Tabla 4. Comparación de los promedios quincenales de adquisición de alimentos según nivel escolar del jefe de familia de hogares mexicanos 2018, 2020 y 2022

Grupo de alimentos	2018				2020				2022				Valor de F	*p*
	Nivel educativo del jefe de familia													
	Con y sin Primaria	Secundaria	Preparatoria	Licenciatura y Posgrado	Con y sin Primaria	Secundaria	Preparatoria	Licenciatura y Posgrado	Con y sin Primaria	Secundaria	Preparatoria	Licenciatura y Posgrado		
	Media (kilos-litros/hogar/quincena)													
Cereales	15,52	12,50	10,12	6,93	30,31	24,96	20,25	14,60	28,13	23,26	18,96	13,54	75,697	0,000
De origen animal	10,43	12,04	12,58	12,19	20,25	23,20	23,70	24,28	19,33	21,60	22,08	21,79	12,386	0,000
Frutas	2,86	3,30	3,71	5,11	6,21	7,38	8,15	11,09	5,49	6,28	6,90	9,03	39,245	0,000
Verduras [a]	5,76	5,70	5,35	5,20	11,77	11,91	11,11	11,50	11,28	11.06	10,66	10,06	7,106	0,000
Leguminosas	1,67	1,16	0,83	0,56	3,08	2,25	1,57	1,19	3,01	2.06	1,58	1,03	47,858	0,000
Azúcares	1,07	0,78	0,64	0,52	2,05	1,60	1,32	1,02	1,93	1.49	1,24	0,99	15,299	0,000
Grasas	1,53	1,56	1,41	1,29	2,99	3,10	2,84	2,83	2,97	3.05	2,84	2,61	2,608	0,016
Ultra procesados	3,29	3,77	3,90	3,85	10,93	16,10	15,28	16,12	12,24	15.66	16,47	16,44	4,480	0,000
Bebidas Azucaradas	26,10	29,87	33,33	32,98	63,18	69,56	74,74	79,59	57,38	63.76	68,59	71,93	8,025	0,000

[a]= No significativo

diferencias estadísticamente significativas (*p*= <0,001). Las mayores diferencias, se observan en el 2020 y 2022, comparados con 2018. En los dos años más recientes, se incrementó de forma notable la adquisición de todos los grupos de alimentos. En el nivel bajo fueron: los cereales y azúcares; en el medio bajo: las verduras, en el medio alto: ultra procesados y en el alto: los de origen animal, frutas y bebidas azucaradas. El nivel socioeconómico bajo fue el que presentó el menor porcentaje de adquisición de alimentos de origen animal y alimentos ultra procesados durante los tres periodos.

En la tabla 4. Se muestra el comparativo sobre la adquisición de grupos de alimentos, por año y por nivel educativo (jefe de familia). Se encontró estadísticamente significativo (*p*= <0,001) la cantidad de adquisición de todos los grupos de alimentos y niveles educativos, en el 2020 y 2022 en comparación con 2018, existiendo la mayor diferencia en el 2020. En los últimos dos periodos, el incremento en cereales y leguminosas se dio, a nivel de primaria. Para los de secundaria, fue con las grasas. Así como para los de preparatoria se observaron con las verduras y ultra procesados (2022). Mientras que los de licenciatura y posgrado, fue con los de origen animal, frutas y bebidas azucaradas.

Discusión

El principal hallazgo encontrado fue que en el año 2020 (plena pandemia) y 2022 (después de la fase crítica de la pandemia), se incrementó de forma significativa, la adquisición de todos los alimentos, en comparación con el 2018 (previo a la pandemia). Este suceso es de particular interés, ya que no se esperaban estos resultados sino todo lo contrario. Sin embargo, terminó generando una resignificación de los elementos de la inversión de dinero, dirigiéndolo prioritariamente a la comida. Además de que esta tendencia de austeridad (supuesta), permanecería para el 2022, pero no fue así, ya que casi siguió igual su incremento alimentario.

El mejor predictor, para la adquisición de alimentos fue el nivel socioeconómico en los tres años. Este indicador, fue fundamental para la determinación de la cantidad, calidad y variedad de alimentos (9), aunque esta variable no es la única que interviene para decidir el tipo de alimento que se comprará (11), pero si es uno de los más determinantes. Como se observó en los resultados de este

estudio, y que coinciden con lo reportado por Ceballos- González (21), en su trabajo, al describir que los padres de familia con bajo nivel socioeconómico, están impedidos para tener un adecuado consumo de proteína de origen animal, frutas y verduras, que son fundamentales en una buena alimentación.

A pesar de que los recursos económicos que obtuvo la población fueron básicamente bajos, no se encontró una disminución en la adquisición de los alimentos, durante el 2020 (pandemia), aunque no se sabe con seguridad a que se debió, se cree que pudo haber ayudado los programas sociales. Este periodo fue, el que marcó una gran diferencia en la adquisición de los víveres, comparado con los otros dos, debido a que fue el año en el que se registraron los mayores incrementos en las cantidades de alimentos de forma significativa. Lo cual se refleja muy bien en los reportes de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición, al describir que éste fue un periodo de incremento significativo en el sobrepeso y obesidad de la población mexicana, (22). Lo que tiene que ver con los altos consumos de todos los alimentos, hipercalóricos y poco nutritivos, como son las bebidas azucaradas, que se incrementó de forma muy significativa su adquisición comparada con el 2018.

La alta ingesta de bebidas azucaradas sigue muy latente en el 2020, sobre todo en los niveles socioeconómicos más altos y mayores grados académicos (6, 23). Respuesta que no se esperaba, ya que al tener mayor acceso por los ingresos y escolaridad obtienen mejor información de lo que implica estos productos. Esta predilección por las bebidas azucaradas, responde a que no importa el precio ni efectos en la salud (24- 26) y lo único importante es el agrado por su consumo. El COVID resignificó hedónicamente las prioridades de consumo. Llamando la atención por sus implicaciones en la salud y que a pesar de que se sabe muy bien que es la causa del aumento de peso, desarrollo de varias enfermedades y asociación como causa de muerte (27) su adquisición persiste. La ingesta de las bebidas azucaradas, lejos de disminuir se ha incrementado de forma muy significativa y la población aún no alcanza a dimensionar el problema de salud y ambiental (poca agua) que implica la elaboración de estas bebidas.

Referente a la comparación entre alimentos, nivel socioeconómico y escolar, en el 2020 se incrementaron en su adquisición los cereales al doble en todos los niveles sociales y grado escolar. Situación que no coincide con el trabajo de Jiménez *et al* (28) al mencionar que la población universitaria, manifestó una pequeña disminución en la adquisición de alimentos procesados, así como mayor interés por una alimentación saludable. Son pocos los hogares que se encuentran en óptimas condiciones escolares, socioeconómicas y que además tengan una buena alimentación. La realidad es que la mayoría de la población mexicana lleva una dieta excedida en cereales como se puede ver en los resultados del presente trabajo, y en el sobrepeso y obesidad que reporta la ENSANUT 2021(4).

Los alimentos de origen animal, manifestaron el mismo incremento que los cereales (2020) a pesar de que éstos son de los más caros. Este fue el tercer grupo de alimentos de mayor adquisición, independientemente del nivel socioeconómico y educativo, las cantidades reportadas de adquisición con ambos indicadores son muy parecidas y los niveles más bajos son los que menos los consumen. Durante el periodo de la pandemia, hubo restricciones en los alimentos (3) y se creía que los de origen animal serian de los primeros en sufrirla, por lo que implica su costo, pero los resultados demostraron lo contrario. Coincidiendo con los de Rojas *et al* (29), donde encontraron que aumentaron la adquisición de carnes, embutidos, cereales, y bebidas azucaradas. Cabe mencionar, que sin lugar a duda existieron cambios muy importantes en la alimentación, por el Covid-19, pero no lo suficientemente fuertes para dejar de consumir la carne que es muy demanda por la población.

Las frutas y verduras, desafortunadamente se consumen en poca cantidad y los que más las llegan a consumir son los mayores grados educativos, situación que debería de darse por igual en toda la población. Este grupo de alimentos, con todo y que se incrementaron durante la pandemia, no fueron suficientes las cantidades consumidas de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana 043 (30), lo que demuestra que la población cree que consume suficientes verduras y frutas, pero la realidad es diferente (31) ya que, al preguntarles por las cantidades ingeridas, la respuesta es menos de 400 g. entre verduras y

frutas. Otro ejemplo concreto es que solo cada cuatro adultos y 2 escolares de 10, consumen verduras; así como 4 escolares de cada diez, y uno de cada tres, adolescentes consume frutas (32). Por lo tanto, se requiere de un programa sistémico de educación y facilidades económicas de acceso a frutas y verduras, para tratar de mejorar su consumo.

Referente a las leguminosas especialmente los frijoles, a pesar de ser un alimento ancestral y de gran variedad (33) que existe en la población mexicana, se observó un pequeño incremento en los años 2020 y 2022. Desafortunadamente solo fue en los niveles socioeconómicos y educativos más bajos, como siempre ha sido. La principal causa de su adquisición, es cuando el plato fuerte es insuficiente o solo se cuenta con este alimento. Los frijoles fueron uno de los principales alimentos de la dieta indígena, y esto a su vez ha llevado a la creencia en los niveles socioeconómicos y educativos altos a, no consumirlos, dado que los asocian con la pobreza y marginación, más que con un alimento nutritivo y esencial (34).

En el caso de los azúcares y grasas, se observa que las adquisiciones siempre fueron menores en el 2018, comparado con los otros dos periodos. Al ser los mayores grados académicos los que lo adquieren más, responden al estímulo de ser alimentos atractivos al paladar y gusto, y que se encuentran muy presentes en las preparaciones que se desarrollan en casa y se consumen en la calle. Estos alimentos son utilizados sin límite, ya que se pierde entre las preparaciones y no se perciben sus cantidades, porque se diluyen al combinarlos con otros alimentos sólidos. Las grasas y azúcares, les dan un sabor muy agradable a las preparaciones, pero tienen el inconveniente de proporcionar muchas calorías en poca cantidad. Eliminarlas no es fácil ya que se han integrado muy bien en la dieta cotidiana, al punto de que son más consumidos (grasas) que las leguminosas.

Referente a los alimentos ultra procesados, que superan en cantidad a los azúcares y grasas en el 2022 y que predominan en el nivel académico de licenciatura, no solo fue a nivel nacional, sino mundial mostrando un drástico aumento en el consumo de estos alimentos, lo que origina una gran preocupación al pasar a ser un problema de salud pública por las consecuencias que trae estos alimentos en la salud (7). Correa y col. (2) mencionan que el consumo más frecuentemente durante la pandemia. Su gran aceptación durante el periodo crítico de la pandemia, así como en la actualidad, se debe a que se consiguen fácilmente, largo almacenamiento, están listos para su consumo inmediato y porque existe una gran variedad.

Como se puede ver, los malos hábitos alimentarios de la población durante la pandemia se reflejaron en un inadecuado estado de nutrición y enfermedades crónicas (35,5). Si bien es cierto que en algunos lugares la alimentación mejoró como en las zonas rurales que regresaron a consumir su dieta tradicional y más saludable (36), pero no así para las urbanas, donde la tendencia fue consumir mayor cantidad de frituras y no realizar actividad física (37).

El 2020 fue el año que marco una gran diferencia, no solo por la pandemia sino también por el mayor incremento de todos los alimentos. Situación que desafortunadamente para el 2022, solo registraron pequeñas disminuciones y prácticamente se mantuvieron igual que el 2020. Por lo que se puede decir que los malos hábitos alimentarios, permanecen especialmente en las zonas urbana. La alimentación excesiva, se ha convertido en un severo problema en la población, en donde no solo influye el nivel social y educativo, sino otros indicadores, como lo menciona Braña *et al* (38) en su trabajo. Para atender los problemas de salud pública, se tiene que tomar en cuenta el género, legislación, educación y economía.

Conclusiones

El periodo 2020, marcó una gran diferencia, no solo por la contingencia sino por los incrementos alimentarios negativos que no se esperaban, en todos los grupos socioeconómicos considerados. Particularmente el nivel socioeconómico bajo, a pesar de que fue un periodo de crisis económica, siguió consumiendo alimentos poco saludables, (refresco y procesados). Esto es un claro ejemplo, de que modificar los hábitos alimentarios no es nada fácil, ya en condiciones más severas no se dieron cambios, menos aún en la normalidad. Por

ello es prioritario que las políticas públicas: a) implementen normativas que controlen la mercadotecnia de alimentos hipercalóricos y poco nutritivos b) promuevan orientación alimentaria independientemente de los diferentes niveles sociales y educativos c) permitan acceder económica y fácilmente a los alimentos saludables (frutas, verduras y leguminosas) d) incrementar impuestos a bebidas azucaradas y alimentos procesados. Así la población, tomará decisiones adecuadas con conocimiento y estarán convencidos de los alimentos que adquirirán.

Conflictos de intereses

Los autores declaramos que no tenemos conflictos de interés en la publicación del presente estudio.

Contribución de cada uno de los autores

- María del Refugio Carrasco Quintero: Dirección, diseño, planificación, metodología y enfoque teórico
- Eric Ramírez Sánchez: Recopilación, selección y procesamiento de resultados de la información de las bases de datos.
- Marsela Álvarez y María del Refugio Carrasco: Análisis estadístico de la información e interpretación de los datos, así como discusión de hallazgos.
- José Antonio Roldán Amaro y Enrique Contreras Suárez: Redacción y revisión general del borrador original, revisión crítica con aportes importantes.
- Juan Carlos Aguilar Carrasco y Dr. José Antonio Roldán: Desarrollo del escrito, sustento teórico y validación del manuscrito.

Referencias

1. Carrasco-Quintero MDR, Ramírez-Sánchez E, Álvarez-Izazaga M, Chávez-Villasana A, Roldán-Amaro JA, Cortés-Pérez T. Diferencias por nivel socioeconómico y escolar en la adquisición de alimentos de la población mexicana. Nutr Hosp. 2023; 40(3):591-596. http://doi.org/10.20960/nh.04396
2. Correa-Solís E, Duarte-Ayala RE, Rodríguez-Aboytes AS, Velasco-Rojano E. Descripción de la compra y consumo de alimentos y bebidas durante la emergencia sanitaria por COVID-19 en habitantes de la Ciudad de México. Rev RedNutrición 2022;13(1):922-927. https://www.researchgate.net/publication/361162337
3. Gaona-Pineda EB, Rodríguez-Ramírez S, Medina-Zacarías MC, Valenzuela-Bravo DG, Martínez-Tapia B, Arango-Angarita A. Consumidores de grupos de alimentos en población mexicana. Ensanut Continua 2020-2022. [Internet] Salud Publica México. 2023; 65: s248-s258. https://doi.org/10.21149/14785
4. Shamah-Levy T, Romero-Martínez M, Barrientos-Gutiérrez T, *et al*. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2021 sobre Covid-19. Resultados nacionales [Internet]. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública; 2022. 324 p. https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanutcontinua2021/doctos/informes/220804_Ensa21_digital_4ago.pdf
5. Buenrostro N, Véjar LS, Barquera S, Rivera-Dommarco JÁ. COVID-19, obesidad y enfermedades crónicas en México. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública; [sin fecha]. https://secihti.mx/covid-19-obesidad-y-enfermedades-cronicas-en-mexico/
6. Meza-Miranda E, Núñez-Martínez B, Durán-Agüero S, *et al*. Consumo de bebidas azucaradas durante la pandemia por Covid-19 en doce países iberoamericanos: Un estudio transversal. Rev. chil. nutr. 2021; 48(4):569-577. http://doi.org/10.4067/S0717-75182021000400569
7. Zhang Y, Giovannucci EL. Ultra-processed foods and health: a comprehensive review Crit Rev Food Sci Nutr. 2023;63(31):10836-10848. https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2084359
8. Hernández A, Di Iorio AB, Tejada OA. Contenido de azúcar, grasa y sodio en alimentos comercializados en Honduras, según el etiquetado nutricional: prueba para la regulación de alimentos procesados y ultraprocesados. Rev Esp Nutr Hum Diet 2018;22(2):108-116. https://www.renhyd.org/renhyd/article/view/413/354
9. Mora García M, Rodríguez-Amado O, Ramírez-Ortiz Y, Vesga-Bohórquez D. Calidad, cantidad y variedad alimentaria: ¿cómo influye el nivel socioeconómico? 2021. http://hdl.handle.net/10882/10828
10. Muñoz Salvador L, Briones Urbano M, Pérez Y. Cambios en el comportamiento alimentario de personas adultas con elevado nivel académico durante las diferentes etapas del confinamiento domiciliario por COVID-19 en Iberoamérica. Nutr Hosp 2022;39(5):1068-1075. https://doi.org/10.20960/nh.04018.
11. Consejo Europeo de Información sobre la Alimentación (EUFIC). Los factores determinantes de la elección de alimentos. Bruselas: EUFIC; 2006 https://www.eufic.org/es/vida-sana/articulo/los-factores-determinantes-de-la-eleccion-de-alimentos
12. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH), nueva serie, 2018 México: INEGI; 2019 https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/nc/2018/

13. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH), nueva serie, 2020 [Internet]. México: INEGI; 2022 https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/nc/2020/
14. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH), nueva serie, 2022 México: INEGI; 2023. https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/nc/2022/
15. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH), nueva serie, 2018: descripción de la base de datos México: INEGI; 2018 https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/511
16. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH), nueva serie, 2020: descripción de la base de datos México: INEGI; 2021 https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/685
17. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH), nueva serie, 2022: descripción de la base de datos. México: INEGI; 2023. https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/901
18. Jaen J, Collado-López S, Armenta-Guirado BI, G-Olvera A, Hernández-F M. Share of food group expenditure in Mexican households according to the gender of the head of household and size of the locality. Public Health Nutr. 2024;27(1):e131. https://doi.org/10.1017/s1368980024001010
19. Secretaría de Educación Pública (SEP). Educación por niveles [Internet]. Ciudad de México: Gobierno de México; 2018 https://www.gob.mx/sep/acciones-y-programas/educacion-por-niveles
20. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Población. Viviendas México: INEGI; 2020 https://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/vivienda.aspx/
21. Ceballos-González LE. La alimentación saludable y el nivel socioeconómico: Voces de los jefes de hogar. Venezuela. ReNaCientE 2020;1(1):31-52. https://doi.org/10.46498/renacipb.v1i1.1396
22. Campos-Nonato I, Galván-Valencia Ó, Hernández-Barrera L, Oviedo-Solís C, Barquera S. Prevalencia de obesidad y factores de riesgo asociados en adultos mexicanos: resultados de la Ensanut 2022. Salud Publica Mex. 2023; 65 (Supl 1): S238-S247. https://doi.org/10.21149/14809
23. Arias-Cabanillas AC, Noris-Quintero AA, Ortiz-Brambila MG, Leyva-López NK. Frecuencia del consumo de bebidas azucaradas en una población universitaria con conocimientos sobre salud en México. Nutr Clín Diet Hosp. 2024;44(1):164-72. https://doi.org/10.12873/441arias
24. Villafaña-Guillén N, Rojas-Lemus M, González-Villalva A, *et al*. Consumo de bebidas azucaradas y sus efectos en la salud. Rev Fac Med Univ Nac Auton Mex 2025;68(3): 9-19. http://doi.org/10.22201/fm.24484865e.2025.68.3.02
25. Malik VS, Hu FB. The role of sugar-sweetened beverages in the global epidemics of obesity and chronic diseases. Nat Rev Endocrinol. 2022; 18(4):205-218. https://doi.org/10.1038/s41574-021-00627-6
26. Puente-Lozano HC. Implicaciones del consumo de refrescos en la salud mental y el comportamiento agresivo. GICF 2022; 4; 30-38. https://www.uv.es/gicf/4A3_Puente_GICF_42.pdf
27. Braverman-Bronstein A, Camacho-García-Formentí D, Zepeda-Tello R, *et al*. Mortality attributable to sugar sweetened beverages consumption in Mexico: an update. Int J Obes (Lond) 2020; 44(6):1341-1349. https://doi.org/10.1038/s41366-019-0506-x
28. Jiménez-Asencio N, Martínez-Aguilar D, López-Quero J, Carrillo-Navarro A. Efectos de la pandemia de COVID-19 en la compra y consumo de alimentos en universitarios Rev Esp Nutr Comunitaria. 2022; 28 (2): https://www.renc.es/imagenes/auxiliar/files/RENC-D-21-0061._ORIGINAL.pdf
29. Rojas-Calisto JP, Doepking-Mella CE, Jiménez-Torres SR. Consumo alimentario durante el confinamiento por COVID-19 en adultos sanos. Rev. Cuba. Med. Mil. 2023;52(2): e02302296. https://revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/view/2296
30. Secretaría de Salud (México). Norma Oficial Mexicana NOM-043-SSA2-2012. DOF - Diario Oficial de la Federación. www.dof.gob.mx. 2013. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5285372&fecha=22/01/2013.
31. Castagnino AM, Marín-Castro MA, Díaz K E *et al*. Realidad latinoamericana de la producción y consumo de hortalizas 2020, en tiempos del Covid-19. Horticultura Argentina 2020; 39(100) 149-188. https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/182209
32. Secretaría de Salud (SSA); Instituto Nacional de Salud Pública (INSP); Grupo Interinstitucional Salud, Alimentación y Medio Ambiente (GISAMAC); Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). Guías alimentarias saludables y sostenibles para la población mexicana [Infografía]; 2023 [Internet] México. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/863927/Infografi_a_de_Policy_Brief_y_Recomendaciones_generales_16Oct23OK.pdf
33. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Frijol, historia y sabor [Internet]. México. 2020. https://www.gob.mx/agricultura/articulos/frijol-historia-y-sabor
34. Quintero-Fernández MG, Alanís-García E, Ortega-Ariza JA, Ramírez-Moreno E. El consumo de las leguminosas y su efecto sobre la prevalencia del síndrome metabólico. Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. 2022; 11(21):139-149. https://doi.org/10.29057/icsa.v11i21.9664
35. Colín Avilés M, Delgado Jacobo DP. El peso corporal durante el confinamiento por COVID-19. Psic-Obesidad. 2023;13(52):11-14. https://doi.org/10.22201/fesz.20075502e.2023.13.52.88976

36. Hernández-Galindo HS, Alanís-García E, Omaña-Covarrubias A. La Dieta de La Milpa: como una alternativa en salud pública en el Valle del Mezquital Hidalguense, después de la pandemia de la covid-19. Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. 2022; 10(20):7-20. https://doi.org/10.29057/icsa. v10i20.8362.
37. Zamarripa J, Marroquín-Zepeda SD, Ceballos-Gurrola O, Flores-Allende G, García-Gallegos JB. Nivel de actividad física y conductas sedentarias antes y durante el confinamiento a causa del COVID-19 en adultos mexicanos. Retos. 2021; 42:898-905. https://doi.org/10.47197/retos.v42i0.87278
38. Braña-Marcos B, Fernández-Arce L, Mezquita-Yarza E, Fernández-García C, Vegas-Pardavila E. Determinantes sociales y su influencia en la cesta de la compra: una aproximación desde la observación participante. Rev Esp Nutr Comunitaria. 2020; 27(1):55-60. https//doi.org/10.14642/RENC.2021.27.1.5355

Recibido: 05/02/2026
Aceptado: 28/05/2026

ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICIÓN
Revista de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición
https://doi.org/10.37527/2026.76.2.005
Publicado: 15/06/2026

Vol. 76 N° 2; abril - junio 2026
Artículo Original

Diseño y validación de un cuestionario para evaluar comportamiento alimentario en estudiantes de una universidad peruana

Cindy Sofia Gutiérrez Nieto[1], *Leidy Vanessa Moroco Luciano*[1], *Víctor Mamani-Urrutia*[1], *Rubén Espinoza-Rojas*[2].

