

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

ALAN

Volumen 75, N°4
Octubre - Diciembre 2025

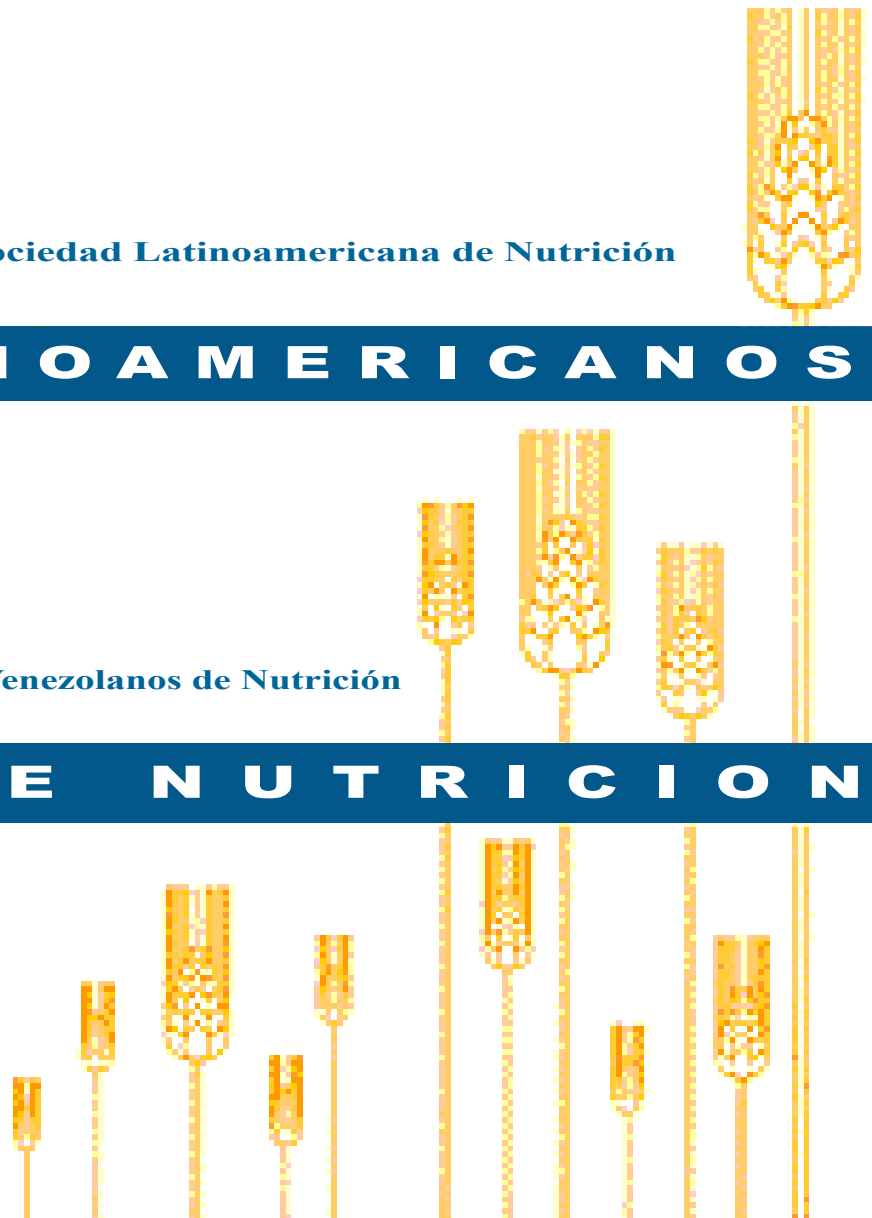
A R C H I V O S

Revista de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición

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

Continuación de Archivos Venezolanos de Nutrición

D E N U T R I C I O N



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Correo electrónico: info@alanrevista.org