Resumen: Introducción: el comportamiento alimentario es un determinante clave de la salud y se asocia con el desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles, particularmente en población universitaria. En el Perú, la ausencia de instrumentos validados que evalúen de manera integral este comportamiento en estudiantes de ciencias de la salud limita la identificación de patrones de riesgo y el diseño de intervenciones preventivas. **Objetivo:** diseñar y validar un cuestionario para medir el comportamiento alimentario en estudiantes universitarios de ciencias de la salud de una universidad privada de Lima, Perú. **Materiales y métodos:** estudio instrumental de validación psicométrica, transversal. El cuestionario CECAU se desarrolló en tres fases: preliminar (revisión bibliográfica y construcción de ítems), exploratoria (validez de contenido por juicio de expertos y prueba piloto) y final (validación psicométrica). Participaron 523 estudiantes seleccionados por muestreo no probabilístico. Se evaluó la validez de constructo mediante análisis factorial confirmatorio, prueba de esfericidad de Bartlett e índice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), y la confiabilidad con el alfa de Cronbach. **Resultados:** el CECAU inicial incluyó 35 ítems; tras el análisis factorial confirmatorio se eliminaron 11, obteniéndose una versión final de 24 ítems distribuidos en cinco factores. La matriz fue factorizable (KMO = 0,85; $p < 0,01$) y el modelo mostró buen ajuste (CFI = 0,94; TLI = 0,93; RMSEA = 0,055; SRMR = 0,058). La consistencia interna fue aceptable (α = 0,797). Conclusiones: el CECAU presenta evidencia aceptable de validez de constructo y confiabilidad interna, siendo un instrumento válido y fiable para evaluar el comportamiento alimentario en universitarios peruanos de ciencias de la salud. **Arch Latinoam Nutr 2026; 76(2): 118-127.**

Palabras clave: comportamiento alimentario; validación de instrumentos; estudiantes universitarios; ciencias de la salud; psicometría.

Abstract: Design and validation of a questionnaire to assess eating behavior in students from a Peruvian university. Introduction: Eating behavior is a key determinant of health and is associated with the development of non-communicable chronic diseases, particularly among university students. In Peru, the lack of validated instruments that comprehensively assess eating behavior in health sciences students limits the identification of risk patterns and the design of preventive interventions. **Objective:** To design and validate a questionnaire to measure eating behavior in health sciences university students from a private university in Lima, Peru. **Materials and methods:** An instrumental, cross-sectional psychometric validation study was conducted. The CECAU questionnaire was developed in three phases: preliminary (literature review and initial item construction), exploratory (content validity through expert judgment and pilot testing), and final (psychometric validation). The sample consisted of 523 health sciences students selected through non-probabilistic sampling. Construct validity was assessed using confirmatory factor analysis, Bartlett's test of sphericity, and the Kaiser–Meyer–Olkin (KMO) index, while reliability was evaluated using Cronbach's alpha. **Results:** The initial CECAU included 35 items; after confirmatory factor analysis, 11 items were removed, resulting in a final version of 24 items distributed across five factors. The matrix was factorable (KMO = 0.85; $p < 0.01$), and the model showed good fit indices (CFI = 0.94; TLI = 0.93; RMSEA = 0.055; SRMR = 0.058). Internal consistency was acceptable (α = 0.797). **Conclusions:** The CECAU demonstrates acceptable evidence of construct validity and internal reliability, making it a valid and reliable instrument for assessing eating behavior in Peruvian health sciences university students. **Arch Latinoam Nutr 2026; 76(2): 118-127.**

Keywords: Eating behavior; Instrument validation; University students; Health sciences; Psychometrics.

Introducción

En la actualidad, las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT), como el sobrepeso y la obesidad, constituyen uno de los principales problemas de salud pública a nivel mundial. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que más de 1 900 millones de adultos presentan exceso de peso, lo que incrementa el riesgo de enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2 y otros trastornos metabólicos, afectando de manera creciente a poblaciones jóvenes, incluidos los estudiantes universitarios (1). En el contexto latinoamericano y específicamente en

[1]Grupo de Investigación Nutrición y Alimentación Humana (GINAH), Carrera de Nutrición y Dietética, Universidad Científica del Sur. Lima, Perú. [2]Instituto de Investigaciones en Ciencias Biomédicas, Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú.
Autor para la correspondencia: Víctor Alfonso Mamani Urrutia, e-mail: vmamaniu@cientifica.edu.pe

CC BY NC

el Perú, esta problemática es igualmente preocupante. Según los últimos reportes de la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES), la prevalencia de exceso de peso es elevada en jóvenes, observándose una mayor proporción en mujeres (65,6%) en comparación con los varones (59,2%) a nivel nacional (2). La población universitaria es particularmente vulnerable a la adopción de hábitos alimentarios poco saludables, debido a factores como la elevada carga académica, el estrés emocional y la transición a una mayor autonomía alimentaria. Estas condiciones favorecen un alto consumo de sal, grasas y azúcares provenientes de alimentos ultraprocesados y comida rápida, así como un incremento del sedentarismo, el cual se asocia estrechamente con el estrés, la ansiedad y la depresión (3,4). En especial, los estudiantes que cursan los últimos ciclos académicos suelen permanecer más tiempo en sus centros de estudio, lo que impacta negativamente en su comportamiento alimentario, bienestar mental y entorno sociocultural (3-5).

En este contexto, el comportamiento alimentario (CA) se reconoce como un determinante clave de la salud, al integrar factores psicológicos, sociales, biológicos y culturales que influyen en la elección y consumo de alimentos (3). La evaluación estandarizada del CA resulta fundamental para identificar patrones de riesgo, diseñar intervenciones preventivas y fortalecer la vigilancia en salud pública. Si bien existen instrumentos desarrollados y adaptados en otros países, como el validado en población chilena (6), o aquellos que evalúan la frecuencia de consumo de azúcares y productos ultraprocesados en adultos argentinos (7), no se ha identificado un instrumento específico y validado para medir el CA en estudiantes universitarios de ciencias de la salud en el Perú.

Esta carencia es relevante, considerando que los futuros profesionales de la salud desempeñan un rol clave en la promoción de estilos de vida saludables. Por ello, se identificó la necesidad de desarrollar un instrumento que evalúe de manera integral el CA, incorporando dimensiones como hábitos alimentarios, hábitos nocivos, frecuencia de consumo de alimentos, relación emocional con los alimentos y comprensión del etiquetado nutricional (8).

El diseño y validación de instrumentos en poblaciones específicas requiere un proceso metodológico riguroso que garantice su validez y confiabilidad. En el caso del CA, dada su naturaleza multidimensional y su impacto en el bienestar físico, mental y social, resulta indispensable sustentar el instrumento en un marco teórico sólido y emplear métodos estructurados de consenso, como el método Delphi, ampliamente utilizado para la validación de contenido en investigaciones en salud (9,10).

Por lo expuesto, el presente estudio tuvo como objetivo diseñar y validar un instrumento para medir el comportamiento alimentario en estudiantes universitarios de ciencias de la salud de una universidad privada de Lima, Perú.

Materiales y métodos

Diseño de estudio

Se realizó un estudio instrumental de validación psicométrica, con un diseño de corte transversal, orientado al diseño y evaluación de las propiedades métricas del cuestionario para evaluar el comportamiento alimentario en universitarios (CECAU).

Lugar de estudio

El presente estudio se realizó en la Universidad Científica del Sur, en la sede que se encuentra en el distrito de Villa El Salvador (campus Villa I y II) y la sede de Cantuarias ubicada en el distrito de Miraflores, ambas locaciones pertenecen a Lima Metropolitana de Perú.

Población

En la Universidad Científica del Sur se tenían un total de 19 333 estudiantes matriculados en el año 2023 (11), en las carreras de Medicina Humana (9 798 estudiantes), Nutrición y Dietética (1 125 estudiantes), Enfermería (1 742 estudiantes), Estomatología (1 342 estudiantes), Farmacia y Bioquímica (982 estudiantes), Obstetricia (863 estudiantes) y Psicología (3 481 estudiantes).

La población del estudio estuvo conformada por estudiantes de ciencias de salud que cursan entre el 8 a 14 ciclo de las carreras de ciencias de la salud de la Universidad Científica del Sur, sin límite de edad.

Tamaño de la muestra

Se utilizó el programa OpenEpi (12), y se tomó como referencia el estudio de Roco-Videla sobre cómo calcular el tamaño adecuado para validar un instrumento en estudios nutricionales (13). Se calculó la muestra considerando una población de 19 333 estudiantes, una frecuencia esperada del 50%, un nivel de confianza del 97%, un margen de error del 5% y un efecto de diseño de 1,0. Se obtuvo una muestra mínima de 460 participantes, a la cual se adicionó un 10% para compensar posibles rechazos o no respuesta, resultando en un tamaño requerido de 506 estudiantes. Finalmente, se incluyeron 523 participantes. El muestreo fue no probabilístico por conveniencia.

Diseño y validación del cuestionario

El diseño y validación del CECAU se desarrolló en tres fases: preliminar, exploratoria y final.

Fase preliminar

En esta fase se realizó una búsqueda bibliográfica en Medline, Scopus, Science Direct, Scielo y EBSCO. Se identificaron 8 artículos comprendiendo similitudes con el estudio, las cuales comprenden diseño y validación de un cuestionario, adaptación sobre comportamiento alimentario, frecuencia de consumo y estilo de vida saludable (14-21), las cuales fueron de vital importancia para definir las variables del instrumento como el comportamiento alimentario y sus factores relacionados (factor social, factor cultural, estado mental y entorno ambiental). Se identificó un conjunto de 35 ítems para su elaboración inicial y se distribuyeron en 6 secciones: hábitos alimentarios, frecuencia de alimentos, hábitos nocivos, hábitos saludables, conocimiento del etiquetado y alimentación emocional. Además, se revisó la adecuación de algunas preguntas referidas a los alimentos para emplear un lenguaje específico al contexto peruano (p.ej. aguacate fue reemplazada por palta), obteniéndose la primera versión del CECAU. Los ítems se determinaron en opciones de respuesta con escala tipo Likert (nunca, raramente, ocasionalmente, frecuentemente y muy frecuentemente) con una puntuación de 1 al 5 respectivamente, esta fase se realizó durante los meses de agosto a octubre del 2021.

Fase exploratoria

Se convocó a un grupo de 5 expertos nutricionistas (investigadores y/o docentes universitarios, titulados y colegiados, con grados académicos de maestría y doctorado), para evaluar la validez del CECAU, esta fase se realizó entre los meses de junio y agosto de 2022, en el cual, se llevó a cabo dos rondas de revisión para el levantamiento de observaciones del instrumento. Asimismo, se sugirió al panel de expertos evaluar mediante los indicadores de: (1) pertinencia en sus valores y respuestas; (2) relevancia de acuerdo con los componentes del constructo; y (3) claridad con el lenguaje apropiado y facilidad de comprensión. La validez de los expertos se obtuvo mediante el coeficiente de Aiken con un valor del 0,935, por lo que es considerado dentro del rango más que aceptable (22). Las sugerencias de los expertos se recopilaron mediante una tabla resumen para modificar el CECAU, de acuerdo con ello se eliminaron dos ítems y se añadieron dos preguntas adicionales en la sección de alimentación emocional, obteniendo la segunda versión del cuestionario. Posteriormente, se realizó una prueba piloto con 44 estudiantes que cumplían los criterios de inclusión del estudio, pero no formaron parte de la muestra final. El alfa de Cronbach obtenido fue de 0,705, el cual se considera fiable para determinar que guardan consistencia entre sí (23).

Fase final

Finalmente, la aplicación del cuestionario para obtener las propiedades psicométricas del CECAU, se realizó mediante la solicitud pertinente a los coordinadores de las carreras de ciencias de la salud, los cuales nos brindaron los correos de los docentes de cursos a partir del 8vo ciclo en adelante. Cada docente nos brindó un espacio de 15 minutos para poder explicar a los estudiantes el objetivo del estudio, sobre el consentimiento informado y aclarar cualquier duda antes de resolver la encuesta, siendo totalmente voluntaria su participación. Se empezó la recolección de datos de manera presencial y/o virtual a partir del mes de abril del 2023 con la carrera de Nutrición y dietética, seguido de Psicología, Enfermería, Obstetricia, Estomatología, Farmacia y Bioquímica y Medicina Humana finalizando la recolección en el mes de octubre del 2023. Posteriormente, se procedió a realizar el control de calidad de

la base de datos para los análisis estadísticos finales.

Análisis de datos

Para la recolección de datos se empleó un cuestionario virtual, el cual se exportó a una base de datos de Excel versión 2022. Asimismo, se usó el programa R para el cálculo de análisis estadísticos, en primer lugar, se aplicó la estadística descriptiva para determinar porcentajes de las características de la muestra y determinar la mediana y rango intercuartil de cada variable. Para aplicar el análisis factorial confirmatorio (AFC), se empleó la matriz de correlación, la prueba de esfericidad de Bartlett para la hipótesis nula, se aceptó un p valor menor a 0,01 para determinar una correlación estadísticamente significativa, también se calculó la prueba de Kaiser Meyer Olkin (KMO) para la adecuación de los datos, se aceptó un valor mayor a 0,80.

Aspectos éticos

El estudio fue aprobado por el Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Científica del Sur (código de registro 868-2021-PRE17). Todos los participantes firmaron un consentimiento informado previo a su inclusión.

Tabla 1. Características de los estudiantes universitarios, Lima-Perú, 2023 (n=523).

Variables		N	%
Edad*		24,0	3,0
Sexo	Femenino	346	66,2%
	Masculino	177	33,8%
Estado civil	Soltero	502	96,0%
	Casado	18	3,4%
	Viudo	3	0,6%
	Divorciado	0	0,0%
Carrera	Nutrición y Dietética	81	15,5%
	Psicología	49	9,4%
	Estomatología	28	5,4%
	Medicina Humana	300	57,4%
	Farmacia y bioquímica	20	3,8%
	Enfermería	16	3,1%
	Obstetricia	29	5,5%
Ciclo	Ciclo 8	138	26,4%
	Ciclo 9	106	20,3%
	Ciclo 10	107	20,5%
	Ciclo 11	40	7,6%
	Ciclo 12	72	13,8%
	Ciclo 13	36	6,9%
	Ciclo 14	24	4,6%

*Mediana y rango intercuartil

Resultados

Para la validación del CECAU se encuestó a 523 estudiantes, el cual 160 (30,6 %) fueron de manera presencial y 363 (69,4 %) de manera virtual. Además, el 66,2% fueron mujeres, predominando en todas las carreras de ciencias de la salud, en cuanto a la edad, se obtuvo un rango de 19 a 58 años obteniendo una mediana de 24 años (rango intercuartil=3,0). Las características sociodemográficas se presentan en la Tabla 1.

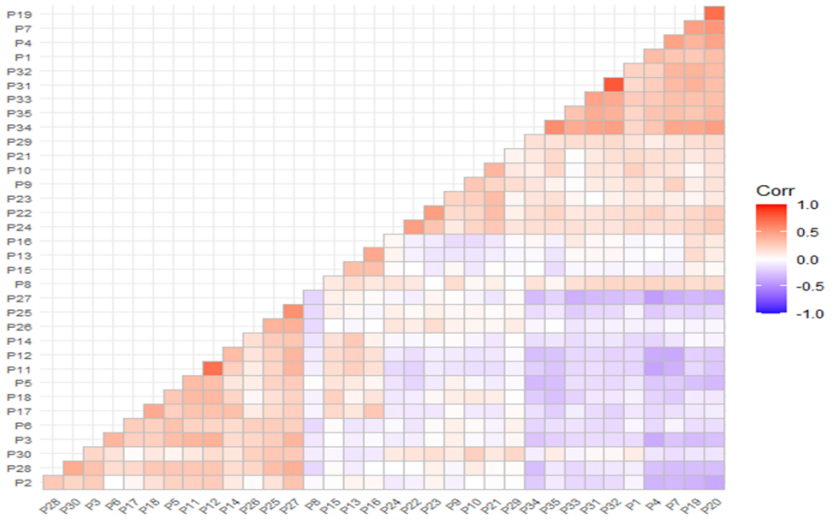
Los estadísticos descriptivos de los 35 ítems iniciales del CECAU se muestran en la Tabla 2. Las medianas por ítem oscilaron entre 1,0 y 4,0, con rangos intercuartiles entre 0,0 y 3,0, evidenciando adecuada variabilidad de respuesta, el CECAU en general obtuvo una mediana de 2,77 y un rango intercuartil de 1,63 (Tabla 2).

En cuanto a la matriz de correlación policórica de las variables se obtuvo una pirámide de colores en una escala de menor a mayor puntaje de -0,1 a 1, observando que algunos ítems guardan más correlación con otros (Figura 1). Por ello se aplicó la prueba de esfericidad de Bartlett para determinar si la hipótesis nula demuestra que las variables no guardan correlación en la población estudiada, por lo tanto, al obtener un *p* valor <0,01 se aceptó la hipótesis alternativa. Asimismo, se aplicó el criterio de KMO con un valor de 0,85, siendo un valor meritorio para la adecuación del muestreo para las variables del instrumento. Por lo tanto, ambas pruebas indican que la matriz de correlación es factorizable.

Se aplicó el AFC para determinar que los ítems del CECAU se correlacionen con los factores, se consideró

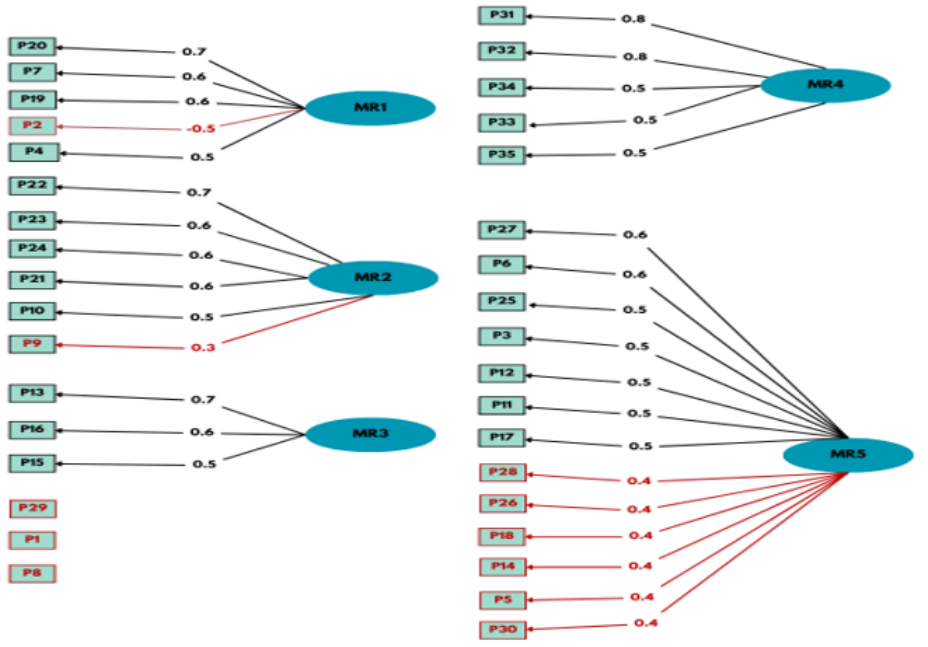
Tabla 2. Mediana y rango intercuartil de los ítems iniciales del CECAU, 2023.

Ítems	Mediana	Rango intercuartil
1. Suelo saltarme las comidas principales.	3,0	1,0
2. Evito preparaciones como frituras, empanados y rebozados.	3,0	2,0
3. Suelo preparar mis alimentos.	3,0	2,0
4. Consumo preparaciones de alimentos fuera de casa.	3,0	2,0
5. Suelo tomar agua pura (agua mineral, filtro o hervida).	4,0	2,0
6. Mastico bien los alimentos antes de ingerirlos.	3,0	2,0
7. En el break de las clases prefiero consumir comida rápida o alimentos ultra procesados.	3,0	2,0
8. Como mis alimentos junto con aparatos electrónicos (televisor, celular, laptop, etc.).	4,0	2,0
9. Suelo agregar sal adicional a mis comidas.	2,0	2,0
10. Consumo vitaminas o suplementos dietéticos en reemplazo de algunas comidas.	1,0	2,0
11. Frutas (manzana, durazno, mandarina, piña, sandía y otros).	3,0	1,0
12. Verduras (brócoli, tomate, zanahoria, pepinillo y otros).	4,0	1,0
13. Carnes blancas (pollo, pavita, cuy, conejo y otros) y carnes rojas (res, cerdo, cordero y otros).	4,0	1,0
14. Pescado y mariscos (jurel, bonito, atún, choros y otros).	3,0	2,0
15. Lácteos (leche, queso, yogurt y otros).	4,0	1,0
16. Tubérculos (papa, camote, olluco, oca, yuca, yacón, y otros) y cereales (arroz, trigo, quinua, kiwicha, avena, cañihua y otros).	4,0	1,0
17. Menestras (lentejas, pallares, garbanzos, arveja partida, frejoles, tarwi y otros).	3,0	1,0
18. Frutos secos (almendra, pecana, nuez, pistachos) y semillas (chía, de girasol, ajonjolí, linaza, sésamo, de calabaza, cáñamo y otros).	3,0	1,0
19. Alimentos ultra procesados (snacks, galletas, jugos artificiales, gaseosas, dulces, chocolates y otros).	3,0	2,0
20. Comida rápida (hamburguesa, pollo a la brasa, pizza, salchipapa y otros.)	3,0	2,0
21. Consumo laxantes.	1,0	1,0
22. Consumo cigarrillos.	1,0	1,0
23. Consumo algún tipo de droga ilegal (marihuana, cocaína, heroína, etc.).	1,0	0,0
24. Consumo bebidas alcohólicas (cerveza, vodka, pisco, etc.).	2,0	2,0
25. Realizo de 150 a 300 minutos de actividad moderada (caminar a paso rápido, bailar, jardinería, tareas domésticas entre otros) o 75 minutos de actividad vigorosa (bicicleta, ejercicios aeróbicos, natación y práctica de algún deporte) por semana.	3,0	2,0
26. Duermo más de 7 a 8 horas diarias.	2,0	1,0
27. Tengo un estilo de vida saludable (es la interacción entre las condiciones de vida, factores socioculturales y características personales).	3,0	1,0
28. Leo la información nutricional de un producto antes de comprarlo.	2,0	2,0
29. Es complicado leer y comprender la etiqueta nutricional de un producto.	2,0	2,0
30. Me controlo en mis comidas mediante dietas.	2,0	2,0
31. Cuando me siento ansioso(a) prefiero comer en exceso.	3,0	2,0
32. Cuando me siento estresado(a), habitualmente siento que necesito comer.	3,0	2,0
33. Pienso que me hace falta mejorar mi alimentación.	4,0	2,0
34. Cuando veo ofertas o promociones sobre alimentos ultra procesados o comida rápida quiero consumirlos.	3,0	2,0
35. Mis compañeros influyen en mi elección de alimentos a la hora de comer.	2,0	3,0



Nota. La figura muestra que las variables del CECAU muestra correlación tanto positiva como negativa entre sí. La coloración roja oscura representa una correlación positiva alta (cercana a +1). La coloración azul oscuro representa una correlación negativa alta (cercana a -1). La coloración más clara representa poca o nada de correlación (cercana a 0).

Figura 1. Correlación entre las variables del CECAU



Nota. La figura muestra que las variables P29, P1 y P8 no presentan correlación con ningún factor y P2 tiene una correlación negativa con su factor. Las variables P28, 26, 18, 14, 5, 9 y 30 son menores a 0,45.

Figura 2. Diagrama de correlación de las variables de acuerdo con su factor.

aceptable desde 0,45, por lo cual se eliminaron 7 preguntas; asimismo, se eliminaron 4 preguntas porque no se correlacionaron con ningún factor. Finalmente, los ítems restantes se dividieron en cinco factores con una nueva distribución, siendo 24 ítems (68,57%), mientras que 11 ítems (31,43%) se eliminaron del cuestionario sometido a validación (Figura 2). Para complementar el AFC del CECAU, se calcularon los principales índices de bondad de ajuste del modelo. El modelo mostró un ajuste global aceptable: chi-cuadrado (χ^2) =560,3; p<0,001; Índice de Ajuste Comparativo (CFI)=0,94; Índice de Tucker–Lewis (TLI)=0,93; Error Cuadrático Medio de Aproximación (RMSEA)=0,055 con Intervalo de Confianza al 95% (IC 95%: 0,048–0,062); y Raíz del Residuo Cuadrático Medio Estandarizado (SRMR)=0,058. En conjunto, valores de CFI y TLI cercanos o superiores a 0,90, junto con un RMSEA y SRMR menores a 0,08, sugieren que la estructura de cinco factores reproduce adecuadamente los datos observados, respaldando la validez factorial del instrumento. Asimismo, la consistencia interna se estimó para la versión final y para el puntaje total (con recodificación inversa de los ítems de los factores 1, 2 y 4), reportándose un alfa de Cronbach de α = 0,797 (IC95%: 0,785–0,831). La versión final y nota metodológica del CECAU se encuentra en el anexo 1.

Discusión

El presente estudio desarrolló y validó el CECAU como un instrumento destinado a evaluar el comportamiento alimentario en estudiantes universitarios de ciencias de la salud, respondiendo a la necesidad de contar con herramientas psicométricamente sólidas y contextualizadas para la población peruana. Los resultados evidencian una estructura factorial consistente y niveles aceptables de confiabilidad, lo que respalda su aplicabilidad en investigación y en el diseño de intervenciones en salud y nutrición.

Desde una perspectiva metodológica, estudios previos realizados en Estados Unidos han optado por desarrollar múltiples versiones sucesivas del cuestionario, utilizando diferentes muestras para optimizar la estructura factorial y reportando en todos los casos índices KMO superiores a 0,80 y pruebas de esfericidad de Bartlett significativas (p < 0,001) (24). En contraste, el CECAU fue validado empleando una única muestra amplia, lo que constituye una

diferencia metodológica relevante que puede influir en la estabilidad factorial y en los coeficientes de confiabilidad obtenidos.

En concordancia con estos hallazgos, el *Self-regulation of Eating Behaviour Questionnaire* (SREBQ), desarrollado en el Reino Unido, mostró un coeficiente alfa de Cronbach de 0,75 y un índice KMO de 0,80, además de una estructura de cinco factores, coincidente con la obtenida en el CECAU. Esta similitud en los indicadores psicométricos, pese a las diferencias culturales y etarias entre las muestras, sugiere coherencia métrica entre ambos instrumentos y respalda la solidez estructural del cuestionario propuesto (25).

De manera comparable, un estudio realizado en Irán validó el *Eating Behavior Pattern Questionnaire* (EBPQ) en estudiantes universitarias de medicina, reportando un índice KMO de 0,70 y una prueba de esfericidad de Bartlett significativa ($p < 0,01$). Estos valores son consistentes con los obtenidos en el CECAU (KMO = 0,85; $p < 0,01$), lo que refuerza la validez estructural del instrumento, pese a las diferencias en tamaño y composición muestral. Asimismo, la predominancia del sexo femenino observada en ambos estudios refleja una característica común en las carreras del área de la salud (26).

En el contexto latinoamericano, un estudio realizado en estudiantes universitarios de México, orientado a medir alfabetización alimentaria, aplicó criterios de retención más exigentes (cargas factoriales ≥ 0,6) y evaluó múltiples modelos factoriales, descartando aquellos sin coherencia teórica ni empírica, hasta consolidar una versión final reducida (27). Este enfoque es metodológicamente comparable al del presente estudio, en tanto prioriza la solidez psicométrica por encima de la extensión del instrumento.

Asimismo, el estudio venezolano de adaptación transcultural del *Adolescent Food Habits Checklist* resalta la importancia de adecuar lingüística y culturalmente los instrumentos de evaluación de conductas alimentarias para garantizar su validez en contextos específicos (28). Este antecedente regional respalda la pertinencia del proceso seguido en la validación del CECAU y refuerza su aplicabilidad en poblaciones latinoamericanas.

Finalmente, un estudio realizado en Malasia evaluó un cuestionario aplicado a 200 estudiantes universitarios mediante muestreo probabilístico e incluyó participantes de 17 facultades, lo que otorgó mayor representatividad poblacional (29). Aunque dicho estudio reportó un alfa de Cronbach ligeramente superior (0,80), el tamaño muestral del presente estudio (n > 300) contribuye a reducir la probabilidad de error estadístico y fortalecer la estabilidad del análisis factorial (23).

Limitaciones

Entre las principales limitaciones del estudio se reconoce el predominio del sexo femenino, el uso de un muestreo no probabilístico y la aplicación del instrumento en una única universidad privada, lo que limita la generalización de los resultados. Asimismo, la naturaleza autoadministrada del cuestionario puede introducir sesgo de información. No obstante, la ausencia de instrumentos validados previamente para evaluar el comportamiento alimentario en población universitaria peruana posiciona al CECAU como un aporte relevante para la investigación nacional en nutrición y salud pública.

Conclusiones

El CECAU es un instrumento con evidencia aceptable de validez de constructo y confiabilidad interna, desarrollado conforme al objetivo del estudio de diseñar y validar una herramienta para evaluar el comportamiento alimentario en estudiantes universitarios peruanos de ciencias de la salud.

Recomendaciones

Se recomienda aplicar el CECAU en muestras más heterogéneas de estudiantes universitarios, incluyendo diversas áreas académicas y universidades públicas y privadas, a fin de evaluar su desempeño en distintos contextos educativos y socioeconómicos.

Agradecimientos

Los autores deseamos agradecer a las autoridades de la Universidad Científica del Sur por su apoyo al grupo de investigación GINAH para la realización del presente estudio, que forma parte de la tesis de Cindy Sofia Gutiérrez Nieto y Leidy Vanessa Moroco Luciano para optar por el título de licenciado en nutrición y dietética en la Universidad Científica del Sur.

Conflictos de intereses

Los autores declaramos que no tenemos conflictos de interés en la publicación del presente estudio.

Referencias

1. Murray C, Aravkin A, Zheng P, Abbafati C, Abbas K, Abbasi M, *et al*. Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. Lancet. 2020; 396 (10258): 1223–49. http://doi.org/10.1016/s0140-6736(20)30752-2
2. INEI. Peru: Family Demographic Survey ENDES 2021. Perú: 2021. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1838/
3. Durán R, Mamani V. Eating habits, physical activity and its association with academic stress in first year health science university students. Rev Chil Nutr. 2021; 48 (3): 389–395. http://doi.org/10.4067/s0717-75182021000300389.
4. Márquez Y, Salazar E, Macedo G, Altamirano M, Bernal M, Salas J, Vizmanos B. Design and validation of a questionnaire to assess dietary behavior in mexican students in the area of health. Nutr Hosp. 2014; 30 (1): 153-164. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=309231672020
5. Dehghan P, Asghari M, Salekzamani S. Validity, Reliability and Feasibility of the Eating Behavior Pattern Questionnaire (EBPQ) among Iranian Female Students. Health Promot Perspect. 2015; 5 (2): 128–137. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4539050/
6. Díaz C, Pino J, Oyarzo C, Aravena V, Torres J. Adaptation and validation of a questionnaire to measure food habits in higher education. Rev. chil. nutr. 2019; 46 (4): 477-484. http://doi.org/10.4067/S0717-75182019000400477.
7. Olmedo L, Henning M, García S, Pellon M. Validation of a food frequency questionnaire to estimate free sugars and ultraprocessed food intake in Argentinian population. Rev Esp Nutr Hum Diet. 2022; 26 (2): 137-146. https://www.renhyd.org/renhyd/article/view/1565
8. Leiva M, Indacochea S, Cano L, Medina M. Association between anxiety and depression in Medical students at Universidad Ricardo Palma during the year 2021. Rev. Fac. Med. Hum. 2022; 22 (4). http://doi.org/10.25176/rfmh.v22i4.4842.
9. Rodríguez Carvajal G, Meras Jauregui RM. Considerations on the "health" concept: a Cuban proposal. Medicentro 2022; 26 (1): 122–130. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30432022000100122
10. Varela M, Díaz L, García R. Description and uses of the Delphi method in health sciences research. Investig Educ Med. 2012; 1 (2): 90-95. https://www.elsevier.es/es-revista-investigacion-educacion-medica-343-articulo-descripcion-usos-del-metodo-delphi-X2007505712427047
11. Number of enrolled students. https://www.cientifica.edu.pe/transparencia-universitaria/numero-alumnos-matriculados
12. OpenEpi. Openepi.com. https://www.openepi.com/Menu/OE_Menu.htm
13. Roco A, Hernández M, Silva O. What is the appropriate sample size to validate a questionnaire?. Nutr. Hosp. 2021; 38 (4): 877-878. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112021000400877
14. Márquez Y, Salazar E, Macedo G, Altamirano M, Bernal M, Salas J, *et al*. Design and validation of a questionnaire to assess dietary behavior in Mexican students in the area of health. Nutr Hosp. 2014; 30 (1): 153–64. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112014000800020
15. Sánchez V, Aguilar M, González F, Esquius L, Vaqué C. Design and validation of a questionnaire to assess the level of general knowledge on eating disorders in students of Health Sciences. AtenPrimaria.2016;48(7):468-478. https://www.elsevier.es/es-revista-atencion-primaria-27-pdf-S0212656715003376
16. Leyton M, Lobato S, Batista M, Aspano MI, Jiménez R. Validation of the healthy lifestyle (evs) questionnaire in a spanish population. Iberoam J Exerc Sport Psychol. 2018; 13(1):23-31. https://www.redalyc.org/pdf/3111/311153534002.pdf
17. Díaz C, Pino J, Oyarzo C, Aravena V, Torres J. Adaptation and validation of a questionnaire to measure food habits in higher education. Rev Chil Nutr. 2019; 46 (4): 477–84.https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182019000400477
18. Carrasco F, Pérez C, Cruzat C. Questionnaire for measuring risk eating behaviors for excess malnutrition in adolescents. Nutr Hosp. 2020; 37 (1): 37–45. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31960684/
19. Flores A, Vizmanos B, Altamirano M, Corona B, Flores L, Macedo G. Validation of a Spanish-Language Questionnaire on Adolescent Eating Behavior Based on Social Cognitive Theory. J Nutr Educ Behav. 2020; 52(9):833-839. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S149940462030004X
20. Murray E, Baker S, Betts N, Hess A, Auld G. Development of a National Dietary Behaviors Questionnaire for EFNEP Adult Participants. J Nutr Educ Behav. 2016; 13 (1): 1-11. https://link.springer.com/content/pdf/10.1186/s12966-016-0414-6.pdf
21. García M, Romero M, Alcaide JM, Moreno R, Molina G. Design and validation of a food frequency questionnaire (FFQ) for the nutritional evaluation of food intake in the Peruvian Amazon. J Heal Popul Nutr. 2019; 38 (1): 1–11. https://doi.org/10.1186/s41043-019-0199-8

22. Caycho T. Contributions to the quantification of content validity in nursing questionnaires. Rev. cuba. enferm. 2018; 34 (2). https://revenfermeria.sld.cu/index.php/enf/article/view/2779
23. Frías D. Notes on Estimating the Internal Consistency Reliability of the Items in a Measurement Instrument. Valencia: Universidad de Valencia; 2022. https://www.uv.es/friasnav/AlfaCronbach.pdf
24. Rhea K, Cater M, McCarter K, Tuuri G. Psychometric analyses of the eating and food literacy behaviors questionnaire with university students. J Nutr Educ Behav. 2020; 52 (11): 1008-1017. http://doi.org/10.1016/j.jneb.2020.05.002
25. Kliemann N, Beeken R, Wardle J, Johnson F. Development and validation of the Self-Regulation of Eating Behaviour Questionnaire for adults. Int J Behav Nutr Phys Act. 2016; 13 (1). http://doi.org/10.1186/s12966-016-0414-6
26. Dehghan P, Asghari M, Salekzamani S. Validity, Reliability and Feasibility of the Eating Behavior Pattern Questionnaire (EBPQ) among Iranian Female Students. Health Promot Perspect. 2015; 5 (2): 128–137. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4539050/
27. García O, Celis I. Design and validation of a scale to measure food literacy among university students. Rev. chil. nutr. 2023; 50 (4): 401-412. http://doi.org/10.4067/s0717-75182023000400401
28. Morales A., Montilva M, Gómez N, Cordero M Adaptación transcultural de la escala de evaluación de conductas alimentarias en adolescentes: Adolescent food habits checklist. An Venez Nutr. 2012; 25(1): 25-33. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522012000100004&lng=es.
29. Kheirollahpour M, Shariff A, Merican A, Danaee M. Validation and dimensional analysis of the eating behaviour pattern questionnaire among Malaysian university students. Mal J Nutr 2020; 26 (3) 333-340. https://nutriweb.org.my/mjn/publication/26-3/Vol%2026(3)%202.%20mjn.2020.0005%20Maryam%20(online%20first)%20final.pdf

Recibido: 05/07/2025
Aceptado: 07/01/2026

ANEXO

Nombres y apellidos: _____Edad: _____ Sexo: _____
Carrera: _____ Ciclo: _____ Correo institucional: _____

A continuación, se presentan una serie de afirmaciones relacionadas con su comportamiento alimentario. Marque con una X la alternativa que mejor describa la frecuencia con la que realiza cada conducta, considerando las últimas cuatro semanas: 1=nunca, 2=raramente, 3=ocasionalmente, 4=frecuentemente, 5=muy frecuentemente.

Factor 1. Consumo de alimentos ultraprocesados y comida	1	2	3	4	5
Suelo consumir comida rápida (hamburguesa, pollo a la brasa, pizza, salchipapa y otros).					
Durante los recesos académicos prefiero consumir comida rápida o alimentos ultraprocesados.					
Suelo consumir alimentos ultraprocesados (por ejemplo: snacks, galletas, jugos artificiales, gaseosas, dulces, chocolates y otros).					
Consumo preparaciones de alimentos fuera de casa.					
Factor 2. Conductas de riesgo asociadas a la alimentación	1	2	3	4	5
Consumo cigarrillos					
Consumo algún tipo de droga ilegal (marihuana, cocaína, heroína, etc.).					
Consumo bebidas alcohólicas (cerveza, vodka, pisco, etc.).					
Utilizo laxantes para controlar mi peso o mi alimentación.					
Consumo vitaminas o suplementos dietéticos en reemplazo de mis comidas.					
Factor 3. Consumo de grupos de alimentos básicos	1	2	3	4	5
Suelo consumir: carnes blancas (por ejemplo: pollo, pavita, cuy, conejo y otros) y carnes rojas (por ejemplo: res, cerdo, cordero y otros).					
Suelo consumir: tubérculos (por ejemplo: papa, camote, olluco, oca, yuca, yacón, otros) y cereales (por ejemplo: arroz, trigo, quinua, kiwicha, avena, cañihua y otros).					
Suelo consumir lácteos (por ejemplo: leche, queso, yogurt y otros).					
Factor 4. Influencia emocional y social en la alimentación	1	2	3	4	5
Cuando me siento ansioso(a) prefiero comer en exceso.					
Cuando me siento estresado(a), habitualmente siento que necesito comer.					
Considero que necesito mejorar mi alimentación.					
Cuando veo ofertas o promociones sobre alimentos ultraprocesados o comida rápida quiero consumirlos.					
Mis compañeros influyen en mi elección de alimentos a la hora de comer.					
Factor 5. Prácticas alimentarias y estilo de vida saludable	1	2	3	4	5
Considero que llevo un estilo de vida saludable.					
Mastico bien los alimentos antes de ingerirlos.					
Realizo al menos 150 minutos de actividad física moderada o 75 minutos de actividad vigorosa por semana.					
Suelo preparar mis alimentos.					
Suelo consumir verduras (por ejemplo, brócoli, tomate, zanahoria, pepino y otros).					
Suelo consumir frutas (por ejemplo: manzana, durazno, mandarina, piña, sandía y otros).					
Suelo consumir: menestras (por ejemplo: lentejas, pallares, garbanzos, arveja partida, frejoles, tarwi y otros).					

Nota metodológica sobre la interpretación del CECAU.
El CECAU evalúa el comportamiento alimentario como un constructo multidimensional. Para mejorar su aplicabilidad e interpretación en una única dirección, se construyó un puntaje total orientado a salud, de modo que puntajes más altos indiquen un perfil global más favorable. Cada ítem se respondió en escala Likert de cinco categorías (1 = nunca, 2 = raramente, 3 = ocasionalmente, 4 = frecuentemente y 5 = muy frecuentemente).
Con el fin de unificar la direccionalidad, todos los ítems correspondientes a los Factores 1, 2 y 4 (consumo de ultraprocesados y comida rápida; conductas de riesgo asociadas a la alimentación; e influencia emocional y social en la alimentación) fueron recodificados en sentido inverso, aplicando la transformación: ítem invertido = 6 − respuesta original.
Los ítems de los Factores 3 y 5 (consumo de grupos de alimentos básicos; y prácticas alimentarias y estilo de vida saludable) se mantuvieron en su codificación original, dado que su dirección ya es consistente con un perfil saludable.
El puntaje total saludable se calculó como la suma de los ítems recodificados (Factores 1, 2 y 4) y los ítems no recodificados (Factores 3 y 5).

ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICIÓN
Revista de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición
https://doi.org/10.37527/2026.76.2.006
Publicado: 15/06/2026

Vol. 76 N° 2; abril - junio 2026
Artículo Original

Creciendo durante el franquismo: antropometría y nutrición de la población escolar de Requena (Valencia), desde 1946 hasta 1964

María Dolores Marrodán Serrano[1,2], Roberto Pedrero-Tomé[1,3], Javier Puche Gil[4] (†), Antonio D Cámara-Hueso[5], Noemí López Ejeda[1,2], María Teresa García-Esteban[1], Marisa González-Montero de Espinosa[1].

Resumen: Introducción: durante la Guerra Civil española y el periodo de posguerra se ha documentado una crisis nutricional generalizada en España cuyo impacto en el crecimiento y desarrollo físico de la población infantil merece ser conocido a través de investigaciones específicas. **Objetivo:** analizar el crecimiento y la condición nutricional de la población escolar de Requena, municipio rural de Valencia, a partir de los reconocimientos médicos realizados en su Instituto de Enseñanza Media entre 1946 y 1964. **Materiales y métodos:** se analizan registros de 676 escolares de uno y otro sexo nacidos entre 1937-1956, con edades de 10 a 18 años. Las variables antropométricas contenidas en las fichas sanitarias se contrastan con referencias de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y con series españolas históricas y actuales. **Resultados:** el fracaso antropométrico, frente a las referencias de la OMS, afectaba aproximadamente a uno de cada cuatro escolares. Se debía prioritariamente al exceso ponderal y al crecimiento retardado o baja talla para la edad, mientras que la prevalencia de insuficiencia ponderal era pequeña. La estatura de los escolares requenenses era superior a una muestra coetánea de la región levantina, pero significativamente inferior a una referencia actual española. **Conclusiones:** durante el período analizado más del 70% de los estudiantes tiene una condición nutricional adecuada lo que refleja el relativo bienestar de Requena, en la época mencionada, si bien la talla estaba alejada de las referencias OMS actuales (Z= - 0,70 en varones y - 075 en mujeres). La comparación de los escolares de dicha localidad con una serie histórica y otra reciente corrobora la evolución secular positiva de la estatura infantil y juvenil en la población analizada. **Arch Latinoam Nutr 2026; 76(2): 128-137.**

Palabras clave: estado nutricional, valoración nutricional, malnutrición crónica, antropometría, tendencia secular.

Abstract: Growing up during Franco regime: anthropometry of the school population of Requena (Valencia), from 1946 to 1964. Introduction: During the Spanish Civil War and the post-war period, a widespread nutritional crisis was documented in Spain, the impact of which on the growth and physical development of the child population deserves to be investigated through specific research. **Objective:** Analyze the growth and nutritional status of the school population of Requena, a rural municipality in Valencia, based on medical examinations carried out at its secondary school between 1946 and 1964. **Materials and methods:** Records of 676 schoolchildren of both sexes born between 1937 and 1956, aged between 10 and 18, are analysed. The anthropometric variables contained in the health records are compared with World Health Organization references and with historical and current Spanish series. **Results:** Anthropometric failure (compared to World Health Organization references) affected approximately one in four schoolchildren. This was primarily due to excess weight and stunted growth or short stature for age, while the prevalence of underweight was low. The height of schoolchildren in Requena was higher than a sample of their peers in the Levantine region but significantly lower than the current Spanish reference. **Conclusions:** During the period analysed, more than 70% of students had adequate nutritional status, reflecting the relative well-being of Requena at that time although the height was well below current OMS references (Z = -0.70 for men and -0.75 for women). A comparison of schoolchildren in that locality with a historical series and a recent series corroborates the positive secular evolution of child and adolescent height in the population. **Arch Latinoam Nutr 2026; 76(2): 128-137.**

Keywords: Nutritional status, nutrition assessment, stunting, anthropometry, secular trend.

Introducción

La situación de España entre los años 30 y 60 del pasado siglo estuvo marcada por una serie de convulsiones políticas, sociales y económicas con características diferenciales respecto a los demás países del occidente europeo. España salió de la dictadura militar de Primo de Rivera (1923-1930) con la esperanza de recuperar la libertad política y acometer reformas socioeconómicas

[1]Grupo de Investigación EPINUT, Universidad Complutense de Madrid (UCM). [2]Depto. de Biodiversidad, Ecología y Evolución. Facultad de Ciencias Biológicas (UCM). [3]Universidad Europea de Madrid. Facultad de Ciencias Biomédicas y de la Salud. Dpto. de Biociencias. [4]Depto. de Economía Aplicada, Universidad de Zaragoza. [5] Depto. de Organización de Empresas, Marketing y Sociología, Universidad de Jaén. [6] Depto. de Genética, Fisiología y Microbiología. Facultad de Ciencias Biológicas (UCM).Autor para la correspondencia: María Dolores Marrodán Serrano, e-mail: marrodan@ucm.es

CC BY NC

que transformaran su arcaica estructura productiva (1). La Segunda República (1931-1936) se instauró cuando toda Europa sufría la gran depresión causada por el crack de 1929 que vino acompañada de descensos en la renta nacional e incrementos del desempleo (2).