Página web: www.alanrevista.org

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

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

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

Archivos Latinoamericanos de Nutrición

Revista Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición

VOL 75

OCTUBRE - DICIEMBRE 2025

N° 4

Contenido

Páginas

ARTÍCULOS ORIGINALES

- Formulación y análisis proximal y sensorial de pastas de sorgo adicionadas con almidón**
Karen Elizabeth Trejo-Cuevas, Guadalupe Rodríguez-Castillejos, Jesús Di Carlo Quiroz Velásquez, María Cristina Hernández-Jiménez, Humberto Martínez Montoya, Octelina Castillo Ruíz..... 234
- Evaluating the consumption of fruits and vegetables among beneficiaries of soup kitchens in the Metropolitan region of Chile**
Carolina Fredes, Valentina Lehuede, Eva Varas, Loreto Zúñiga, Belén Escobar, María Jesús Vega-Salas..... 243
- Evaluación antimicrobiana de quitosano de caparazón de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone,1931), encapsulado sobre filetes de merluza *Merluccius gayi* (Guichenot,1848)**
*Diego Carrillo Freire, Luis Humberto Vásquez Cortez, Luis Jordan Aguilar Ledesma, Norwin Bravo, Mario Efren Rendon Almeida, Eduardo Neptali Colina Navarrete, Luis Humberto Torres Salcedo, Fausto Freddy Soledispa Lucas, Sanyí Lorena Rodríguez Cevallos.....*254
- Valoración nutricional en adultos de la comunidad indígena Zumbahua, Ecuador**
Gina Guapi-Alava, Alicia Moreno-Ortega, Vicente Guerrón Troya, Rafael Moreno-Rojas..... 266
- Sociodemographics and food intake preferences associated with food insecurity during the COVID-19 pandemic in Chile**
Samuel Durán-Agüero, Gloria E. Prada, Solange Parra-Soto, Craig Tumblety, Carlos Celis-Morales, José Luis Moya-Osorio..... 279
- Validation of an online tool to estimate sodium consumption in the Mexican population**
Patricio Benítez-Alday, Paola Vanessa Miranda-Alatríste, Ma. Ángeles Espinosa-Cuevas, Ricardo Correa-Rotter, Gabriela Gutiérrez-Salmeán, Brayans Becerra-Luna, Eloisa Colín-Ramírez..... 289
-
- #### ARTICULOS DE REVISIÓN
- The regulatory status of prebiotics, probiotics, and postbiotics in food at the international level**
Claudia Verónica Gómez Gómez, Ismael Gastón Castillo Cortéz..... 299

Archivos Latinoamericanos de Nutrición

Official Publication of the Latin American Society of Nutrition

VOL 75

OCTOBER - DECEMBER 2025

N° 4

Contents

Pages

ORIGINAL ARTICLE

Formulation and proximal and sensory analysis of sorghum-based pastas and sorghum starch

Karen Elizabeth Trejo-Cuevas, Guadalupe Rodríguez-Castillejos, Jesús Di Carlo Quiroz Velásquez, María Cristina Hernández-Jiménez, Humberto Martínez Montoya, Octelina Castillo Ruíz..... 234

Evaluating the consumption of fruits and vegetables among beneficiaries of soup kitchens in the Metropolitan region of Chile

Carolina Fredes, Valentina Lehuede, Eva Varas, Loreto Zúñiga, Belén Escobar, María Jesús Vega-Salas..... 243

Antimicrobial evaluation of encapsulated chitosan from white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) on fillets *Merluccius gayi* (Guichenot, 1848)

Diego Carrillo Freire, Luis Humberto Vásquez Cortez, Luis Jordan Aguilar Ledesma, Norwin Bravo, Mario Efren Rendon Almeida, Eduardo Neptali Colina Navarrete, Luis Humberto Torres Salcedo, Fausto Freddy Soledispa Lucas, Sanyí Lorena Rodríguez Cevallos..... 254

Nutritional assessment of adult from the Zumbahua indigenous community in Ecuador

Gina Guapi-Alava, Alicia Moreno-Ortega, Vicente Guerrón Troya, Rafael Moreno-Rojas..... 266

Sociodemographics and food intake preferences associated with food insecurity during the COVID-19 pandemic in Chile

Samuel Durán-Agüero, Gloria E. Prada, Solange Parra-Soto, Craig Tumblety, Carlos Celis-Morales, José Luis Moya-Osorio..... 279

Validation of an online tool to estimate sodium consumption in the Mexican population


Patricio Benítez-Alday, Paola Vanessa Miranda-Alatríste, Ma. Ángeles Espinosa-Cuevas, Ricardo Correa-Rotter, Gabriela Gutiérrez-Salmeán, Brayans Becerra-Luna, Eloisa Colín-Ramírez..... 289

REVIEW ARTICLE

The regulatory status of prebiotics, probiotics, and postbiotics in food at the international level

Claudia Verónica Gómez Gómez, Ismael Gastón Castillo Cortéz..... 299

Formulación y análisis proximal y sensorial de pastas a base de sorgo y almidón de sorgo

Karen Elizabeth Trejo-Cuevas¹ , Guadalupe Rodríguez-Castillejos¹ , Jesús Di Carlo Quiroz Velásquez² ,
María Cristina Hernández-Jiménez¹ , Humberto Martínez Montoya¹ , Octelina Castillo Ruíz² .