La difícil situación económica y la inestabilidad política bajo el régimen republicano condujeron a una creciente tensión (3), que culminó con el levantamiento armado del 18 de julio de 1936. El fracaso de dicho golpe militar desembocó en una guerra civil de tres años que provocó la división del país en dos bandos enfrentados, los franquistas y los republicanos (4). Esta vorágine de muerte y destrucción persistió a lo largo de una posguerra en la que la nación, debido a la Segunda Guerra Mundial y al aislamiento internacional (5), se mantuvo en una situación de penuria generalizada que empezó a romperse a fines de la década de los cincuenta y a lo largo de los sesenta.

Efectivamente, durante la contienda se produjo una grave crisis humanitaria, donde la escasez alimenticia se produjo en ambos bandos. Había alimentos, como los productos lácteos, que sólo se obtenían con receta médica, lo que imposibilitaba su acceso. El hambre afectó a toda la población civil e incluso a los combatientes, a pesar de que desde el principio se estableció la prioridad del avituallamiento de los militares y movilizados al frente, sobre la población de retaguardia (6).

En la posguerra continúa dicha carencia denominada “hambruna franquista” que se extiende hasta 1952, fecha en la que desaparecen las cartillas de racionamiento (7). La consecuencia de toda esta situación socioeconómica y política fue que la ingesta calórica, proteica y lipídica por persona/día disminuyó desde el inicio de los años 30 hasta 1950 (8). Obviamente, este hecho fue acompañado de una bajada de más de un centímetro en la estatura de los reemplazos de reclutas que vivieron la guerra civil y la posguerra durante su fase de estirón puberal (9). Del mismo modo, algunos estudios (10) señalan que la mortalidad por causas asociadas a la malnutrición aumentó mucho en este período e incluso otros (11) cuantifican dicho crecimiento en un 250%.

Todas estas vicisitudes ocurridas en todo el país se vivieron con pequeñas diferencias en las distintas según zonas geográficas. Como en este trabajo se analiza el estado nutricional de los escolares de Requena, es necesario observar las características y singularidades propias de este territorio. Está situado en la parte interior occidental de la provincia de Valencia (España), es el mayor de toda la Comunidad Valenciana (814’21 km^2) e incluso supera en extensión a algunos estados europeos, como Mónaco, Malta, Andorra, etc (figura 1). La economía requenense es eminente agrícola de secano y destaca por su producción vinícola, que ha conseguido el sello de calidad de la denominación de origen Utiel-Requena. Del mismo modo, cuenta con diversos tipos de industrias y últimamente ha desarrollado el sector turístico.

La población requenense ronda, según los datos más recientes, los 20.500 habitantes, distribuidos entre el casco urbano y sus 25 pedanías. Requena, según el Instituto Nacional de Estadística (INE), fue variando su censo a lo largo de las décadas del pasado siglo. Así, disminuyó su población entre 1920 y 1930 por el éxodo hacia las grandes ciudades, mientras que en los cuarenta la población creció debido al proceso de ruralización de la sociedad española. Por último, entre 1950 y 1991, la tendencia demográfica ya fue decreciente (12).

Durante la contienda, el aprovisionamiento de la población española fue más eficaz en la zona

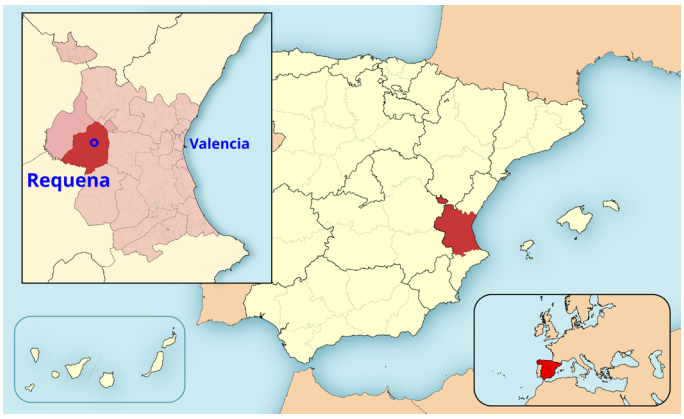


Figura 1. Localización del municipio de Requena en España

franquista que en la del gobierno legítimo (13). Sin embargo, aunque Requena se quedó en el bando republicano, la carencia de productos básicos fue en general menor en los municipios rurales valencianos que en otras zonas (14); ello puede achacarse a que el frente estaba lejos y a que el mantenimiento de la producción agrícola posibilitó el autoabastecimiento de la población. Requena vivió en la década de los 40 y principios de los 50 las nefastas condiciones de la posguerra, que se tradujeron en una serie de problemas que experimentaron las actividades industriales y agrícolas (vitivinícola especialmente) y en la deficiente dotación de infraestructuras higiénico-sanitarias. Así, a comienzos de la década de 1940, este municipio no tenía establecido el servicio de aguas potables a domicilio. El Ayuntamiento acordó en diferentes sesiones de 1941 y 1943 establecer dicho servicio junto con el saneamiento o alcantarillado, aunque en 1941 ya todas las calles urbanizadas contaban con esta última infraestructura citada (15).

La alimentación durante la posguerra en este municipio reflejaba las dificultades económicas y sociales de la época y el desabastecimiento general del país. Pero al tratarse de una zona agrícola, Requena consiguió cierta autosuficiencia alimentaria basada en productos propios. Las autoridades locales y escolares intentaron proporcionar a los estudiantes una nutrición básica y se establecieron una serie de programas de ayuda alimenticia en las escuelas. Un testimonio requenense de la época afirma "nuestra infancia fue tiempo de austeridad, pero a decir verdad la época del hambre puro y duro no la conocimos, al menos mi generación" (16). Asimismo, se apunta en dicho escrito que en las escuelas de Requena se servía leche en polvo (de procedencia americana) con agua caliente y trozos de queso amarillo.

La historia de Requena está ligada a la fundación (28 agosto de 1928) de su Instituto Local de Enseñanza Media que, durante los tres primeros años de funcionamiento, impartió únicamente el nivel de bachiller elemental y, a partir del curso 1933-34, el bachillerato completo. El Ayuntamiento de requenense pretendía que su institución educativa dejara de ser local y se convirtiera en nacional, hecho que ocurrió el 4 de abril de 1935 (17). Es llamativo destacar que este centro educativo permaneció abierto durante toda la guerra civil. En 1943, el Consistorio inició las obras de acondicionamiento, reparación y pintura de dicho instituto (15).

Al alumnado del instituto se le hicieron los reconocimientos médicos obligatorios que, en su base decimocuarta, establecía la Ley de Sanidad del 25 de noviembre de 1944 (18). Esta norma se creó durante la dictadura franquista para controlar el sistema sanitario español bajo los principios ideológicos del régimen, centralizar uno de los servicios esenciales, reorganizar el sistema sanitario tras la Guerra Civil y luchar contra enfermedades endémicas y epidemias.

El objetivo de este trabajo es analizar el perfil antropométrico de los escolares de Requena, a partir de los reconocimientos médicos realizados en el instituto de dicha localidad, entre 1946 y 1964. Asimismo, se pretende evaluar su estado nutricional frente a referencias actuales de la OMS (19) y contribuir al estudio secular de la talla española en edad pediátrica.

Materiales y métodos

Se parte de 676 fichas sanitarias (424 de varones y 252 de mujeres) del mencionado centro educativo, cumplimentadas entre 1946 y 1964. Corresponden a escolares nacidos entre 1937 y 1956, medidos entre los 10 y 18 años y reconocidos cada año durante su estancia en el instituto. Por ello, teniendo en cuenta que el mismo escolar pudo ser medido en varias ocasiones, en la ficha de cada sujeto aparecen datos correspondientes a diferentes años. De este modo, se han contabilizado un total de 1191 evaluaciones antropométricas (764 masculinas y 427 femeninas) utilizando un enfoque semilongitudinal de los datos.

Las mencionadas fichas contenían una prolija información sobre los antecedentes familiares y personales, estado fisiológico de los distintos aparatos y sistemas, datos antropométricos de peso, talla, perímetros y diámetros torácicos, dinamometría, espirometría, pulso y presión arterial. Junto a ello, por la parte de atrás de dicha ficha, se anotaba también la exploración radiológica del tórax y datos sobre vacunación del estudiante. No se dispone de información acerca de los aparatos de media (estadiómetros y balanzas) de la época, aspecto común en archivos históricos y que pudiera constituir un sesgo para el análisis de los datos.

En el presente trabajo, a partir de la estatura y el peso, se ha calculado el índice de masa corporal (IMC) y se ha evaluado la variación antropométrica en función de la edad y sexo durante el período de crecimiento. También se han establecido las puntaciones Z respecto de las referencias de la OMS (19) y se han representado mediante diagramas tipo violín. La puntuación Z = (Media de la referencia – valor sujeto) / DE la referencia) mide qué tan lejos se encuentra un valor concreto de la media de un conjunto de datos tomados como patrón en unidades de desviación estándar. Para eso, la muestra se ha dividido previamente en función del sexo y se ha categorizado por conveniencia, de acuerdo a la edad cronológica, en preadolescentes (10 a 12 años), adolescentes tempranos (13 a 15) y adolescentes tardíos (16 a 18).

Como indicador sintético de la condición nutricional, además de calcular las prevalencias de insuficiencia y exceso ponderal, se ha estimado el Índice Compuesto de Fracaso Antropométrico Extendido (ICFAE) (20) respecto a los patrones de la OMS. Este indicador, que fue desarrollado por autores del presente trabajo junto a otros investigadores argentinos, es un índice sintético que permite valorar la condición antropométrica-nutricional por medio de una sola cifra y presenta gran utilidad tanto para comparar poblaciones como para realizar seguimientos temporales. El ICFAE propone la clasificación en 9 categorías que describen el crecimiento a partir de uno o varios indicadores combinados y que son concretamente: A (sin fracaso antropométrico), B (sólo bajo peso para la talla o bajo IMC para la edad), C (combinación de bajo peso para la talla o bajo IMC para la edad con bajo peso para la edad), D (combinación de bajo peso para la talla o bajo IMC para la edad, bajo peso para la edad y baja talla para la edad), E (baja talla para la edad y bajo peso para la edad), F (únicamente baja talla para la edad), Y (sólo bajo peso para la edad), G (sólo exceso de ponderal por sobrepeso u obesidad) y H (combinación de exceso ponderal y baja talla para la edad). Igualmente, el percentil 50 de talla de la muestra de Requena se ha confrontado con el correspondiente de las citadas referencias OMS y con una serie española reciente (21). De la misma manera se ha contrastado la talla de los escolares requenenses con una serie coetánea de estudiantes levantinos, medidos entre 1963 y 1964 (22). Previa confirmación de la normalidad (test Student Newman Keuls), para los contrastes de medias se han aplicado pruebas de T de Student y ANOVA, mientras los contrastes de prevalencia se efectuaron aplicando un test de Chi cuadrado. Para el procesamiento se utilizó el software IBM-SPSS.26.0.

Resultados

En la tabla 1 se muestran los promedios de la talla, peso e IMC de escolares de uno y otro sexo, en función de las tres categorías de edad. Aquí tanto el tamaño corporal como el IMC, aumentan de forma significativa (p<0,001) en los varones y en las mujeres. Aunque se advierte dimorfismo sexual para la talla y el peso en todos los grupos de edad, las diferencias se acentúan a partir de los 13-15 años en consonancia con el estirón puberal diferenciado, mas precoz en el sexo femenino.

Se confrontó la serie de escolares valencianos y los patrones de la OMS (19). El Z-score del IMC resultó, para el conjunto de la muestra, de 0,2±0,9 sin cambios con la edad, mientras que el de la estatura (-0,7±1) se incrementó entre los 10 y 18 años (0,6±1,0 vs -1,1±1,0). En la figura 2 se ilustra el comportamiento de las puntuaciones Z del IMC y talla para la edad de la serie analizada masculina y femenina. Aquí se observa también, respecto al IMC/edad, que gran parte de los estudiantes de ambos sexos tienen valores Z cercanos a cero. Eso no ocurre respecto a la estatura/edad, ya que dichas puntuaciones se alejan de la media de referencia.

En la tabla 2 se observa la misma comparación anterior, pero esta vez separando los sexos y los diferentes grupos de edad. Aquí se comprueba, al considerar la talla, que el crecimiento retardado se acumula con la edad en chicos y en chicas, pero de manera significativa en los primeros. En cambio, en cuanto al IMC/edad, los Z score indican que las diferencias entre los estudiantes requenenses y las curvas de crecimiento de la OMS son muy pequeñas.

Después se determinó el ICFAE que evalúa la condición nutricional de la muestra, a partir de las categorías que combinan distintos estados de malnutrición, según la OMS (19). Al examinar a los escolares valencianos en su conjunto se constata que el 73,6% no tiene fracaso antropométrico, mientras el 18,5% tiene exceso de peso y el 6,4% presenta baja estatura/edad. En la figura 3 se ve que las diferencias por sexos son pequeñas y confirman

Tabla 1. Promedios de talla, peso e Índice de Masa Corporal en uno y otro sexo según los grupos de edad.

Variables	Edad (años)	Varones			Mujeres			*p*
		N	Media	DE	N	Media	DE	
Talla	10-12	417	142,66	7,56	216	144,19	7,88	<0,05
	13-15	268	158,12	9,25	174	155,09	6,15	<0,001
	16-18	77	167,17	7,19	37	155,51	5,25	<0,001
	Total	762	150,58	12,19	427	149,62	8,90	<0,05
Peso	10-12	418	36,88	7,53	215	39,03	8,78	<0,05
	13-15	269	51,32	11,56	174	49,15	8,29	<0,001
	16-18	77	61,36	10,74	37	52,94	6,86	<0,001
	Total	764	44,43	12,90	426	44,37	10,05	-
IMC	10-12	417	17,97	2,29	215	18,60	2,97	0,058
	13-15	265	20,28	3,08	174	20,35	2,74	0,808
	16-18	76	21,78	2,81	37	21,85	2,34	0,895
	Total	758	19,16	2,98	426	19,60	3,02	-

p: valor de la probabilidad de acuerdo a la prueba de t de Student.

Tabla 2. Valores de Z Score respecto a la OMS(19), en función del sexo y grupos de edad.

	Edad (años)	Varones			Mujeres		
		N	Media	DE	N	Media	DE
Puntuación Z Talla/edad	10-12	417	-0,53	0,96	216	-0,69	1,12
	13-15	268	-0,90	1,05	174	-0,76	0,84
	16-18	77	-1,03	0,92	37	-1,10	0,80
	Total	762	-0,70	1,01	427	-0,75	0,99
	ANOVA (Varones: F= 14,08; *p*< 0,001 Mujeres: F= 2,58; *p*=0,076)						
Puntuación Z IMC/edad	10-12	417	0,19	0,88	215	0,15	1,09
	13-15	265	0,22	1,04	174	0,07	0,87
	16-18	76	0,10	0,90	37	0,19	0,74
	Total	758	0,19	0,94	426	0,12	0,97
	ANOVA (Varones: F= 0,51 *p*= 0,601; Mujeres: F=0,48 *p*=0,619)						

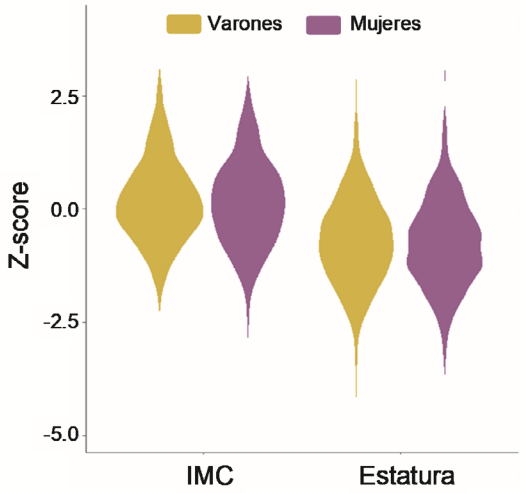


Figura 2. Z score de la estatura e IMC la edad (respecto a las referencias OMS 19) en función del sexo.

que las tres cuartas partes de la serie estudiada no presentaban fracaso antropométrico, mientras que aproximadamente un cuarto de los estudiantes manifiesta algún tipo de malnutrición, sobre todo sobrecarga ponderal (sobrepeso+obesidad) y, en menor proporción, desnutrición crónica o retraso en el crecimiento.

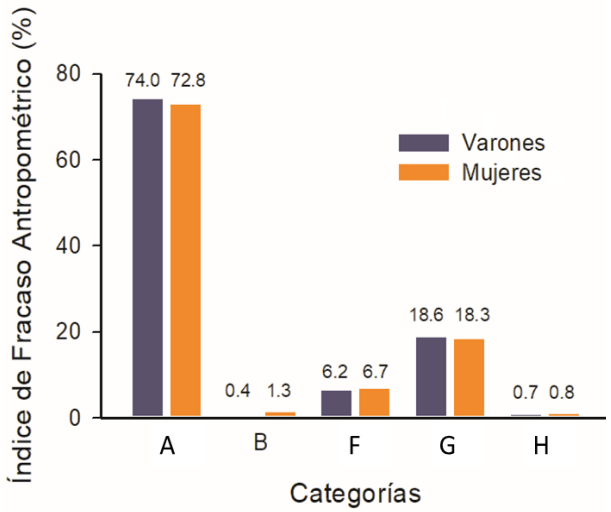


Figura 3. ICFAE en función del sexo. A: Sin fallo antropométrico; B: Sólo desnutrición aguda; F: Sólo desnutrición crónica; G: Sólo sobrecarga ponderal; H: Desnutrición crónica y sobrecarga ponderal. (Chi cuadrado = 56,9; *p*>0,001).

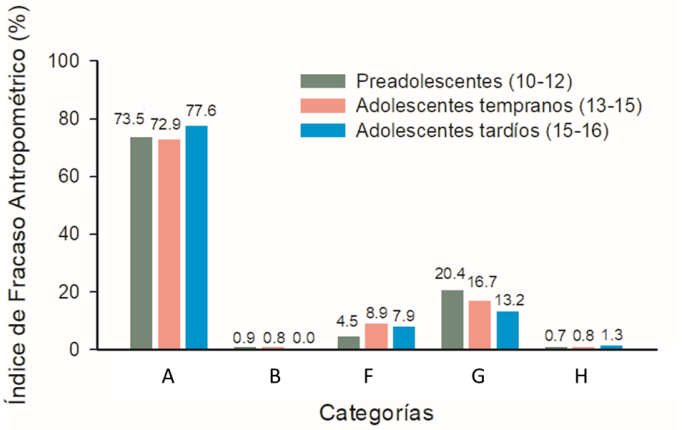


Figura 4. ICFAE en función de las tres categorías de edad. A Sin fallo antropométrico; B Sólo desnutrición aguda; F: Sólo desnutrición crónica; G: Sólo sobrecarga ponderal; H: Desnutrición crónica y sobrecarga ponderal. Chi cuadrado = 68,9 *p*< 0,001)

Las prevalencias de bajo peso para la talla (categoría B) y de baja talla para la edad en combinación con exceso ponderal (categoría H) resultaron menores al 1%, no detectándose ningún caso de escolares incluidos en las categorías C (combinación de bajo peso para la edad y bajo peso para la talla) y D (presencia conjunta de bajo peso para la talla, bajo peso para la edad y baja talla para la edad).

Si ahora se estudia el ICFAE en función de las tres categorías de edad (figura 4) se constata que la prevalencia de sobrecarga ponderal es mayor entre los preadolescentes (20,4%) que entre los adolescentes tempranos (16,7%) y tardíos (13,2%), mientras que el crecimiento retardado es menor en los preadolescentes (4,5%) que en las otras dos categorías de edad, en las que casi se duplica dicho porcentaje.

Por otra parte, se procede a contrastar el p50 de la estatura de los escolares de uno y otro sexo de Requena (figura 5) con las curvas de crecimiento de la OMS aludidas anteriormente y también con una serie

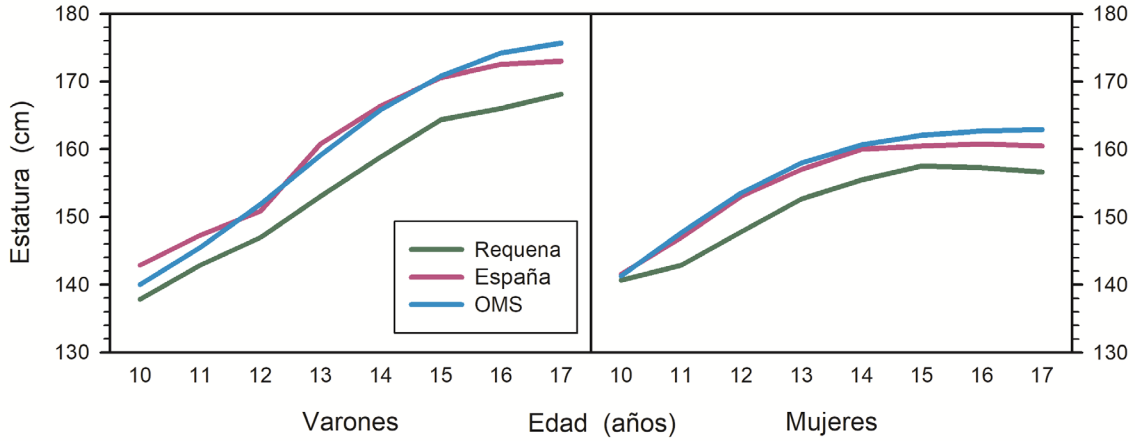


Figura 5. Comparación de la talla media de varones y mujeres de Requena, según la edad, y la referencia española actual21 e internacional de la OMS19 (*p*<0,05 entre Requena, OMS y España a todas las edades en la serie masculina y a partir de los 12 en la serie femenina)

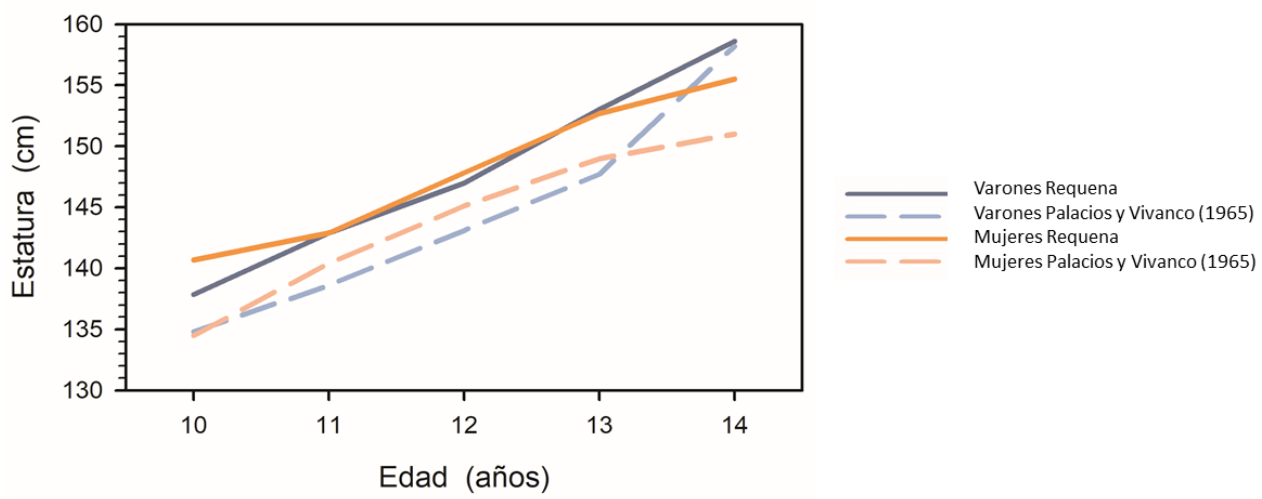


Figura 6. Comparación de la talla de varones y mujeres de Requena y una serie levantina coetánea(22).

española reciente tomada como referencia (21). En ambas confrontaciones, se constata que los promedios para cada edad y sexo de las series de Requena están significativamente por debajo (p<0,05) de los dos patrones del presente siglo a todas las edades en el grupo de varones y a partir de los 12 en el grupo de mujeres.

De la misma manera se comparó la estatura de los estudiantes requenenses con los de un trabajo de Palacios y Vivanco, también de la región valenciana y próxima en el tiempo, en el que se tomaron las medidas de 128.000 escolares (22). Se advierte en la figura 6 que, en términos generales, los primeros son más altos que los segundos. Respecto a la serie masculina, entre los 10 y 13 años, la diferencia para los promedios oscila entre 3 y 6 cm según la edad; en concreto a los 10 años (137,85 vs 134,80), a los 11 (142,89 vs 138,60), a los 12 (146,99 vs 143,10), a los 13 (153,04 vs 147,70). En la femenina las discrepancias son similares, a los 10 años (140,68 vs 134,50), a los 11 (142,89 vs 140,40), a los 12 (147,84 vs 145,10), a los 13 (152,68 vs 149,00) y a los 14 años (155,53 vs 151,00).

Discusión

La evolución de la salud pública y la educación en España, entre finales del XIX y el XX, viene definida por la relación entre el higienismo imperante en Europa y la inspección médica escolar. Las bases legales del movimiento higienista, aplicadas a la educación, tuvieron un antecedente en el preámbulo del Reglamento de las Escuelas Públicas de Instrucción Primaria Elemental (23), que enfatiza en las condiciones higiénicas y sociales del alumnado. Aquí se subraya la importancia de monitorizar el crecimiento de los escolares a través de las variables antropométricas y la necesidad de favorecer el contacto con la naturaleza, el ejercicio físico y la mejora de la alimentación (24).

Los hitos importantes para consolidar la doctrina higienista son la creación de la Sociedad Española de Higiene en 1881 y el primer Congreso Nacional de Higiene, celebrado un año más tarde, que incentivaron esta temática como asignatura escolar. Dicha materia perseguía educar a los niños en los hábitos saludables, para prevenir determinadas enfermedades a través de la educación (25). El Real Decreto de 26 de octubre de 1901, introduce los ejercicios corporales en el currículum oficial de la enseñanza primaria, hecho que supone un antecedente en el establecimiento de la educación física en el ámbito escolar (26).

Oficialmente la Inspección Médica Escolar se implantó en 1911 para vigilar la salud del alumnado mediante revisiones médicas periódicas, que permitieran detectar fundamentalmente enfermedades infecto-

contagiosas. Un Real Decreto de 1913 obligaba a disponer de un médico escolar en cada población de más de 100.000 habitantes (27). Asimismo, en 1934 se publicó el Reglamento del Cuerpo de la Inspección Médico Escolar del Estado que, en su artículo octavo, describe la ficha médico escolar. Como continuación, la ley de 1944 de protección Escolar declara (artículo vigésimo octavo) la obligatoriedad de rellenar las citadas fichas y custodiarlas en el registro de la secretaría de los centros educativos. Por eso algunos Institutos de Enseñanza Media, como el de Requena, han conservado los datos antropométricos, en los que se basa la presente investigación.

La comparación de la serie requenense con la población española actual (21) y las referencias de la OMS (19) ponen de relieve la esperada evolución secular positiva de la estatura, ya corroborada por nuestro grupo en estudiantes madrileños (28). Pero cuando se contrasta la talla de escolares requenenses con la de los levantinos, medidos por Palacios y Vivanco (22) y nacidos entre 1950 y 1960, se comprueba que los primeros tienen una talla superior a los segundos. Hay que destacar que, aunque ambas muestras son cercanas en el tiempo, buena parte de los requenenses analizados nacieron y crecieron en plena contienda o en los primeros años de la posguerra, es decir antes que los correspondientes a la región de Levante.

Esta investigación (22), realizada entre escolares de toda España, incluía también la región levantina que abarcaba Castellón, Alicante, Valencia y Murcia. Asimismo, indica que, en dicha época, el territorio levantino junto con Cantabria, Alto Ebro, Cataluña marítima y Baleares, son las zonas españolas de mayor industrialización y superior nivel de vida. En consecuencia, sería esperable de la mencionada confrontación que los estudiantes analizados en este trabajo tuvieran menor estatura que los medidos por Palacios y Vivanco (22), ello no sucede porque Requena disfrutó de un cierto superávit alimentario en la guerra y posguerra.

Efectivamente, en 1938 se consideraba el municipio de Requena como área de provisión de alimentos, por parte del gobierno republicano. El 28 de julio de dicho año la Subsecretaría del Ministerio de Agricultura calculó que, en función del volumen de población del municipio y de la ración diaria estipulada, existía un excedente de 409.345 kg de trigo (29). Por eso la guerra no afectó al crecimiento físico de los reclutas, como demuestra un trabajo realizado en la comunidad valenciana (30). El citado estudio señala que en épocas anteriores los quintos requenenses nacidos entre 1851-55 y 1946-48 experimentaron un aumento de estatura de 5,6 cm, paralelamente a las mejores condiciones de vida. Durante la autarquía (1940-1959), la carencia alimentaria y la desnutrición tuvieron un impacto desigual en la provincia de Valencia, ya que las ciudades industriales fueron más afectadas que las localidades del medio rural y economía agrícola, como Requena (31).

Cabe señalar la dificultad que supone establecer comparaciones con series históricas por lo que respecta a las categorías del ICFAE, ya que esta metodología es reciente y los estudios de crecimiento contemporáneos a la cohorte aquí analizada se limitaban a ofrecer resultados descriptivos para los promedios de variables como estatura y peso por grupos de edad (22, 32, 33). Un resultado que pudiera sorprender es que, como se ha expresado en el apartado correspondiente, la sobrecarga ponderal (sobrepeso más obesidad) en exclusiva o combinada con la baja talla, afectaba al 19,2 % de los escolares de Requena, mientras los casos de emaciación (bajo peso para la talla), no alcanzaron el 1%. Esta situación, junto al hecho de que la desnutrición crónica (baja talla para la edad) tuviera una prevalencia comparativamente menor (6,4%) al sobrepeso puede reflejar la especial situación de Requena como municipio privilegiado con economía agrícola y cierta autosuficiencia frente a otras ciudades industriales. Lamentablemente, no es posible comparar la cifra de sobrecarga ponderal con algún otro estudio de la época ya que en las series históricas no se encuentran valores para el IMC. Hay que tener en cuenta que es a partir de 1960-1970 cuando se produce en España una transición nutricional ligada al aumento del nivel de vida que dispara los casos de malnutrición por exceso (34). De hecho, los primeros estudios poblacionales sobre el tema no se desarrollaron hasta los años 80, siendo en concreto el denominado PAIDOS el que proporcionó los primeros datos sobre prevalencia de obesidad infantil en España que resultó ser del 4,9% en 1985 (35)

El presente trabajo presenta ciertas limitaciones. La comparación de las prevalencias de los distintos

estados malnutritivos categorizados mediante el ICFAE, con series históricas no ha sido posible ya que no se cuenta con los datos individuales de las mismas, sino únicamente con los promedios y desviaciones de las variables directas. Además, como se ha referido anteriormente, se desconoce que aparatos y técnicas antropométricas se utilizaron para medir la talla y el peso en las diferentes revisiones escolares. Sin embargo, puede considerarse una fortaleza haber aportado datos originales que reflejan el estado nutricional de los niños y niñas de Requena en un período de postguerra en el que se habían implantado políticas de higiene escolar, tendentes a la vigilancia del crecimiento infantil y juvenil.

Conclusiones

El relativo bienestar de Requena durante la guerra y posguerra justifica que la proporción de escolares sin fallo antropométrico (frente a las referencias OMS) durante el período analizado afectase a más del 70 % de la población analizada. El porcentaje restante de malnutrición se concentra prioritariamente en la sobrecarga ponderal, seguido en menor medida del crecimiento retardado o baja talla para la edad. En contraposición, la prevalencia de emaciación (bajo peso para la talla o bajo IMC para la edad) presenta un pequeño nivel porcentual.

La comparación de los escolares de Requena con una serie histórica y otra actual corrobora la positiva evolución secular de la estatura infantil y juvenil en esta población española.

Agradecimientos

Queremos mostrar nuestro cariño y agradecimiento a Javier Puche Gil, persona que nos proporcionó los datos de las fichas sanitarias del Instituto de Enseñanza Media de Requena. Descanse en paz.

Esta investigación ha sido sufragada por el Proyecto MANIDES (PID2020-113793GB-I00) financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (AEI/10.13039/501100011033).

Conflictos de intereses

No existe

Referencias

1. Alía Miranda F. La dictadura de Primo de Rivera (1923-1930): paradojas y contradicciones del nuevo régimen. Madrid: Los Libros de la Catarata; 2023. 240 p.
2. Gil de Pecharromán J. Los años republicanos 1931-1936. Reforma y reacción en España. Barcelona: Taurus; 2023. 491 p.
3. Del Rey F, Álvarez Tardío M. Fuego cruzado. La primavera de 1936. Barcelona: Galaxia Gutenberg; 2024. 696 p.
4. Casanova, J. España partida en dos. Breve historia de la guerra civil española. Barcelona: Crítica; 2013.296 p.
5. Casanova J. Franco. Barcelona: Crítica; 2025. 528 p
6. Nueda Lozano A. La guerra del hambre. Abastecimiento, escasez y estrategias de supervivencia en la retaguardia republicana (1936-1939). [Tesis doctoral]. Ciudad Real. Universidad de Castilla–La Mancha. 2023. https://hdl.handle.net/10578/31868.
7. Del Arco Blanco MA. Famine in Spain During Franco's Dictatorship, 1939–52. J Contemp Hist 2021; 56(1): 3-7. https://doi.org/10.1177/0022009419876000
8. Marrodán MD, Montero P, Cherkaoui M. Transición Nutricional en España durante la historia reciente. Nutr. Clin. Diet. Hosp. 2012; 32 (Supl. 2): 55-64. https://revista.nutricion.org/PDF/Transicion-nutricional.pdf
9. Martínez-Carrión JM, Puche-Gil J. La evolución de la estatura en Francia y en España, 1770-2000. Balance historiográfico y nuevas evidencias. Dynamis. 2011; 31 (2): 429-452. https://doi.org/10.4321/S0211-95362011000200009
10. Del Cura I, Huertas R. Alimentación y enfermedad en tiempos de hambre. España, 1937-1947. Madrid. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 2007. 316 p.
11. Castelló Botía I. Evolución de la mortalidad asociada a desnutrición en la España Contemporánea 1900-1974. Rev Demogr Hist 2010; 28(2): 25-49. https://observatorio-cientifico.ua.es/documentos/63d4799d5222787c7aab98b6
12. Galán Tendero VM. Crónicas n° 5. La sociedad de Requena de la repoblación a la despoblación 2019. 30 p.
13. Seidman M. La victoria nacional. La eficacia contrarrevolucionaria en la Guerra Civil Madrid: Alianza Editorial; 2012. 424 p.
14. Martínez JA, Limón F. El abastecimiento de la población. En Bricall, J. M.; Casanova, J.; Martínez G., Abad V., Arranz MA., Eguidazu F. et al. La guerra civil 14: Sociedad y Guerra. Historia 16. 1986; 70-83.
15. Martínez Hernández MC. El abastecimiento de aguas a comienzos de los cuarenta. En la Requena de la posguerra. Crónica n° 12. Crónicas históricas de Requena. 2021; 57-62.

16. Martínez Hernández MC. Mi infancia son recuerdos de Requena. 2016. https://minfanciasonrecuerdosderequena.blogspot.com/2016/11/anos-escolares-el-alfonso-x.html
17. Ibáñez Tarín M. El Instituto de Requena durante la Guerra Civil a través de la figura del profesor Camilo Chousa. Oleana 2010; 25: 95-126. https://www.requena.es/sites/www.requena.es/files/Departamentos/cultura/publicaciones/oleana/Oleana25/25_04elinstitutoderequena_mibanez.pdf
18. Boletín Oficial del Estado. 26 noviembre 1944. n° 331: 8908-8936. https://www.boe.es/diario_gazeta/comun/pdf.php?p=1944/11/26/pdfs/BOE-1944-331.pdf
19. OMS Growth reference data for 5-19 years old. 2007. http://www.OMS.int/growthref/en/.
20. Bejarano IF, Oyhenart EE, Torres MF, Cesani MF, Garraza M, Navazo B. et al. Extended composite index of anthropometric failure in Argentinean preschool and school children. Pub. Health Nutr. 2019; 22 (18): 3327-3335. doi: 10.1017/S1368980019002027.
21. Sánchez Álvarez M. Componentes del Síndrome Metabólico en población infanto-juvenil española. [Tesis doctoral]. Madrid. Universidad Complutense de Madrid. 2020. https://docta.ucm.es/entities/publication/552b545e-458e-4fdd-ba98-48e1c5e73978.
22. Palacios JM, Vivanco F. Datos de talla y peso de 128.000 niños españoles. Rev Clin Esp 1965; 99(4): 230-238. https://www.fesemi.org/publicaciones/revista-clinica/historico/vol-99-num-4
23. Reglamento de las Escuelas Públicas de Instrucción Primaria Elemental (1838). https://archive.org/details/A11405812/page/n19/mode/2up.
24. Gómez Gutiérrez JL. Higienismo y educación. Historia de la Educación. 2022. 41: 323-339. https://revistas.usal.es/tres/index.php/0212-0267/article/view/31191.
25. Criado Rodríguez EL. La salud como necesidad social en el origen de una asignatura escolar de higiene en España: siglos XIX y XX. Aula 2022; 28: 283–300. https://doi.org/10.14201/aula202228283300
26. Martín Zuñiga F, Sanchidrián Blanco MCO. El control del espacio escolar: condiciones higiénicas y pedagógicas de las escuelas (España, 1857-1931). Revista História da Educação. 2019; 23: 1-41. http://.doi.org/10.1590/2236-3459/88769
27. Sáez Crespo A. La Salud Escolar en España, Análisis de la experiencia. Típica, Boletín Electrónico de Salud Escolar-Típica-2010;6(1). https://www.tipica.org/index.php?option=com_content&view=article&id=123&Itemid=89
28. Rosique Gracia J, Gordón Ramos PM, Rebato Ochoa E, González-Montero de Espinosa M, Callejo Gea L, Moreno Heras E et al. Estudio auxológico de muestras contemporáneas e históricas de la población madrileña: aplicación del modelo 1 de Preece-Baines. An Pediatr (Barc) 2001; 54 (5): 468-476. https://doi.org/10.1016/S1695-4033(01)77570-4
29. Galán Tendero VM. Bosquejo de la Guerra Civil en Requena. Oleana: Cuadernos de Cultura Comarcal. 2015; 29:5-46 https://www.requena.es/sites/www.requena.es/files/Departamentos/cultura/publicaciones/oleana/Oleana29/29_05bosquejoguerracivilrequena_vmgalan.pdf
30. Puche-Gil J. Evolución del nivel de vida biológico en la Comunidad Valenciana, 1840-1969. Rev. Invest. Econ. 2011; 7 (3): 380–394. https://doi.org/10.1016/j.ihe.2010.10.003
31. Cámara AD, Puche J, Martínez-Carrión JM. Assessing the effects of autarchic policies on the biological well-being: Analysis of deviations in cohort male height in the Valencian Community (Spain) during Francoist regime. Soc. Sci. Med., 2021; 273: 113771. https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2021.113771
32. Fernández Cabezas MA, Fernández Cabezas J. Estudio sobre el crecimiento de los muchachos españoles II: el crecimiento de los muchachos de Málaga. Antropología y Etnología: Revista del Instituto Bernardino de Sahagún 1952;(4): 9-75.
33. Fernández Cabezas MA, Fernández Cabezas J. Estudio sobre el crecimiento de los muchachos españoles III: el crecimiento de los muchachos de Granada. Antropología y Etnología: Revista del Instituto Bernardino de Sahagún 1953;(8): 133-195.
34. Marrodán MD, Montero P, Cherkaoui M. La Transición nutricional en España. Nutr. clín. diet. hosp. 2012; 32 (Supl. 2): 55-64. https://api.index-360.com/media/article/pdf_1/20174/nutricion-clinica-10045.pdf?action=open
35. Aranceta-Bartrina J, Pérez-Rodrigo C. La obesidad infantil: una asignatura pendiente. Rev. Esp. Cardiol. 2018; 71: 888-891. https://doi.org/10.1016/j.recesp.2018.04.038

Recibido: 06/11/2025
Aceptado: 06/03/2026

ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICIÓN
Revista de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición
https://doi.org/10.37527/2026.76.2.007
Publicado: 15/06/2026

Vol. 76 N° 2; abril - junio 2026
Artículo Original

Circunferencia del cuello como indicador de riesgo metabólico en adultos jóvenes ecuatorianos

Katherine Torres-Gallo[1], *Verónica Delgado-López*[2], *Diana Celi-Torres*[3], *Patricio Ramos-Padilla*[2].

Resumen: Introducción: El riesgo metabólico se define como la presencia de alteraciones metabólicas que interfieren con la regulación hormonal y el procesamiento energético. Estas alteraciones se manifiestan especialmente mediante disfunciones en los perfiles lipídico, glucémico, presión arterial y el aumento de la circunferencia de cintura. **Objetivo:** analizar la relación entre la circunferencia del cuello y la presencia de factores de riesgo metabólico en adultos jóvenes ecuatorianos, explorando su valor como parámetro antropométrico de riesgo en esta población. **Materiales y métodos:** se llevó a cabo un diseño no experimental, analítico, de corte transversal. Participaron 121 adultos con edades entre 18 a 29 años. Se evaluaron los factores contemplados por el ATP III del 2001 para diagnóstico de síndrome metabólico (SM) y la circunferencia del cuello. Se analizaron las correlaciones entre estas variables y se estableció la sensibilidad y especificidad mediante curvas ROC para identificar el riesgo metabólico. **Resultados:** se identificaron correlaciones significativas (p < 0,001) positivas entre circunferencia del cuello y la circunferencia de cintura (CC) y la presión sistólica (PS), así como una correlación negativa con el colesterol HDL. Los puntos de corte de circunferencia del cuello para alteraciones en la PS fueron 33,45 cm (población general), 36,40 cm (hombres), 31,65 cm (mujeres): para la CC, los valores fueron 34,15 cm (población general), 39,05 cm (hombres), 32,45 cm (mujeres). **Conclusión:** la circunferencia del cuello se relaciona significativamente con la CC y la PS, por lo que puede considerarse un parámetro útil en la detección temprana del riesgo metabólico. **Arch Latinoam Nutr 2026; 76(2): 138-147.**

Palabras clave: síndrome metabólico, cuello, antropometría, adulto joven.

Abstract: Neck circumference as an indicator of metabolic risk in young Ecuadorian adults. Introduction. Metabolic risk is defined as the presence of metabolic abnormalities that interfere with hormonal regulation and energy metabolism. These abnormalities manifest primarily as abnormalities in lipid and glucose profiles, blood pressure, and increased waist circumference. **Objective.** To analyze the relationship between neck circumference and the presence of metabolic risk factors in young Ecuadorian adults, exploring its value as an anthropometric risk parameter in this population. **Materials and methods.** A non-experimental, analytical, cross-sectional study design was employed. A total of 121 adults aged 18 to 29 years participated. The factors outlined by the 2001 ATP III guidelines for the diagnosis of metabolic syndrome and neck circumference were evaluated. Correlations between these variables were analyzed, and sensitivity and specificity were established using ROC curves to identify metabolic risk. **Results.** Significant positive correlations (p < 0.001) were identified between neck circumference and waist circumference (WC) and systolic blood pressure (SBP), as well as a negative correlation with HDL cholesterol. The neck circumference cutoff points for abnormalities in systolic blood pressure were 33.45 cm (general population), 36.40 cm (men), and 31.65 cm (women); for WC, the values were 34.15 cm (general population), 39.05 cm (men), 32.45 cm (women). **Conclusion.** Neck circumference is significantly associated with WC and SBP, and therefore can be considered a useful parameter in the early detection of metabolic risk. **Arch Latinoam Nutr 2026; 76(2): 138-147.**

Keywords: metabolic syndrome, neck, anthropometry, young adult.

Introducción

El riesgo metabólico es considerado un desafío prioritario para los sistemas de salud a nivel mundial, debido a su creciente repercusión clínica y social. En las últimas tres décadas, su prevalencia ha aumentado de manera continua (1, 2) Se define como la presencia de alteraciones metabólicas significativas que interfieren con la regulación hormonal y el procesamiento energético, afectando directamente la calidad de vida. Estas alteraciones se manifiestan especialmente mediante disfunciones en los perfiles lipídico, glucémico, hormonal, presión arterial, antropométrico, con especial relevancia en el aumento de la circunferencia de cintura (3). Por lo que, esta condición se ha plasmado como

[1]Investigador independiente. [2]Grupo de investigación en alimentación y nutrición humana, GIANH. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. [3] Facultad de Ciencias de la Salud. Carrera de Nutrición y Dietética. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
Autor para la correspondencia: Patricio Ramos-Padilla, e-mail: patoramos260380@gmail.com

un factor de riesgo modificable determinante para el desarrollo de diabetes mellitus tipo 2, enfermedades cardiovasculares, cerebrovasculares, osteoartrosis, así como para un mayor riesgo de ciertos tipos de cáncer y deterioro funcional prematuro (1,3,4)

Según Burden of Disease, el estudio Global del periodo de 1990 a 2021, entre el 20 % y el 25 % de la población adulta mundial presenta algún grado de alteración metabólica, un porcentaje asociado a cambios en los patrones alimentarios, el sedentarismo, la urbanización acelerada y el nivel socioeconómico (1). Reconocer el riesgo metabólico como un proceso progresivo, y no solo como un diagnóstico tardío, resulta fundamental para desarrollar estrategias de prevención primaria antes de que se presenten las complicaciones orgánicas.

En este contexto, la circunferencia del cuello ha surgido como un marcador antropométrico con alto potencial predictivo. A diferencia de otras medidas, esta refleja con mayor precisión la acumulación de tejido adiposo de la región superior, un depósito metabólicamente activo que libera ácidos grasos libres y citocinas proinflamatorias en mayor proporción que el tejido subcutáneo periférico del cuerpo (9,10). Además, diversas investigaciones han demostrado correlaciones significativas entre valores elevados de circunferencia del cuello y alteraciones del perfil lipídico, resistencia a la insulina, hipertensión arterial y apnea obstructiva del sueño (11,12). Además, su medición es rápida, estandarizable, de bajo costo y culturalmente bien aceptada, lo que la vuelve en una herramienta óptima para el cribado poblacional, particularmente en contextos donde la medición de la circunferencia de cintura presenta limitaciones prácticas o sociales (13).