Resumen: Formulación y análisis proximal y sensorial de pastas a base de sorgo y almidón de sorgo.

Introducción: En las últimas décadas ha crecido el interés por alimentos saludables, de fácil adquisición y preparación; lo que da potencial al aprovechamiento de materias primas nuevas o a menor costo; pero además se requiere que sean aceptadas por la mayor parte de la población y aporten nutrientes adecuados.

Objetivo: Formular y analizar proximal y sensorialmente pastas de sorgo blanco adicionadas con almidón aislado de sorgo para obtener un alimento nutritivo de fácil aceptación y libre de gluten.

Materiales y métodos: Se formularon tres pastas de sorgo blanco cambiando la concentración de almidón presente (5, 10 y 15%); posteriormente, se realizó un análisis sensorial mediante una escala hedónica de 7 puntos a panelistas no entrenados, y análisis proximal mediante métodos oficiales de la AACC. Se realizó una comparación de medias para encontrar diferencias significativas entre las formulaciones. **Resultados:** Las pastas tuvieron una aceptación general de 5 (“me gusta moderadamente”); en cuanto al contenido proximal, destaca un porcentaje de proteínas de 14,7 a 15,5%, cenizas 1,96 a 2,09% lípidos de 2,8 a 4,5%, fibra cruda 1,5 a 2,4% y baja humedad (4,16 a 4,98%). Como era de esperarse el contenido de almidón de la pasta aumento conforme se aumentó el porcentaje de este compuesto. **Conclusiones:** El contenido nutricional de las formulaciones destaca por el alto contenido de proteínas y cenizas; por lo que las formulaciones pueden mejorarse para ofrecer una alternativa saludable y económica para la población en general, incluyendo los pacientes celíacos y alérgicos al gluten. **Arch Latinoam Nutr 2025; 75(4): 234-242.**

Palabras clave: pastas, libre de gluten, alimentos alternativos, aceptación, análisis.

Abstract: Formulation and proximal and sensory analysis of sorghum-based pastas and sorghum starch. **Introduction:** In recent decades, there has been growing interest in healthy foods that are easy to purchase and prepare, which has led to the potential use of new or lower-cost raw materials. However, these foods must also be accepted by most of the population and provide adequate nutrients.

Objective: To formulate and analyze, proximally and sensorily, white sorghum pastas with added sorghum starch isolate to obtain a nutritious, easily accepted, gluten-free food.

Materials and methods: Three white sorghum pastas were formulated by changing the starch concentration (5, 10, and 15%). Subsequently, a sensory analysis was performed using a 7-point hedonic scale by untrained panelists, and a proximate analysis was performed using official AACC methods. A comparison of means was performed to find significant differences between the formulations.

Results: The pastas had an overall acceptance rating of 5 (“moderately like”); in terms of proximate content, the protein content stood out at 14.7 to 15.5%, ash 1.96 to 2.09%, lipids 2.8 to 4.5%, crude fiber 1.5 to 2.4%, and low moisture (4.16 to 4.98%). As expected, the starch content of the pasta increased as the percentage of this compound increased. **Conclusions:** The nutritional content of the formulations stands out for its high protein and ash content; therefore, the formulations can be improved to offer a healthy and economical alternative for the general population, including celiac patients and those allergic to gluten.

Arch Latinoam Nutr 2025; 75(4): 234-242.

Keywords: pasta, gluten-free, alternative foods, acceptance, analysis.