Si bien en Ecuador existen investigaciones recientes en el periodo entre el 2021 y 2026 que han contribuido con datos primordiales sobre el estado metabólico y han fortalecido las recomendaciones preventivas basadas en el estilo de vida (14), la evidencia específica dirigida a adultos jóvenes sigue siendo limitada. En estudios nacionales, este grupo etario suele incluirse dentro de rangos poblacionales más amplios, lo que dificulta la identificación de perfiles de riesgo específicos y la validación de puntos de corte antropométricos adecuados para jóvenes ecuatorianos de 18 a 35 años (15). Esta brecha evidencia la necesidad de contar con datos que permitan ajustar las estrategias de detección temprana de esta población. Con el propósito de aportar a este vacío de conocimiento, el presente estudio tuvo como objetivo analizar la relación entre la circunferencia del cuello y la presencia de factores de riesgo metabólico en adultos jóvenes ecuatorianos, explorando su valor como parámetro antropométrico de riesgo y establecer puntos de corte preliminares que puedan complementar las herramientas diagnósticas actualmente disponibles.

Materiales y métodos

Diseño no experimental, analítico, de corte transversal. La investigación se llevó a cabo en la ciudad de Riobamba, durante los años 2022-2023. Se aplicó un muestreo no probabilístico, por conveniencia. Se incluyeron individuos que firmaron voluntariamente el consentimiento informado, nacidos y residentes en la región geográfica sierra, con edades comprendidas entre los 18 y 30 años, estudiantes, servidores, personal administrativo de una Institución de Educación Superior (IES). Se excluyeron a mujeres en estado de gestación y lactancia, personas con problemas físicos que dificulten la toma de medidas antropométricas, con diagnóstico confirmado de dislipidemia, diabetes o hipertensión y/o que estén tomando corticoides.

La elección de los sujetos participantes se basó en una convocatoria abierta publicada por la IES. Una vez que los interesados se pusieron en contacto con el equipo de la investigación, se verificó su idoneidad, se les facilitó el formulario de consentimiento informado y, si se firmaba su aceptación, se confirmaba su participación. Este proceso se prolongó durante tres meses hasta alcanzar el un tamaño muestral superior a 100 sujetos. La muestra final estuvo conformada por 121 adultos ecuatorianos.

Recolección de datos

Sociodemográficos

Se aplicó un cuestionario estructurado mediante el cual los participantes proporcionaron información sociodemográfica relevante para el estudio (edad y sexo, lugar de nacimiento y residencia, autoidentificación étnica, ocupación).

Bioquímicos

El recolección y análisis de una muestra de sangre venosa se llevó a cabo en un laboratorio clínico de la ciudad de Riobamba certificado por el Ministerio de Salud Pública, el participante estuvo en ayunas, según el horario asignado. Se registraron valores de glucosa basal, triglicéridos y colesterol HDL.

Antropométricos

Las mediciones se efectuaron por parte del equipo de investigación (Nutricionistas), previa estandarización en el protocolo de la *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (ISAK). El peso se registró en kilogramos con balanza digital, precisión 0.1 kg., el participante usó ropa ligera, sin calzado, colocándose al centro de la balanza con brazos a los costados y mirada al frente. La estatura se midió en centímetros con estadiómetro fijo, precisión 0.1 cm., el participante permaneció descalzo, erguido, con talones juntos y cabeza en plano de Frankfurt; utilizando una cinta antropométrica metálica no extensible, la circunferencia del cuello (mínima) se midió debajo del cartílago tiroides, con la cinta perpendicularmente al eje del cuello, el participante mantenía la cabeza en plano de Frankfurt y los hombros relajados. La circunferencia de la cintura se midió en el punto más estrecho entre la décima costilla y la cresta ilíaca, con los brazos cruzados sobre el pecho y relajados al registrar el resultado al final de una expiración normal.

Clínicos

La presión arterial se midió mediante un tensiómetro digital marca Omron ® el cual está clínicamente validado. El brazalete se colocó entre 2 y 3 cm por encima del pliegue del codo, en reposo de cinco minutos, sentado con el brazo apoyado y la palma hacia arriba.

Procesamiento estadístico

Los datos recopilados fueron digitalizados y posteriormente analizados con los programas SPSS versión 21.0 y JAMOVI versión 2.0. Se realizaron análisis descriptivos calculando medidas de tendencia central y dispersión para variables cuantitativas, verificando la normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Para las variables cualitativas, se determinaron frecuencias absolutas y relativas. En el análisis inferencial se aplicó la prueba t student para comparar grupos con distribución normal y la prueba U de Mann-Whitney para distribución no normal, previa verificación de homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene. Posteriormente, se efectuó un análisis bivariado mediante gráficos de dispersión y coeficientes de correlación de Pearson (para datos simétricos) o Spearman (para datos asimétricos). Se consideraron niveles de significancia estadística de 0,05. Finalmente, se empleó la curva ROC con intervalo de confianza del 95% para establecer los puntos de corte de la circunferencia del cuello como parámetro de riesgo metabólico. El punto óptimo se determinó mediante el índice de Youden, seleccionando los valores con mayor sensibilidad y especificidad.

Consideraciones éticas

A cada participante se les explicó detalladamente el consentimiento informado. Cada uno firmó un consentimiento informado previo a su participación. La investigación fue aprobada por el Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, con el código IO-07-CEISH-ESPOCH-2023.

Resultados

En el estudio participaron 121 sujetos con una edad $\bar{X}$: 21,7 ± 2,2 años y con un índice de masa corporal $\bar{X}$: 23,6±3,5. En cuanto al sexo, la mayoría es mujer (66,9%) y a la autoidentificación étnica, la mayoría se reconoció como perteneciente a la etnia mestiza (Tabla 1).

En el análisis de los componentes del síndrome metabólico por sexo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la mayoría de los indicadores con excepción de los niveles de triglicéridos y la presión sistólica, en la que los hombres presentaron valores más elevados. El promedio de la circunferencia del cuello fue de 36, 9 cm en hombres y 31, 6 cm en mujeres, diferencia estadísticamente significativa (Tabla 2).

En la Figura 1 y Tabla 3 se evidencia una correlación positiva entre la circunferencia del cuello y variables como la circunferencia de la cintura, la presión arterial sistólica y

Tabla 1. Características generales de los sujetos de estudio.

n=121				
		Frecuencia	%	
Sexo	Hombre	40	33,1	
	Mujer	81	66,9	
Auto-identificación étnica	Indígena	9	7,4	
	Mestizo	112	92,6	
	Media	DE	Mín	Máx
Edad (años)	21,7	2,24	18	29
Índice de masa corporal (Kg/m^2)	23,6	3,46	17,1	36,6

n: población; DE: desviación estándar; Mín: mínimo; Máx: máximo

Tabla 2. Análisis de la circunferencia del cuello y los componentes del síndrome metabólico según sexo.

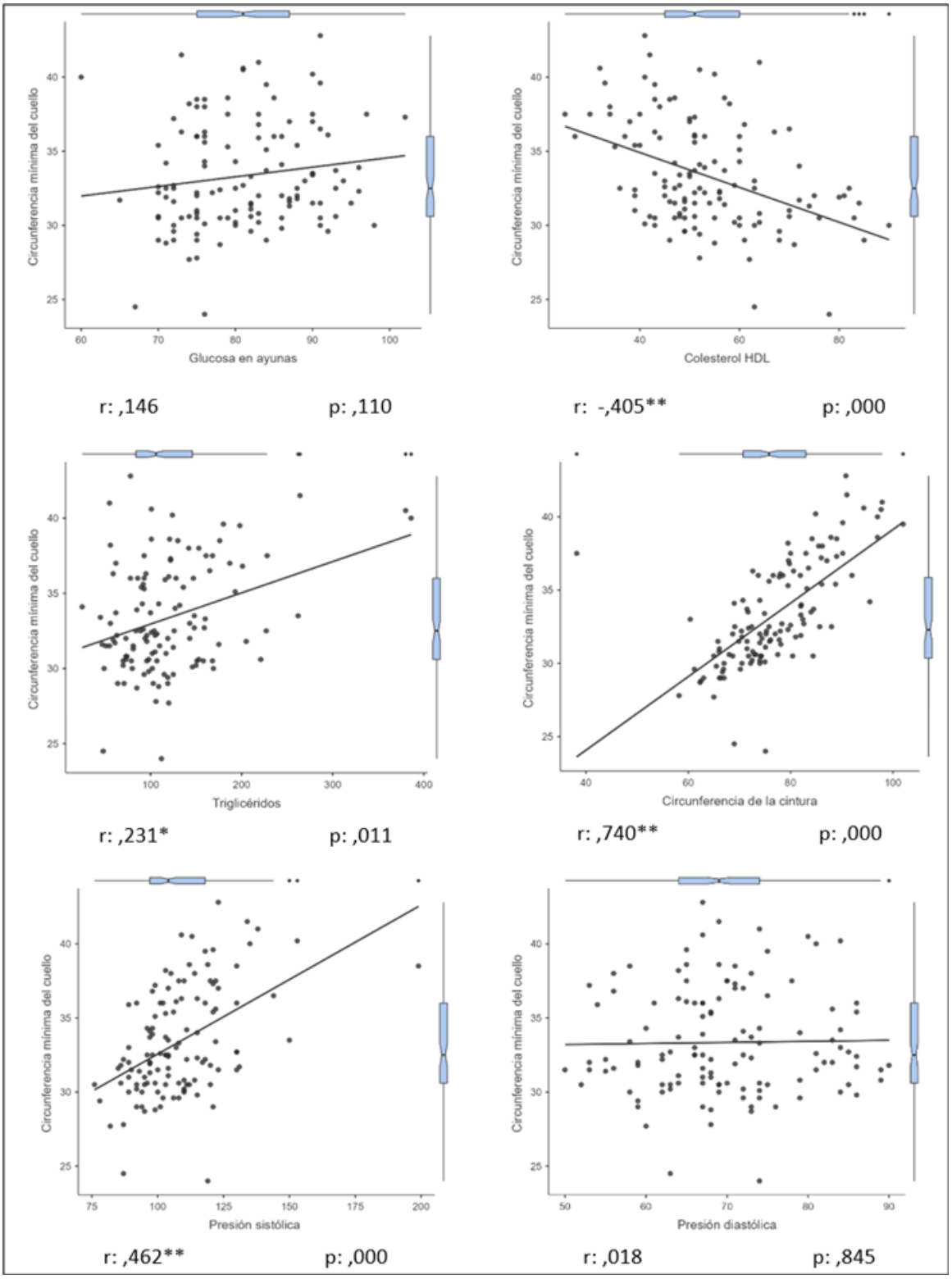
	Sexo (H/M)	n	$\bar{X}$	Mediana	DE	RIC	*p*
Circunferencia del cuello (cm)	Hombre	40	36,9	37,0	2,45	2,68	0,871.[a]
	Mujer	81	31,6	31,5	2,68	2,30	<,001.[b]
Circunferencia de la cintura (cm)	Hombre	40	81,4	81,3	10,83	12,60	0,002.[b]
	Mujer	81	74,8	74,0	8,30	11,00	0,152.[a]
Glucosa en ayunas (mg/dl)	Hombre	40	82,8	83,0	8,38	14,00	0,285.[a]
	Mujer	81	80,2	80	7,92	13,00	0,021.[b]
Colesterol HDL (mg/dl)	Hombre	40	48,9	50,0	10,44	12,50	0,952.[a]
	Mujer	81	55,5	52	13,79	16,00	0,023.[b]
Triglicéridos (mg/dl)	Hombre	40	136,3	121,5	76,93	74,00	<,001.[b]
	Mujer	81	110,5	102,0	43,24	51,00	<,001.[b]
Presión sistólica (mm Hg)	Hombre	40	116,5	115,0	20,11	19,00	<,001.[b]
	Mujer	81	103,5	103,0	13,14	16,00	0,203.[a]
Presión diastólica (mm Hg)	Hombre	40	69,4	69,5	8,13	9,50	0,517.[a]
	Mujer	81	69,9	68,0	9,85	11,00	0,028.[b]

n: población; $\bar{X}$=media; DE: Desviación estándar; RIC: Rango intercuartílico; a: Prueba T de student para dos grupos independientes; b: Prueba U de Mann Whitney para dos grupos independientes; p: significancia estadística.

Tabla 3. Matriz de correlación de los componentes del síndrome metabólico y la circunferencia del cuello

	Circunferencia del cuello	Circunferencia de la cintura	Glucosa en ayunas	Colesterol HDL	Triglicéridos	Presión sistólica	Presión diastólica
Circunferencia del cuello	—						
Circunferencia de la cintura	0,740[a]	—					
Glucosa en ayunas	0,146[b]	0,082[b]	—				
Colesterol HDL	-0,405[a]	-0,346[a]	-0,098[b]	—			
Triglicéridos	0,231[a]	0,350[a]	-0,053[b]	-0,339[a]	—		
Presión sistólica	0,462[a]	0,435[a]	0,105[b]	-0,230[a]	0,151[a]	—	
Presión diastólica	0,018[a]	0,010[a]	0,118[b]	-0,125[a]	0,079[a]	0,506[a]	—

a: coeficiente de correlación de *Spearman*; b: coeficiente de correlación de *Pearson*



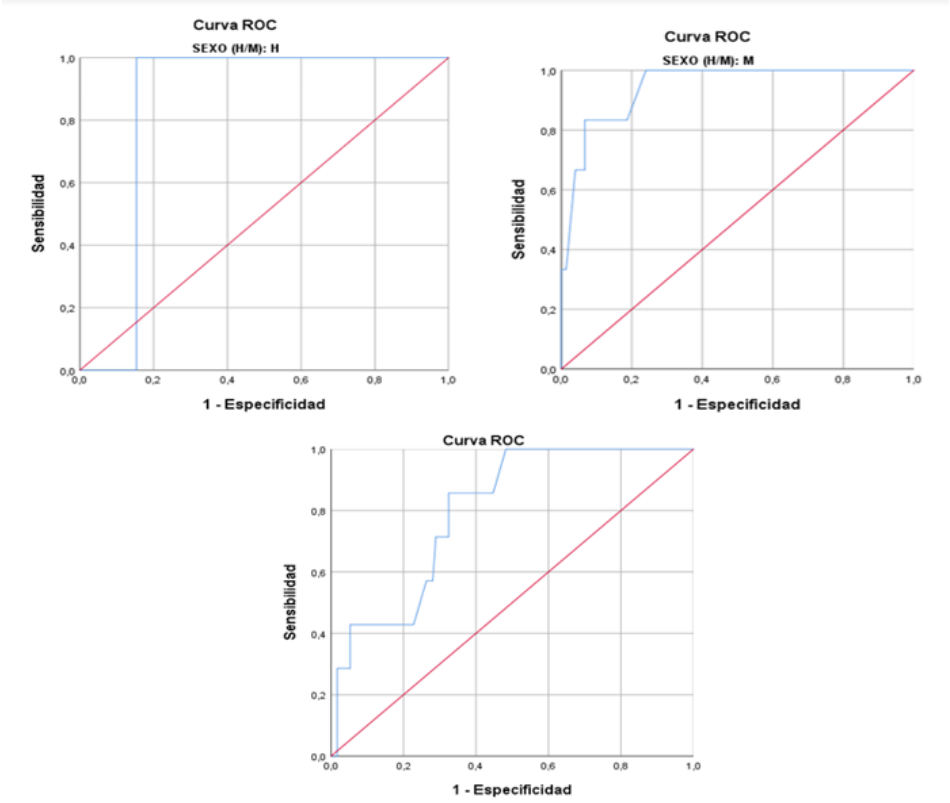
r: nivel de correlación; * La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral); **. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral). *p*: significancia estadística.

Figura 1. Análisis correlacional de los componentes del síndrome metabólico y la circunferencia del cuello

triglicéridos. Asimismo, se encontró una correlación negativa moderada entre la circunferencia del cuello y los niveles de colesterol HDL, lo que sugiere que, a mayor circunferencia del cuello, menor concentración de HDL. No se observó correlación significativa entre la circunferencia del cuello y los niveles de glucosa en ayunas.

Se evaluó la relación entre la circunferencia del cuello y la circunferencia de la cintura (CC), encontrando una fuerte correlación positiva; en la Figura 2 se observa que los puntos de corte para identificar el riesgo metabólico con la circunferencia del cuello fueron: 39,05 cm para hombres (AUC de 0,846), 32,45 cm para mujeres (AUC de 0,944) y 34,15 cm para la población general (AUC de 0,799). Los resultados indicaron buen rendimiento para hombres, excelente rendimiento para mujeres, y rendimiento aceptable para la población general, con significancias asintóticas que mostraron baja probabilidad de rechazar el valor de la circunferencia del cuello como parámetro de riesgo del criterio diagnóstico de la CC, del SM.

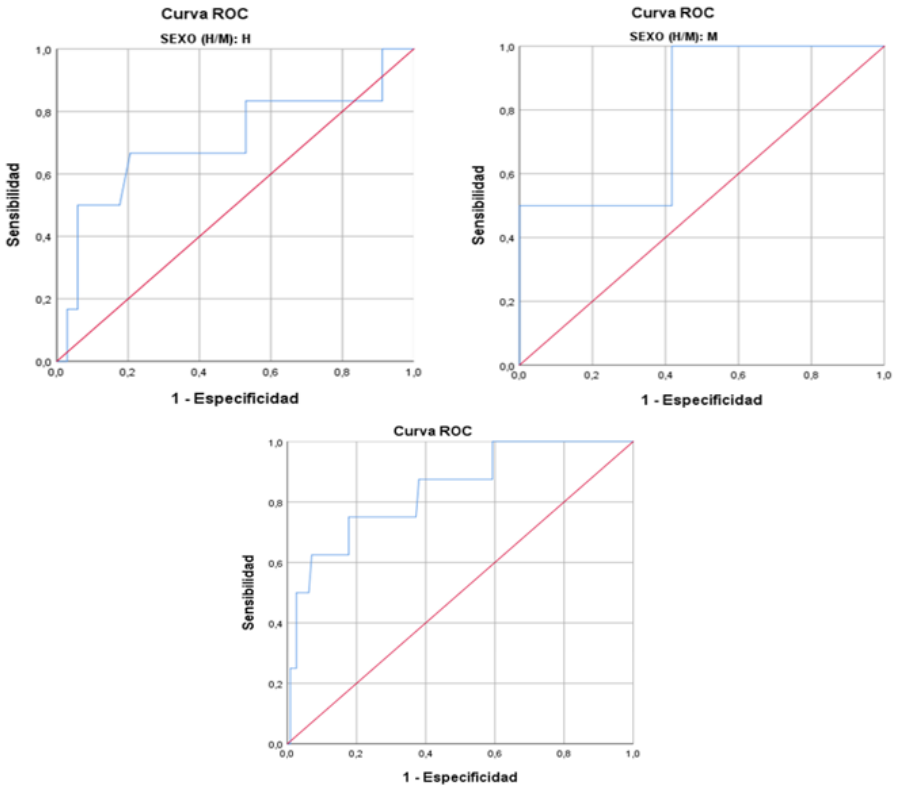
Se analizó la correlación entre la circunferencia del cuello y los componentes del síndrome metabólico, encontrando una correlación moderada de esta medida con la presión sistólica. Como se observa en la Figura 3 se establecieron puntos de corte de la circunferencia



Variables resultado contraste	Grupo	Área bajo de la curva	Desv. Error[b]	Significancia asintótica[c]	95% de intervalo de confianza asintólica	
					Límite inferior	Límite superior
Circunferencia de la cintura	Hombre	,846	,058	,244	,733	,959
	Mujer	,944	,035	,000	,876	1,000
	Global	,799	,067	,008	,668	,930

b. Bajo el supuesto no paramétrico; c. Hipótesis nula: área verdadera = 0,5

Figura 2. Curva ROC de la Circunferencia cuello y la Circunferencia de la Cintura



Variables resultado contraste	Grupo	Área bajo de la curva	Desv. Error[b]	Significancia asintótica[c]	95% de intervalo de confianza asintólica	
					Límite inferior	Límite superior
Presión sistólica	Hombre	,703	,138	,116	,433	,974
	Mujer	,791	,152	,162	,494	1,000
	Global	,840	,074	,001	,695	,984

b. Bajo el supuesto no paramétrico; c. Hipótesis nula: área verdadera = 0,5

Figura 3. Curva de ROC de la Circunferencia del cuello y la Presión Sistólica

del cuello asociados a alteraciones de la PS, los cuales fueron: para hombres, 36,40 cm (AUC de 0,703), para mujeres 31,65 cm (AUC de 0,791); y para la población general, 33,45 cm (AUC de 0,840). Los resultados indicaron rendimiento aceptable para hombres y mujeres, además de un buen rendimiento para población en general, con significancias asintóticas que mostraron baja probabilidad de rechazar el valor de la circunferencia del cuello como parámetro de riesgo del criterio diagnóstico de la PS, del SM.

Discusión

En el presente estudio se observó una correlación positiva entre la circunferencia del cuello y varios indicadores que miden el riesgo metabólico, particularmente con la circunferencia de la cintura, presión arterial sistólica, triglicéridos, así como una correlación negativa con el colesterol HDL. Estos hallazgos coinciden con evidencia

que señala que la adiposidad en la región superior del cuerpo está asociada con alteraciones cardiometabólicas (10,16). No se evidenció una asociación significativa entre la circunferencia del cuello y los niveles de glucosa en ayunas; sin embargo, este hallazgo contrasta con estudios previos que han descrito una relación entre este indicador antropométrico y alteraciones en el metabolismo de la glucosa (13,17). Esta discrepancia podría explicarse por las características etarias de la población estudiada, compuesta por adultos jóvenes en quienes las alteraciones del metabolismo de la glucosa suelen ser menos frecuentes, ya que estas tienden a manifestarse con mayor claridad a partir de los 40 años de edad (18). Estudios recientes han demostrado que la relación entre el metabolismo de la glucosa y la circunferencia del cuello es más evidente en personas de edad avanzada o con resistencia a la insulina establecida (19,20).

En relación con el perfil lipídico, los resultados obtenidos son consistentes con diversas investigaciones. Un metaanálisis realizado por Shokri *et al*. evidenció que la circunferencia del cuello se asocia positivamente con niveles elevados de triglicéridos y negativamente con colesterol HDL, destacando su utilidad como marcador de dislipidemia aterogénica particularmente en hombres en los cuales se observa menor proporción de HDL en comparación con la mujeres (21).

Las diferencias observadas según el sexo podrían estar moduladas por factores genéticos y hormonales que influyen tanto en la distribución de la grasa corporal como en el metabolismo lipídico; por ejemplo, se ha documentado que las mujeres tienden a presentar concentraciones más elevadas de colesterol HDL en comparación con los hombres (21). En este contexto, la evidencia muestra que la circunferencia del cuello, como indicador de adiposidad en la región superior del cuerpo, se asocia de manera diferencial con componentes del perfil lipídico -relacionándose positivamente con LDL, triglicéridos y colesterol total, e inversamente con HDL-, lo que sugiere que dichas variaciones hormonales y de composición corporal pueden influir en esta relación (21,22).

Por otra parte, en esta investigación se observó también una correlación positiva entre la Circunferencia del cuello y la presión arterial sistólica, resultado que concuerda con lo reportado por Ramoshaba *et al*., quienes analizaron a una población universitaria de adultos jóvenes aparentemente sanos, y encontraron que la circunferencia del cuello se asocia con valores elevados de presión arterial, sugiriendo la utilidad de esta medida antropométrica como indicador temprano de riesgo cardiovascular (23). No obstante, otros estudios han señalado que esta asociación tiende a robustecerse con la edad, siendo más evidente en sujetos mayores de 40 años (24,25), lo que sugiere que los resultados en población joven deben interpretarse con cautela.