Introducción

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) está posicionado como el quinto cereal con mayor importancia mundial, y ocupa el segundo lugar de producción en cereales secundarios después del mijo (1). Es considerado una buena alternativa

¹Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Aztlán, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Reynosa, Tamaulipas, México. ²Centro de Biotecnología Genómica, Instituto Politécnico Nacional, Reynosa, Tamaulipas, México. Autor para la correspondencia: Guadalupe Rodríguez Castillejos, e-mail: gcastillejos@docentes.uat.edu.mx



para la fabricación de alimentos dirigido a la alimentación humana. Esta planta tiene ventajas sobre el maíz, como por ejemplo su tolerancia al calor y la salinidad, puede adaptarse y germinar en una extensa variedad de suelos con un aporte limitado de nutrientes (2). Al carecer de gluten y tener un buen aporte de vitamina B (B1, B3, B6 y B12), minerales e hidratos de carbono, es una opción favorable para pacientes celíacos o alérgicos al gluten, lo cual se considera un problema de salud creciente ya que es una de las enfermedades digestivas prevalentes a nivel mundial, afectando aproximadamente al 1% de la población global (3). El sorgo se clasifica según su uso en tres tipos: el sorgo forrajero destinado a la alimentación ganadera, el sorgo granífero utilizado para la alimentación humana y el sorgo escobero empleado en la producción de biomasa para diversos productos (4). El sorgo forrajero es una de las gramíneas más cultivadas a nivel mundial reconocido por su alta producción de biomasa, gran valor nutritivo, su alta tolerancia a la sequía y su adaptabilidad a suelos con fertilidad baja. Este tipo de sorgo se utiliza con frecuencia para la alimentación de bovinos. Sin embargo, posee una alta concentración de taninos lo que no lo hace factible en la alimentación humana, por lo que para el consumo humano se utilizan los sorgos blancos (sorgo granífero) (4,5).

Por lo anterior, el sorgo blanco es una alternativa al uso de trigo en alimentos de alto consumo como las pastas; estas constituyen una utilización especial de los cereales para la alimentación humana, su bajo contenido de humedad favorece su conservación, manteniendo sus características organolépticas y nutricionales (6). La pasta es un alimento que se obtiene en consecuencia de la deshidratación de una masa sin fermentar fabricada a base de harina, sémolas o semolinas derivadas del trigo y agua potable (7). Actualmente estas formulaciones son un alimento fundamental en nuestra dieta, ya que proporciona macro y micronutrientes necesarios para las diversas funciones del organismo; por ejemplo, los carbohidratos presentes aportan energía y las vitaminas de los cereales base de las

pastas, promueven la salud cardíaca y muscular. (8,9). Dependiendo del tipo de carbohidrato que se encuentre presente en la pasta, su consumo puede regular la concentración de glucosa en sangre o el metabolismo de los lípidos de la persona que la consuma; una de las razones por las que esto sucede es por la presencia de almidón resistente (AR) y fibra soluble (FS) (10,11). El estado de Tamaulipas es el mayor productor de sorgo en México; sin embargo, en el estado y México en general son pocos conocidos y aprovechadas las variedades de sorgo blanco; por ello el objetivo del presente estudio fue formular y evaluar pastas de sorgo blanco adicionadas con almidón de sorgo para obtener un alimento nutritivo de fácil aceptación y libre de gluten.

Materiales y métodos

Materia prima

Para la elaboración de las pastas se utilizaron granos de sorgo blanco variedad Sureño y el almidón se obtuvo de granos de sorgo blanco variedad Mazatlán; la selección se basó en estudios anteriores en los que se determinaron el contenido proximal y composición de almidón de diferentes variedades de sorgo blanco (4,5). Ambas variedades fueron donadas por el INIFAP Campo Experimental Río Bravo, ubicado en la ciudad de Río Bravo, Tamaulipas. Para la preparación de las harinas se siguió el procedimiento utilizado por Treviño-Salinas *et al.* (4). El presente estudio se llevó a cabo de mayo 2024 a febrero del año 2025.