Uno de los hallazgos más relevantes de este estudio fue la fuerte correlación positiva entre la circunferencia del cuello y la circunferencia de la cintura, lo cual coincide con los resultados de otros estudios realizados en población adulta joven donde se reporta coeficientes de correlación positivos altos entre ambas variables (25,26,27). Esta relación respalda la utilidad de la circunferencia del cuello como indicador indirecto de adiposidad central o abdominal. En este contexto, la circunferencia del cuello podría representar una alternativa práctica donde la medición del perímetro abdominal no sea viable por diversas limitaciones clínicas, logísticas, culturales, entre otras (16). Además, se debe considerar que, el tejido adiposo cervical puede presentar alta actividad endocrina, favoreciendo la liberación de citocinas proinflamatorias y ácidos grasos libres, contribuyendo a resistencia a la insulina y dislipidemia (10,16,28,29), por lo tanto, medir la circunferencia del cuello, constituiría una gran alternativa como indicador de riesgo metabólico.

El presente estudio presenta como fortaleza principal la incorporación de los puntos de corte de circunferencia del cuello para población adulta joven ecuatoriana que permitirán identificar riesgo metabólico. La evaluación de la asociación de esta medida antropométrica con múltiples variables metabólicas fortalece la consistencia de los hallazgos y aporta evidencia relevante en población local. Su aplicabilidad en entornos clínicos y comunitarios lo convierte en una herramienta especialmente útil en contextos con recursos limitados.

Es importante señalar que, los presentes resultados deben interpretarse como asociaciones y no como

relaciones causales. En este sentido, aunque la circunferencia del cuello mostró correlaciones significativas con varios indicadores de riesgo metabólico, no puede considerarse por sí sola como una herramienta diagnóstica, sino como un indicador complementario dentro de la evaluación del riesgo metabólico. Asimismo, la distribución desigual de los participantes según sexo pudo haber influido en la magnitud y consistencia de los resultados, dado que las diferencias biológicas y en la distribución de la grasa corporal entre hombres y mujeres actúan como variables confusoras. Esta situación podría afectar la validez interna de las asociaciones observadas, por lo que es necesario interpretar los resultados con criterio crítico.

Conclusiones

La circunferencia del cuello mostró ser un parámetro antropométrico útil para identificar alteraciones en algunos componentes del riesgo metabólico, especialmente en la circunferencia de la cintura, la presión arterial, los triglicéridos y el colesterol HDL. Estos hallazgos sugieren que la circunferencia del cuello podría constituir una herramienta complementaria en la evaluación del riesgo metabólico en contextos clínicos y comunitarios, especialmente por su practicidad, bajo costo y aceptabilidad en población adulta joven de la Sierra ecuatoriana. Sin embargo, considerando las limitaciones del estudio, su incorporación en evaluaciones rutinarias debe plantearse con cautela. En este sentido, se recomienda el desarrollo de estudios longitudinales que permitan confirmar su capacidad predictiva, así como la validación de los puntos de corte en diferentes contextos regionales y grupos etarios, con el fin de fortalecer su aplicabilidad clínica y epidemiológica.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a todos los participantes que formaron parte de esta investigación.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses relacionados con la presente investigación.

Contribución de los autores

- Katherine Torres-Gallo; concepción y diseño de la investigación, análisis e interpretación de los datos, redacción del artículo, aprobación final del manuscrito.
- Verónica Delgado-López y Diana Celi-Torres: recolección de datos, análisis e interpretación de los datos, redacción del artículo, aprobación final del manuscrito.
- Patricio Ramos-Padilla: diseño de la investigación, recolección de datos, análisis e interpretación de los datos, redacción del artículo, aprobación final del manuscrito.

Referencias

1. Zhang H, Zhou XD, Shapiro M, Lip G, Tilg H, Valenti L, *et al*. Global burden of metabolic diseases, 1990-2021. Metabolism. 2024; 160:155999. https://doi.org/10.1016/j.metabol.2024.155999
2. Dong X, Wang J, Wang C, Wang B, Li G, Yavcng J, *et al*. Worldwide burden of metabolic risk-related cardiovascular disease from 1990 to 2021, with projections to 2050: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. Diabetes Obes Metab. 2025;27(9):4859-4882. https://doi.org/10.1111/dom.16529
3. Karra P, Winn M, Pauleck S, Bulsiewicz A, Peterson L, Coletta A, *et al*. Metabolic dysfunction and obesity-related cancer: Beyond obesity and metabolic syndrome. Obesity 2022;30(7):1323-1334. https://doi.org/10.1002/oby.23444
4. Wei G, Lu K, Umar M, Zhu Z, Lu WW, Speakman JR, *et al*. Risk of metabolic abnormalities in osteoarthritis: a new perspective to understand its pathological mechanisms. Bone Res. 2023;11(1):63. https://doi.org/10.1038/s41413-023-00301-9
5. Codazzi V, Frontino G, Galimberti L, Giustina A, Petrelli A. Mechanisms and risk factors of metabolic syndrome in children and adolescents. Endocrine. 2024;84:16-28. https://doi.org/10.1007/s12020-023-03642-x
6. Silveira R, Barbalho S, Reverete R, Bechara M, Sloan K, Sloan LA. Metabolic syndrome and cardiovascular diseases: going beyond traditional risk factors. Diabetes Metab Res Rev. 2022; 38:3502. https://doi.org/10.1002/dmrr.3502
7. Liu J, Fu Y, Liang P, Song Z, Li Y, Wu H. The association between novel metabolic parameters and all-cause/cardiovascular mortality in patients with metabolic syndrome is modified by age. Cardiovasc Diabetol. 2025;24:96. https://doi.org/10.1186/s12933-025-02587-x

8. Zhou M, Sun W, Gao Y, Jiang B, Sun T, Xu R, *et al*. Metabolomic profiling reveals interindividual metabolic variability and its association with cardiovascular-kidney-metabolic syndrome risk. Cardiovasc Diabetol. 2025;24:315. https://doi.org/10.1186/s12933-025-02881-8
9. Kamarli H, Suna G. Is neck circumference related to other anthropometric measurements and biochemical parameters in type 2 diabetes. Cureus. 2022;14(10): e30750. https://doi.org/10.7759/cureus.30750
10. Torres S, Fabersani E, Marquez A, Gauffin P. Adipose tissue inflammation and metabolic syndrome. The proactive role of probiotics. Eur J Nutr. 2019;58(1):27-43. https://doi.org/10.1007/s00394-018-1790-2
11. Fatnani R, Narayanaswamy S, Shwetha BM. A study of neck circumference in metabolic syndrome and correlation with cardiometabolic risk factors. Cureus. 2025;17(9):2-6. https://doi.org/10.7759/cureus.91655
12. Moreno M, Álvarez F, Sánchez L, Pérez D. Relación entre el riesgo de síndrome de apnea obstructiva del sueño y el síndrome metabólico en pacientes que acuden al centro de atención a la diabetes (CADIMSS) de la unidad médico familiar No. 2 de Puebla. Cienc Lat Rev Cient Multidiscip. 2026;10(1):3095-3118. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i1.22445
13. Torres K. Circunferencia mínima del cuello como indicador de riesgo del síndrome metabólico en adultos jóvenes 2022-2023. Tesis de Pregrado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador 2024. https://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/23442
14. Hidalgo C, Estupiñan A. Prevalencia de síndrome metabólico y factores de riesgo asociados en adultos jóvenes del cantón Esmeraldas. Rev Electron Zoilo. 2025; 50:6. https://revzoilomarinello.sld.cu/index.php/zmv/article/view/3881
15. Gordillo M, Guerrero M. Prevención del síndrome metabólico en adultos en la fundación Sra. Cleotilde Guerrero sector Isla Trinitaria, Guayaquil. Pentaciencias. 2023;5(4):600-610. https://doi.org/10.59169/pentaciencias. v5i4.680
16. Turkay E, Kabaran S. Neck circumference cut-off points for detecting overweight and obesity among school children in Northern Cyprus. BMC Pediatr. 2022; 22(594). https://doi.org/10.1186/s12887-022-03644-0
17. Zhang Y, Wu H, Xu Y, Qin H, Lan C, Wang W. The correlation between neck circumference and risk factors in patients with hypertension: What matters. Medicine.2020;99:47.pe22998. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000022998
18. Raimi TH, Dele BB, Dada SA, Fadare JO, Ajayi DD, Ajayi EA, Ajayi OA. Triglyceride. Triglyceride-Glucose Index and Related Parameters Predicted Metabolic Syndrome in Nigerians. Metab Syndr Relat Disord. 2021; 19(2):76-82. https://doi.org/10.1089/met.2020.0092
19. Failoc-Rojas VE, Díaz-Guevara E, Chambergo-Michilot D, Zeña-Ñañez S, Sánchez-Sánchez K, Valladares-Garrido MJ. Neck circumference as an alternative marker of metabolic syndrome in Peruvian adults: a retrospective, cross-sectional study. Endocr Metab Sci. 2024; 15:100173. https://doi.org/10.1016/j.endmts.2024.100173
20. Fatnani RH, Narayanaswamy S, Bm S. A Study of Neck Circumference in Metabolic Syndrome and Correlation With Cardiometabolic Risk Factors. Cureus. 2025;17(9): e91655. https://doi.org/10.7759/cureus.91655
21. Shokri N, Moradi S, Mohammadi H, Ghavami A, Rouhani MH. Association between neck circumference and lipid profile: A systematic review and meta-analysis of observational studies. Eur J Cardiovasc Nurs 2021;20(6):588-603. https://doi.org/10.1093/eurjcn/zvaa018
22. Hu M, Zhou M, Sun X, Qing M, Jiang M. Relationship between neck circumference and body composition: a cross-sectional study based on a Chinese population. Front Public Health. 2025; 13:1693065. https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1693065
23. Ramoshaba N., Fihla M., Mthethwa W., Tshangela L., Mampofu, Z. Neck Circumference and Blood Pressure Measurements among Walter Sisulu University Students. Int J Environ Res Public Health. 2022; 19(22):15235. https://doi.org/10.3390/ijerph192215235
24. Moradi S, Mohammadi H, Ghavami A, Rouhani M. Neck circumference and blood pressure among children: a systematic review and meta-analysis. J Am Soc Hypertens. 2018; 12(12): 822-832. https://doi.org/10.1016/j.jash.2018.10.007
25. Zaciragic A, Elezovic M, Avdagic N, Babic N, Dervisevic A, Lepara O, Huskic J. Relationship between the neck circumference, standard anthropometric measures, and blood pressure in Bosnian young adults. Eurasian J Med. 2019; 51(2): 150-153. https://doi.org/10.5152/eurasianjmed.2018.18197
26. Borel AL, Coumes S, Reche F, Ruckly S, Pépin JL, Tamisier R, *et al*. Waist, neck circumferences, waist-to-hip ratio: Which is the best cardiometabolic risk marker in women with severe obesity? The SOON cohort. PLoS One. 2018;13(11): e0206617. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206617
27. Ji M., Zeng Z., Huang Z., Shi Z, Ji M. Neck Circumference as a Practical Anthropometric Biomarker for Visceral Adiposity and Metabolic Dysregulation in Type 2 Diabetes. Metabolites 2026; 16: 93. https://doi.org/10.3390/metabo16020093
28. Pandzic Jaksic V, Grizelj D, Livun A, *et al*. Inflammatory gene expression in neck perivascular and subcutaneous adipose tissue in men with carotid stenosis. Angiology. 2021;73(3). https://doi.org/10.1177/00033197211012539
29. Rabiee A, Hossain MA, Poojari A. Adipose Tissue Insulin Resistance: A Key Driver of Metabolic Syndrome Pathogenesis. Biomedicines. 2025;13(10):2376. https://doi.org/10.3390/biomedicines13102376

Recibido: 13/10/2025
Aceptado: 16/04/2026

ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICIÓN
Revista de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición
https://doi.org/10.37527/2026.76.2.008
Publicado: 15/06/2026

Vol. 76 N° 2; abril - junio 2026
Artículo de Revisión

Efectos del ciclo menstrual en el metabolismo energético de mujeres deportistas eumenorreicas. Revisión Sistemática

Pablo San Martín Roldán[1], David San-Martín-Roldán[2], Cinthia Quezada-Ramírez[3], María Carotta-Guzmán[4], Marlene Dueñas-Brisso[4], Nayareth González-Fuentes[4].

Resumen: Introducción: las variaciones cíclicas de estradiol y progesterona influyen en la tasa metabólica basal (TMB) y en la oxidación de sustratos energéticos en mujeres deportistas; sin embargo, gran parte de las recomendaciones nutricionales se basa en estudios realizados en hombres o sin distinción por fase menstrual. **Objetivo:** sintetizar la evidencia disponible sobre cómo las fases del ciclo menstrual modifican la TMB y la utilización de sustratos en mujeres deportistas eumenorreicas. **Materiales y métodos:** se realizó una revisión sistemática de literatura publicada entre 2015 y 2025 en PubMed, SciELO, Google Scholar y Web of Science. Se incluyeron estudios experimentales, observacionales y metaanálisis en inglés o español que evaluaran TMB, oxidación de sustratos, rendimiento físico o ingesta nutricional en atletas eumenorreicas. **Resultados:** de 49 estudios identificados, 10 cumplieron los criterios de inclusión. La TMB fue aproximadamente 10 % mayor en fase lútea respecto de la fase folicular temprana. En fases con predominio de estradiol se observó mayor oxidación de lípidos y menor dependencia de carbohidratos, mientras que en fase folicular temprana predominó el uso de glucógeno. No se identificaron diferencias consistentes en el rendimiento físico. **Conclusiones:** las fluctuaciones hormonales influyen en el metabolismo energético sin afectar significativamente el rendimiento. Integrar la fase menstrual en la planificación nutricional podría contribuir a optimizar la disponibilidad energética y ajustar macronutrientes. Sin embargo, la evidencia presenta limitaciones metodológicas, incluyendo tamaños muestrales reducidos, heterogeneidad en los diseños y escasa confirmación hormonal, por lo que se requieren estudios de mayor calidad y aplicabilidad en la práctica deportiva. **Arch Latinoam Nutr 2026; 76(2): 148-155.**

Palabras clave: ciclo menstrual, tasa metabólica basal, oxidación de sustratos, mujeres deportistas, nutrición deportiva.

Abstract: Effects of the menstrual cycle on energy metabolism in eumenorrheic female athletes: Systematic review. Background: Cyclical fluctuations in estradiol and progesterone influence resting metabolic rate (RMR) and energy substrate oxidation in female athletes; however, most nutritional recommendations are based on studies conducted in men or without consideration of menstrual cycle phase. **Objective:** To synthesize the available evidence on how menstrual cycle phases modify RMR and substrate utilization in eumenorrheic female athletes. **Materials and methods:** A systematic review of literature published between 2015 and 2025 was conducted in PubMed, SciELO, Google Scholar, and Web of Science. Experimental, observational, and meta-analytic studies published in English or Spanish evaluating RMR, substrate oxidation, physical performance, or dietary intake in eumenorrheic athletes were included. **Results:** Of 49 studies identified, 10 met the inclusion criteria. RMR was approximately 10% higher during the luteal phase than during the early follicular phase. Estradiol-dominant phases were associated with greater fat oxidation and lower carbohydrate reliance, whereas the early follicular phase showed greater glycogen utilization. No consistent differences in physical performance were identified. **Conclusions:** Hormonal fluctuations influence energy metabolism without significantly affecting performance. Incorporating menstrual cycle phase into nutritional planning may help optimize energy availability and adjust macronutrients. However, the available evidence presents methodological limitations, including small sample sizes, heterogeneity in study designs, and insufficient hormonal confirmation; therefore, higher-quality studies with greater methodological rigor and applicability to sports practice are needed to establish definitive nutritional recommendations for female athletes, particularly regarding individualized energy, carbohydrate, protein, and fat intake across menstrual phases and different training contexts in competitive and recreational sports settings and clinical practice **Arch Latinoam Nutr 2026; 76(2): 148-155.**

Keywords: menstrual cycle, resting metabolic rate, substrate oxidation, female athletes, sports nutrition.

Introducción

El ciclo menstrual, con una duración promedio de 28 días, se divide en fase folicular, fase ovulatoria y fase lútea (1). Las concentraciones cíclicas de estradiol (E2) y progesterona (P4) no sólo regulan la función reproductiva, sino que también modulan la sensibilidad a la insulina, la oxidación de lípidos y la termorregulación en mujeres deportistas (1,2). Estas fluctuaciones endocrinas se han asociado a cambios en la tasa metabólica basal (TMB) y en la utilización de carbohidratos y grasas tanto en reposo como durante el ejercicio (3,4).

A diferencia de los hombres, las mujeres presentan variaciones fisiológicas a lo largo del

[1]Escuela de Nutrición y Dietética, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Católica del Maule, Talca, Región del Maule, Chile. [2] Escuela de Obstetricia, Facultad de Ciencias para el Cuidado de la Salud, Universidad San Sebastián, Puerto Montt, Región de los Lagos, Chile. [3] Escuela Nutrición y Dietética, Facultad de Ciencias de la Rehabilitación y Calidad de Vida, Universidad San Sebastián, Providencia, Región Metropolitana, Chile. [4] Escuela de Nutrición y Dietética, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Católica del Maule, Talca, Región del Maule, Chile. Autor para la correspondencia: Pablo San Martín Roldán, e-mail: psanmartin@ucm.cl

CC BY NC

ciclo menstrual que pueden influir en la elección de sustratos energéticos y en la ingesta alimentaria espontánea (5,6). No obstante, la mayoría de las recomendaciones nutricionales derivan de estudios realizados en población masculina o en mujeres sin control de fase menstrual, lo que genera un vacío de evidencia específica para atletas eumenorréicas (7,8).

La fase folicular temprana se caracteriza por niveles bajos de E2 y P4; en la fase folicular tardía se observa un ascenso progresivo de E2 y en la fase lútea predomina la P4. Estas variaciones endocrinas se acompañan de un incremento de la TMB en la fase lútea (3,4) y de una mayor oxidación de lípidos en las fases con predominio de estradiol (2, 9), mientras que en la fase folicular temprana predomina el uso de glucógeno (10).

A pesar de estos hallazgos, la evidencia disponible no es concluyente. Mientras algunos estudios han reportado cambios significativos en la tasa metabólica basal y en la utilización de sustratos energéticos a lo largo del ciclo menstrual, otros no han observado diferencias relevantes entre fases. Estas discrepancias podrían explicarse por diferencias metodológicas relacionadas con el tamaño muestral, la confirmación hormonal de las fases menstruales, el nivel de entrenamiento de las participantes y los protocolos utilizados para evaluar las respuestas metabólicas (5,8). En consecuencia, persisten interrogantes respecto a la magnitud real de estas adaptaciones y su relevancia práctica para la planificación nutricional de mujeres deportistas.

Ante la subrepresentación femenina en la investigación deportiva y la creciente evidencia de que las fases del ciclo menstrual condicionan la respuesta metabólica, la presente revisión busca sintetizar la literatura disponible sobre los efectos de las diferentes fases del ciclo menstrual en la TMB y la oxidación de sustratos en mujeres deportistas eumenorréicas e identificar implicancias prácticas para la nutrición deportiva.

Materiales y métodos

Diseño del estudio

Se efectuó una revisión sistemática de la literatura científica. Se escogió este diseño debido a la heterogeneidad de los estudios disponibles y al objetivo de integrar resultados desde una perspectiva fisiológica y aplicada.

Criterios de elegibilidad

Se incluyeron estudios experimentales, observacionales, metaanálisis y revisiones sistemáticas publicados entre enero de 2015 y septiembre de 2025, en idiomas español o inglés, que evaluaran la TMB, la oxidación de sustratos (carbohidratos, lípidos, proteínas), el rendimiento físico o la ingesta nutricional en mujeres deportistas eumenorréicas. También se consideraron estudios en mujeres físicamente activas si especificaban la fase menstrual y excluían el uso de anticonceptivos hormonales.

Se excluyeron revisiones narrativas, editoriales, cartas al editor, ensayos de caso, resúmenes de congresos sin acceso al texto completo y estudios cuyo objetivo principal no fuera la fisiología o la nutrición femenina. Los estudios en mujeres con amenorrea, menopausia o uso de anticonceptivos hormonales se incluyeron únicamente cuando ofrecían comparaciones con mujeres con ciclo natural.

Estrategia de búsqueda

La búsqueda se realizó en PubMed, SciELO, Google Scholar y Web of Science entre el 15 de septiembre y el 20 de octubre de 2025. Se emplearon combinaciones de términos MeSH y palabras clave en inglés y español utilizando operadores booleanos (AND/OR). La estrategia se refinó hasta que los resultados adicionales no aportaron nuevos artículos. Los términos principales fueron: "*menstrual cycle*" OR "ciclo menstrual"; "*follicular phase*" OR "fase folicular"; "*luteal phase*" OR "fase lútea"; "*female athlete**" OR "mujer atleta" OR "deportista femenina"; "*energy metabolism*" OR "metabolismo energético"; "*resting metabolic rate*" OR "*basal metabolic rate*" OR "tasa metabólica basal"; "*substrate oxidation*" OR "oxidación de sustratos"; "*exercise performance*" OR "rendimiento deportivo"; "*nutritional requirements*" OR "requerimientos nutricionales".

Los términos se combinaron de manera iterativa (por ejemplo: "*menstrual cycle*" AND "*female athlete*" AND

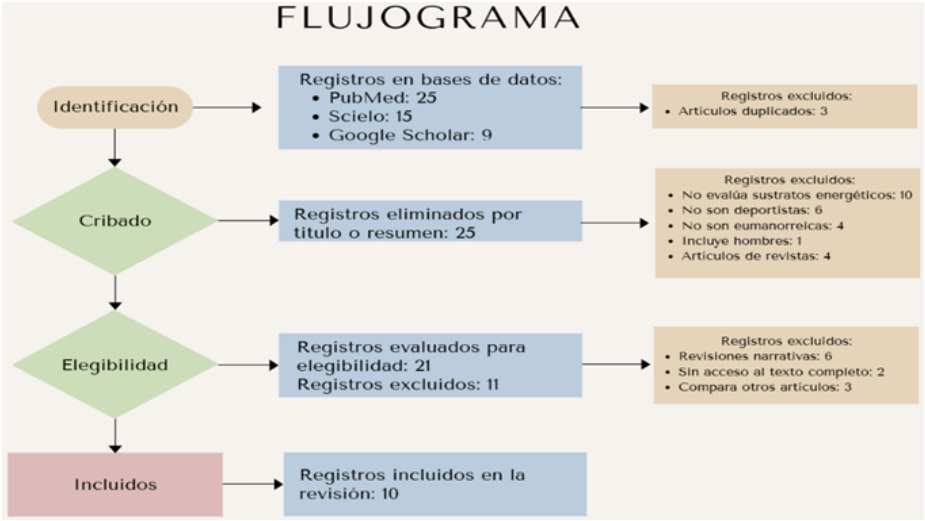


Figura 1. Flujograma de identificación, selección, elegibilidad e inclusión de los estudios analizados.

"*resting metabolic rate*"; "ciclo menstrual" AND "oxidación de sustratos" AND "deportistas") y se limitaron a artículos publicados en los últimos 10 años. Para mejorar la especificidad, se aplicaron filtros de "humanos", "mujeres" y "adultos" en PubMed.