Extracción del almidón

La harina de sorgo blanco de la variedad Mazatlán fue tamizada con una malla 40 U.S. Posteriormente, se implementó el método reportado por Wang y Wang (12) modificado por Reyes-Gallardo *et al.* (5), de la siguiente manera se mezcló una parte de harina por dos de NaOH (0,1%) y se dejó reposar por 18 horas. Transcurrido el tiempo, la harina húmeda se trituró en una licuadora casera en la velocidad más alta durante dos minutos. La suspensión se tamizó en mallas 100, 200 y 270 U.S., los residuos se enjuagaron constantemente con agua destilada hasta que el líquido presentó un color claro, lo que indica que se recuperó todo el almidón. A la suspensión se midió el pH y se añadió HCl (1,0 M) hasta un rango de 6,5 a 7; la suspensión obtenida se centrifugó a 1400 rpm por

10 minutos en una centrifuga SOLBAT C-40, este paso se repitió tres veces. El almidón obtenido fue secado en un horno de secado (HUITAI DHG-9145A) con recirculación de aire a 45°C por 72 horas; finalmente se sometió a un proceso de molienda, se pesó y se almacenó en un recipiente de sellado hermético hasta su uso.

Formulación y evaluación de la pasta

Para la realización de los diferentes tratamientos se utilizó harina de sorgo de la variedad Sureño, añadiendo almidón de sorgo de la variedad Mazatlán, se formularon tres tratamientos modificando el porcentaje de harina de sorgo-almidón en las siguientes proporciones 95-5% (T1) 90-10% (T2) y 85-15% (T3) (Tabla 1); además se agregó huevo, agua y 5% de goma xantana a todas las formulaciones, ambos con la finalidad aumentar la capacidad de atrapar agua evitar una pasta quebradiza. Los ingredientes se mezclaron de manera manual hasta formar una masa, seguido de esto se colocó en una bolsa de sellado hermético y se dejó reposar por 15 minutos; transcurrido este tiempo, se sacó la masa de la bolsa y se pasó por la máquina de pastas (Newhai WWX9) para que dar el grosor y forma deseada. Finalmente se colocó la pasta en una charola de aluminio y se llevó a secar horno de secado (HUITAI DHG-9145A) con recirculación de aire a una temperatura de 50 °C por 24 horas.

Posteriormente, se realizó una evaluación sensorial de aceptación en la cual 45 panelistas no entrenados, quienes evaluaron las pastas elaboradas mediante una escala hedónica de 7 puntos; 1 Me disgusta mucho,

2 Me disgusta, 3 Me disgusta moderadamente, 4 Ni me gusta ni me disgusta, 5 Me gusta moderadamente, 6 Me gusta, 7 Me gusta mucho; en este análisis se utilizó una pasta comercial (PCT) para comparar los resultados con las pastas de sorgo; aunque la PCT es una pasta de trigo, son las pastas más conocidas y comercializadas, por lo que los consumidores tienen como parámetros de aceptación ese tipo de pastas. Los panelistas evaluaron color, olor, sabor, textura y aceptación general; las pastas se sirvieron calientes, sazonadas con mantequilla y sal. También se determinó el contenido proximal de las pastas utilizando los métodos descritos por la Asociación de Cereales y Granos" (AACC por las siglas en inglés de *American Association of Cereal Chemists*) (13). La humedad se determinó por secado en estufa 44-15.02, cenizas totales por combustión 08-03.01, fibra cruda 32-10.01, proteína cruda por método de Kjeldahl 46-13.01, grasas por Soxhlet 30-10.01; mientras que los carbohidratos se obtuvieron por diferencia. Finalmente se realizó la determinación del almidón total mediante el método del yodo (14) utilizando un estándar de almidón de maíz (Sigma Aldrich código S5296). Todas las mediciones del contenido proximal se llevaron a cabo por triplicado.

Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados con estadística descriptiva, se reporta media y desviación estándar. Para los resultados de la evaluación sensorial se empleó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis; posteriormente se realizó una comparación de medianas por Holm- Bonferroni. Para los resultados de contenido proximal y almidón total se empleó un análisis de varianza para determinar si existían diferencias estadísticas dentro de los tres tratamientos. Previamente se hicieron pruebas de normalidad y de homocedasticidad de varianzas para determinar la prueba a realizar. Tanto el Shapiro Test como la prueba de Levene indicaron normalidad en los datos y varianzas iguales. Por lo que se empleó la prueba paramétrica de Fisher para posteriormente

Figure 1. Formulaciones de los diferentes tratamientos por cada 100 g de mezcla de harina de sorgo-almidón.

Materia prima	T1	T2	T3
Harina de sorgo Sureño	95 g	90 g	85 g
Almidón de sorgo Mazatlán	5 g	10 g	15 g
Goma xantana	5 g	5 g	5 g
Huevo	1 pza	1 pza	1 pza
Agua	40 ml	40 ml	40 ml

realizar una comparación de medias por Holm- Bonferroni. Se utilizó el software R Studio versión 4.3.0 2023.