Selección de estudios y extracción de datos

Dos revisores seleccionaron de forma independiente los artículos mediante lectura de título y resumen; las discrepancias se resolvieron por consenso. Posteriormente, se revisó el texto completo de los estudios potencialmente elegibles. De cada artículo se extrajeron: autor y año de publicación, país, fase menstrual evaluada, tipo de estudio, tamaño de la muestra, variables analizadas (TMB, oxidación de sustratos, rendimiento, ingesta nutricional) y principales resultados. Dada la heterogeneidad de diseños y poblaciones, no se realizó un análisis estadístico conjunto; los resultados se sintetizaron de forma cualitativa (Figura 1).

Consideraciones éticas

Al tratarse de una revisión de estudios publicados, no se requirió aprobación de un comité de ética. Se respetaron los principios de Helsinki y las normas de integridad científica.

Resultados

De un total de 49 artículos identificados, 10 cumplieron con los criterios de inclusión y fueron analizados en profundidad. La Tabla 1 resume las características principales de los estudios incluidos.

Variación de la tasa metabólica basal según la fase del ciclo

Tres estudios experimentales demostraron que la TMB se incrementa en la fase lútea en comparación con la fase folicular temprana (3,4,11). Malo-Vintimilla *et al*. registraron una TMB de 5042 kJ/día (desviación estándar [DE] 460) en la fase folicular y de 5 197 kJ/día (DE 490) en la fase lútea, con una diferencia significativa de 0,33 DE (p = 0,04) (3). Benton *et al*, realizaron un metaanálisis de estudios sobre metabolismo en reposo y concluyeron que la TMB aumenta aproximadamente un 10 % en fase lútea (4). Kuikman *et al*. observaron que la fase lútea se asocia con un mayor gasto energético en reposo y una ligera disminución del porcentaje de masa magra, aunque las variaciones absolutas fueron modestas (11).

Oxidación de sustratos energéticos

Las variaciones hormonales influyeron en la selección de carbohidratos, lípidos y proteínas como combustibles. En mujeres activas estudiadas por Willett *et al*, la fase lútea se asoció con una mayor oxidación de grasas y una menor oxidación de carbohidratos durante el ejercicio aeróbico al 65 % del VO_2máx, efecto atribuido a niveles elevados

Tabla 1. Estudios agrupados según las principales variables analizadas.

Fase predominante	Autor/a (año – país)	Diseño de estudio	Muestra	Variables principales	Resultados clave
Tasa metabólica basal (TMB)					
Fase lútea	Malo-Vintimilla L *et al.* (2024 – Chile) (3)	Experimental	20 mujeres	TMB y preferencia por sabor dulce	La TMB y la preferencia por el sabor dulce fueron mayores en fase lútea: 5.197 kJ/día vs 5.042 kJ/día (p = 0,04) y 16 % ± 9 % vs 12 % ± 8 % (p = 0,04).
Oxidación de sustratos energéticos					
General	Frandsen J *et al.* (2020 -Dinamarca) (12)	Experimental	19 mujeres	Tasa de oxidación máxima de grasa	El pico de oxidación de grasas no varió entre fases: fase medio folicular 0,379 g/min, folicular tardía 0,375 g/min y lútea media 0,382 g/min.
General	Willett H *et al.* (2021 – EEUU) (2)	Experimental	32 mujeres	Oxidación de sustratos durante ejercicio	En fase lútea se incrementó la oxidación de grasas y disminuyó la de carbohidratos durante ejercicio al 65 % VO_2máx; se relacionó con niveles altos de estradiol y progesterona.
Rendimiento deportivo					
General	Docter H *et al.* (2025 – Noruega) (13)	Experimental	24 mujeres	Economía de carrera	Una sesión de alta intensidad no modificó la economía de carrera; el costo de oxígeno aumentó de 269 a 274 mL·kg^{-1}·min^{-1} (p < 0,003).
General	McNulty K *et al.* (2020 – Ukrania-Brasil) (8)	Revisión sistemática y metaanálisis	51 estudios	Rendimiento físico según fase	Reducción mínima del rendimiento en fase folicular temprana (–0,14; CrI –0,26 a –0,03).
General	Thiros A y Van Guilder G (2022 – EEUU) (14)	Observacional	4 corredoras	Rendimiento y cortisol	No se hallaron diferencias en rendimiento; mayor cortisol en fase folicular temprana (11,1 ± 1,3 µg/dL) que en fase medio lútea (8,8 ± 2,4 µg/dL; p = 0,04).
Aspectos nutricionales y modulación hormonal					
Fase folicular	Sung ES *et al.* (2022 – Alemania) (7)	Cohorte	74 mujeres	Adaptación muscular al entrenamiento con y sin uso de anticonceptivos orales	Tras 12 semanas de entrenamiento, no hubo diferencias significativas en la ganancia de fuerza máxima entre usuarias y no usuarias de anticonceptivos (23,3 ± 10,8 kg vs 28,0 ± 11,5 kg; p = 0,073).
Fase lútea tardía	Yamada K y Takeda T (2018 – Japón) (18)	Observacional	135 atletas	Dieta y síndrome premenstrual	Menor proporción de proteína vegetal se asoció a mayor deterioro del rendimiento en atletas con síndrome premenstrual (39,3 %).
General	Miyamoto M y Shibuya K (2023 – Japón) (16)	Observacional	122 atletas (15–24 años)	Ingesta nutricional	No se observaron cambios significativos en la ingesta energética entre fases; ingesta media 2.500–2.700 kcal/día.
Folicular y lútea	Mercer D *et al.* (2020 – Australia) (17)	Revisión sistemática	204 mujeres	Requerimientos proteicos	Requerimientos diarios 1,28–1,63 g/kg/día; dosis posentrenamiento 0,32–0,38 g/kg. Se sugiere mayor ingesta proteica en fase lútea.

de estradiol y progesterona (2). Frandsen *et al*. demostraron que el pico de oxidación de grasa (PFO) no varió significativamente entre la fase medio folicular (0,379 g/min; IC 95 %: 0,324–0,433), la fase folicular tardía (0,375 g/min; IC 95 %: 0,329–0,421) y la fase medio lútea (0,382 g/min; IC 95 %: 0,337–0,442) (12). Devries *et al*. informaron que las mujeres en fase folicular temprana utilizan más glucógeno y glucosa durante ejercicios de moderada intensidad en comparación con la fase lútea (10).

La relación estradiol/progesterona emergió como moduladora del uso de sustratos. Cuando la proporción de E2 es alta, se favorece la oxidación de ácidos grasos intramusculares y plasmáticos (1,2,9); cuando domina la P4, se incrementa la termogénesis y la dependencia de carbohidratos o aminoácidos según la intensidad del ejercicio (3,4,11). Estos hallazgos sugieren que la planificación nutricional debería contemplar un mayor aporte energético y proteico en la fase lútea para evitar el catabolismo muscular, así como un mayor aporte de carbohidratos en la fase folicular temprana para sostener actividades de alta intensidad (6).

Rendimiento deportivo

Cuatro estudios evaluaron el impacto de la fase menstrual sobre el rendimiento físico. McNulty *et al*., mediante un metaanálisis de 51 ensayos controlados, concluyeron que la fase folicular temprana podría asociarse a una ligera reducción del rendimiento en comparación con la fase folicular tardía (–0,14; intervalo de credibilidad –0,26 a –0,03), si bien la magnitud fue pequeña y no hubo diferencias relevantes entre la fase folicular tardía y la fase lútea (8). Docter *et al*. (13) (Proyecto FENDURA) no registraron variaciones en la economía de carrera tras sesiones de entrenamiento de diferente intensidad en corredoras de resistencia; los valores de consumo de oxígeno aumentaron ligeramente de 269 a 274 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ($p < 0,003$) pero sin impacto en la eficiencia de carrera. Thiros y Van Guilder (14) no observaron diferencias significativas en el rendimiento de corredores de resistencia, aunque sí reportaron una mayor concentración de cortisol en la fase folicular temprana (11,1 ± 1,3 µg/dL) en comparación con la fase medio lútea (8,8 ± 2,4 µg/dL; p = 0,04). En deportes de alta intensidad como el CrossFit, Mora-Serrano *et al.* (15) hallaron un aumento en la oxidación de lípidos durante la fase lútea sin comprometer el rendimiento, lo que respalda la hipótesis de que las adaptaciones metabólicas no siempre se traducen en cambios funcionales.

Hallazgos nutricionales y otros aspectos

La ingesta energética y de macronutrientes puede variar a lo largo del ciclo. Miyamoto y Shibuya estudiaron a 122 atletas jóvenes y no encontraron cambios significativos en la ingesta calórica entre fases: fase folicular 2732,6 kcal/día (IC 95 %: 2601,5–2863,8), fase lútea temprana 2492,7 kcal/día (IC 95 %: 2322,6–2662,8) y fase lútea tardía 2571,1 kcal/día (IC 95 %: 2379,3–2762,9) (16). No obstante, algunas atletas ajustaban espontáneamente su consumo de carbohidratos y proteínas según la carga de entrenamiento. Mercer *et al*. revisaron los requerimientos proteicos y sugirieron que las deportistas premenopáusicas necesitan 1,28–1,63 g/kg/día de proteína, y que dosis postentrenamiento de 0,32–0,38 g/kg mejoran la recuperación sin diferencias claras entre fases, sin embargo, recomendaron aumentar ligeramente la ingesta proteica en fase lútea para compensar el mayor gasto energético (17). Yamada y Takeda encontraron que las atletas con síndrome premenstrual que presentaban deterioro del rendimiento consumían menor proporción de proteína vegetal, insinuando un posible efecto beneficioso de los fitoestrógenos (18).

Discusión

Influencia hormonal en la TMB y la oxidación de sustratos

Los resultados de esta revisión muestran que la TMB aumenta de forma consistente en la fase lútea. Este incremento está relacionado con el efecto termogénico de la progesterona, que eleva la temperatura corporal y la ventilación basal (3,4,11). A su vez, el predominio de estradiol en fases como la folicular tardía promueve la movilización de ácidos grasos, favoreciendo una mayor oxidación de lípidos y ahorrando glucógeno muscular. De manera conjunta, estradiol y progesterona modulan la proporción de carbohidratos y grasas utilizados durante el ejercicio. Cuando la relación E2/P4 se inclina hacia el estradiol, las mujeres deportistas presentan un metabolismo más lipolítico;

en cambio, cuando la progesterona domina, aumenta la dependencia de carbohidratos y aminoácidos, especialmente en entrenamientos de alta intensidad.

La fortaleza de la evidencia disponible difiere según la variable analizada. Los hallazgos relacionados con la tasa metabólica basal muestran una mayor consistencia, ya que estudios experimentales y revisiones sistemáticas coinciden en describir un incremento de la TMB durante la fase lútea (3,4,11). En contraste, los resultados sobre oxidación de sustratos presentan mayor heterogeneidad. Mientras Willett *et al*. observaron una mayor oxidación de grasas y una menor utilización de carbohidratos durante la fase lútea (2), Frandsen *et al*. no identificaron diferencias significativas en el pico de oxidación de grasas entre fases menstruales (12). Estas discrepancias podrían explicarse por diferencias en el tamaño muestral, el nivel de entrenamiento de las participantes, la intensidad del ejercicio evaluado y los métodos utilizados para confirmar las fases del ciclo menstrual. Por tanto, aunque existe una tendencia consistente a atribuir al estradiol un efecto favorecedor sobre la utilización de lípidos, la magnitud de dicho efecto y su relevancia práctica aún requieren mayor confirmación.

Implicaciones en el rendimiento deportivo

A pesar de las variaciones metabólicas descritas, la evidencia actual sugiere que las diferencias en rendimiento entre fases menstruales son mínimas y clínicamente irrelevantes. El metaanálisis de McNulty *et al* (8) indica que la fase folicular temprana podría asociarse a un rendimiento ligeramente inferior, pero la magnitud del efecto es reducida. Otros estudios experimentales y observacionales no encontraron diferencias significativas en VO_2máx, economía de carrera o indicadores de fuerza entre fases (13–15). Esta estabilidad en el rendimiento podría explicarse por mecanismos compensatorios que permiten ajustar la selección de sustratos y la eficiencia energética para mantener la capacidad funcional. Por lo tanto, personalizar las estrategias nutricionales según fase menstrual no implica necesariamente modificar el volumen o la intensidad del entrenamiento, pero sí optimizar la disponibilidad de substratos.

Consideraciones nutricionales

La ingesta energética de las deportistas tiende a adaptarse espontáneamente a las demandas fisiológicas y al tipo de entrenamiento. Sin embargo, la evidencia indica que las necesidades energéticas y proteicas podrían incrementarse en la fase lútea debido al mayor gasto energético en reposo y a un posible incremento del catabolismo proteico (11,17). Se sugiere que las deportistas incrementen la ingesta calórica en 200–300 kcal/día y la ingesta proteica a 1,6 g/kg/día durante la fase lútea, manteniendo un reparto adecuado de carbohidratos (5–7 g/kg/día) y grasas (1–1,2 g/kg/día). Asimismo, el consumo de proteínas de origen vegetal podría contribuir a mejorar los síntomas premenstruales, como se ha observado en atletas universitarias con síndrome premenstrual (18).

Limitaciones de la evidencia y brechas de investigación

Las investigaciones revisadas presentan limitaciones metodológicas importantes. Muchos estudios incluyen tamaños muestrales pequeños y no siempre confirman la fase menstrual mediante mediciones hormonales. La variabilidad en la definición de "mujer deportista", la ausencia de controles de dieta y actividad física, y la inclusión de participantes con o sin uso de anticonceptivos hormonales dificultan la comparación de resultados (5,8). Además, existe una subrepresentación femenina en la literatura deportiva; se estima que solo el 39 % de los participantes en ensayos de entrenamiento son mujeres. Es necesario realizar estudios con diseños longitudinales, con confirmación hormonal y con suficientes participantes para evaluar diferencias significativas entre fases.

Guías y consensos internacionales

La literatura latinoamericana subraya la alta prevalencia de deficiencias de energía, hierro, vitamina D y calcio en deportistas femeninas (19). El consenso del Comité Olímpico Internacional sobre la deficiencia energética relativa en el deporte (RED-S) advierte que un déficit energético persistente compromete la salud ósea, menstrual y metabólica (20). La Female Athlete Triad Coalition elaboró guías para prevenir y tratar la triada de la atleta y orientar el retorno al deporte (21). Las sociedades de nutrición deportiva recomiendan

ajustar la ingesta energética y proteica de acuerdo con la fase del ciclo y la carga de entrenamiento (22). El American College of Sports Medicine también ha descrito la triada de la atleta como un aspecto relevante de la salud y el rendimiento en mujeres deportistas (23). Una revisión reciente sobre el manejo nutricional de la triada y el RED-S enfatiza la necesidad de suplementar vitamina D, calcio e hierro en mujeres con ingesta insuficiente (24). Finalmente, un metaanálisis de 2024 analizó la variación de la fuerza máxima a lo largo del ciclo menstrual, concluyendo que las diferencias entre fases son pequeñas y que la individualización de la planificación nutricional y del entrenamiento es esencial (25).

Conclusiones

Tasa metabólica basal y metabolismo energético: la tasa metabólica basal aumenta hasta un 10 % en fase lútea debido a la acción termogénica de la progesterona, mientras que el predominio de estradiol en fase folicular tardía favorece una mayor oxidación de lípidos.

Selección de sustratos: las mujeres deportistas utilizan más carbohidratos en la fase folicular temprana y más grasas en la fase lútea y folicular tardía. La relación estradiol/progesterona es clave en esta modulación.

Rendimiento deportivo: las variaciones metabólicas no se traducen en cambios significativos en rendimiento aeróbico o anaeróbico; por tanto, la periodización del entrenamiento puede mantenerse constante, ajustando la nutrición de manera individual.

Nutrición deportiva: los hallazgos sugieren que las necesidades energéticas y proteicas podrían incrementarse ligeramente durante la fase lútea debido al aumento de la tasa metabólica basal y a posibles cambios en el metabolismo proteico. Asimismo, un aporte adecuado de carbohidratos podría contribuir a sostener el rendimiento durante períodos de entrenamiento intenso. De igual forma, el consumo de proteínas de origen vegetal pareciera asociarse a una menor intensidad de algunos síntomas premenstruales en mujeres deportistas.

Investigación futura: se requieren estudios con mayor control hormonal, metodologías estandarizadas y representatividad femenina para establecer guías nutricionales específicas por fase menstrual.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Católica del Maule por el apoyo institucional brindado durante el desarrollo de este manuscrito. El presente estudio no recibió financiamiento externo. Toda la gloria y la honra sea para Dios.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses en relación con este manuscrito.

Contribución de los autores

- Pablo San Martín Roldán participó en la metodología, análisis formal, investigación, obtención de recursos, visualización, supervisión y administración del proyecto.
- David San Martín Roldán participó en la conceptualización, metodología, investigación, redacción, revisión y edición del manuscrito.
- Cinthia Quezada Ramírez: participó en la conceptualización, redacción, revisión y edición del manuscrito.
- María Carotta Guzmán: participó en la gestión de datos y en la redacción del borrador original.
- Marlene Dueñas Brisso: participó en la gestión de datos y en la redacción del borrador original.
- Nayareth González: participó en la gestión de datos y en la redacción del borrador original. Todos los autores leyeron y aprobaron la versión final del manuscrito.

Referencias

1. Oosthuyse T, Bosch AN. The effect of the menstrual cycle on exercise metabolism. Sports Med. 2010;40(3):207-227. https://doi.org/10.2165/11317090-000000000-00000
2. Willett HN, Koltun KJ, Hackney AC. Influence of menstrual cycle estradiol-β-17 fluctuations on energy substrate utilization-oxidation during aerobic, endurance exercise. Int J Environ Res Public Health. 2021;18(13):7209. https://doi.org/10.3390/ijerph18137209

3. Malo-Vintimilla L, Aguirre C, Vergara A, Fernández-Verdejo R, Galgani JE. Resting energy metabolism and sweet taste preference during the menstrual cycle in healthy women. Br J Nutr. 2024;131(3):384-390. https://doi.org/10.1017/S0007114523001927
4. Benton MJ, Hutchins AM, Dawes JJ. Effect of menstrual cycle on resting metabolism: a systematic review and meta-analysis. PLoS One. 2020;15(7):e0236025. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236025
5. Sims ST, Heather AK. Myths and methodologies: reducing scientific design ambiguity in studies comparing sexes and/or menstrual cycle phases. Exp Physiol. 2018;103(10):1309-1317. https://doi.org/10.1113/EP086797
6. Rogan MM, Black KE. Dietary energy intake across the menstrual cycle: a narrative review. Nutr Rev. 2023;81(7):869-886. https://doi.org/10.1093/nutrit/nuac094
7. Sung ES, Han A, Hinrichs T, Vorgerd M, Platen P. Effects of oral contraceptive use on muscle strength, muscle thickness and fiber size and composition in young women undergoing 12 weeks of strength training: a cohort study. BMC Womens Health. 2022;22(1):150. https://doi.org/10.1186/s12905-022-01740-y
8. McNulty KL, Elliott-Sale KJ, Dolan E, Swinton PA, Ansdell P, Goodall S, *et al*. The effects of menstrual cycle phase on exercise performance in eumenorrheic women: a systematic review and meta-analysis. Sports Med. 2020;50(10):1813-1827. https://doi.org/10.1007/s40279-020-01319-3
9. Williams JS, Stone JC, Masood Z, Bostad W, Gibala MJ, MacDonald MJ. The impact of natural menstrual cycle and oral contraceptive pill phase on substrate oxidation during rest and acute submaximal aerobic exercise. J Appl Physiol. 2023;135(3):642-654. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00111.2023
10. Devries MC, Hamadeh MJ, Phillips SM, Tarnopolsky MA. Menstrual cycle phase and sex influence muscle glycogen utilization and glucose turnover during moderate-intensity endurance exercise. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 2006;291(4): R1120-R1128. https://doi.org/10.1152/ajpregu.00700.2005
11. Kuikman MA, McKay AKA, Minahan C, Harris R, Elliott-Sale KJ, Stellingwerff T, *et al*. Effect of menstrual cycle phase and hormonal contraceptives on resting metabolic rate and body composition. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2024;34(4):207-217. https://doi.org/10.1123/ijsnem.2023-0193
12. Frandsen J, Pistoljevic N, Quesada JP, Amaro-Gahete FJ, Ritz C, Larsen S, *et al*. Menstrual cycle phase does not affect whole-body peak fat oxidation rate during a graded exercise test. J Appl Physiol. 2020;128(3):681-687. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00774.2019
13. Docter H, Taylor M, Müller AL, de Koning JJ, Sandbakk ØB, Osborne JO, *et al*. Running economy after a low- and high-intensity training session in naturally menstruating endurance-trained female athletes: the FENDURA project. Scand J Med Sci Sports. 2025;35(4):e70050. https://doi.org/10.1111/sms.70050
14. Thiros A, Van Guilder GP. The effects of menstrual cycle phase on performance in endurance runners. Int J Res Exerc Physiol. 2022;18(1):1-22. https://ijrep.org/download/2753/
15. Mora-Serrano JS, Chulvi-Medrano I, Martínez-Guardado I, Alonso-Aubin DA. Influence of the menstrual cycle on performance in CrossFit. Appl Sci. 2024;14(13):5403. https://doi.org/10.3390/app14135403
16. Miyamoto M, Shibuya K. Exploring the relationship between nutritional intake and menstrual cycle in elite female athletes. PeerJ. 2023;11:e16108. https://doi.org/10.7717/peerj.16108
17. Mercer D, Convit L, Condo D, Carr AJ, Hamilton DL, Slater G, *et al*. Protein requirements of pre-menopausal female athletes: a systematic literature review. Nutrients. 2020;12(11):3527. https://doi.org/10.3390/nu12113527
18. Yamada K, Takeda T. Low proportion of dietary plant protein among athletes with premenstrual syndrome-related performance impairment. Tohoku J Exp Med. 2018;244(2):119-122. https://doi.org/10.1620/tjem.244.119
19. Vázquez Franco J, Giménez-Blasi N, Langa C, *et al*. Actualización sobre deficiencias nutricionales en la mujer deportista a partir de la literatura científica. Arch Latinoam Nutr. 2020;70(3):191-204. https://doi.org/10.37527/2020.70.3.005
20. Mountjoy M, Burke L, Ackerman KE, *et al*. International Olympic Committee (IOC) consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2018 update. Br J Sports Med. 2018;52(11):687-697. https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099193
21. De Souza MJ, Nattiv A, Joy E, *et al*. 2014 Female Athlete Triad Coalition consensus statement on treatment and return to play of the female athlete triad. Br J Sports Med. 2014;48(4):289. https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093218
22. Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: nutrition and athletic performance. J Acad Nutr Diet. 2016;116(3):501-528. https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.12.006
23. Nattiv A, Loucks AB, Manore MM, Sanborn CF, Sundgot-Borgen J, Warren MP. American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. Med Sci Sports Exerc. 2007;39(10):1867-1882. https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318149f111
24. Grabia M, Kampf L, Rosenthal R, *et al*. Nutritional management of the female athlete triad and relative energy deficiency in sport: a review. Nutrients. 2024;16(3):359. https://doi.org/10.3390/nu16030359
25. Niering F, Rieckert C, Woll A, Oberhoffer R. Maximal strength performance across the menstrual cycle: a systematic review and meta-analysis. Sports. 2024;12(1):31. https://doi.org/10.3390/sports12010031

Recibido: 23/01/2026
Aceptado: 25/05/2026