Resultados

Análisis sensorial

Los resultados del análisis sensorial y de la prueba de comparación de medias se muestran en la tabla 2, donde T1, T2 y T3 indican los tratamientos y PCT es la pasta comercial (de trigo). Se encontró que la PCT tuvo la mayor aceptación en todos los parámetros, mostrando diferencias estadísticas con las pastas de sorgo; en cuanto a las pastas formuladas con harina de sorgo, adicionados con almidón, el T3 (15% almidón) obtuvo una mayor aceptación en los atributos del color, sabor, textura y aceptación general. Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las tres pastas formuladas. Otro aspecto importante para evaluar en las pastas alimenticias es la textura. En las pastas formuladas, los panelistas señalaron poca aceptación de la textura en las pastas sorgo-almidón en comparación con la pasta comercial. Finalmente, para el análisis sensorial, el atributo de aceptación general del producto, nuevamente el tratamiento con mayor aceptación fueron las pastas de la formulación T3 (4,80).

Análisis proximal

El resultado del análisis proximal de los diferentes tratamientos de la pasta sorgo-almidón se observan en la tabla 3. En lo que respecta a la humedad de las pastas formuladas, se observó que el T1 y T3 fueron los de mayor contenido (4,9%) en comparación con el T2 (4,16%). En el caso del contenido de cenizas, se encontró que la pasta con 15% almidón (T3) tiene el valor más alto con 2,09% ($p \leq 0,05$), con respecto las otras formulaciones. En cuanto al contenido de grasa en las tres pastas, siendo mayor en el T3 (4,50%), seguido de T2 (3,80%) y T1 (2,83%); encontrándose diferencias significativas entre las formulaciones ($p \leq 0,05$). Por otro lado, la fibra es un macronutriente que contribuye a la saciedad; en las pastas formuladas el

Tabla 2. Resultados de la evaluación sensorial de las pastas formuladas.

	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación
T1	3,76 ± 1,63b	4,80 ± 1,61b	4,51 ± 1,87b	3,38 ± 1,69b	4,49 ± 1,53b
T2	4,16 ± 1,41b	4,96 ± 1,69b	4,27 ± 1,69b	3,53 ± 1,47b	4,29 ± 1,54b
T3	4,20 ± 1,56b	4,82 ± 1,64b	4,64 ± 1,66b	3,96 ± 1,65b	4,80 ± 1,39b
PCT	6,53 ± 0,66a	5,93 ± 1,23a	6,58 ± 0,86a	6,47 ± 0,86a	6,58 ± 0,58a

Resultados expresados en porcentaje. Letras diferentes indican diferencias significativas. T1: pasta con 5% almidón, T2: pasta con 10% almidón, T3: pasta con 15% almidón, PCT: pasta de trigo (comercial) control.

porcentaje de fibra cruda fue mayor en el T3 (2,44%); sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0,05$). Con lo que respecta al contenido de proteína presente en las diferentes pastas sorgo-almidón, el T2 presentó mayor (15,56%), mientras que el menor porcentaje fue en el T3 (14,73%), sin embargo, no presentaron diferencias significativas entre ellos ($p \geq 0,05$). Finalmente, el porcentaje de carbohidratos se obtuvo por diferencia, encontrándose que el T1 posee mayor contenido (73,47%); sin embargo, no existen diferencias significativas entre las formulaciones. ($p \geq 0,05$).

Tabla 3. Resultados del análisis proximal de los diferentes tratamientos de pasta sorgo-almidón.

Parámetro	T1	T2	T3
Humedad	4,98 ± 0,06a	4,16 ± 0,05b	4,97 ± 0,16a
Cenizas	2,01 ± 0,01b	1,96 ± 0,01b	2,09 ± 0,04a
Lípidos	2,83 ± 0,22c	3,80 ± 0,01b	4,50 ± 0,16a
Fibra	1,59 ± 0,27b	1,83 ± 0,24ab	2,44 ± 0,42a
Proteína	15,1 ± 0,51a	15,5 ± 0,38a	14,7 ± 0,33a
Carbohidratos	73,47 ± 0,00a	72,69 ± 0,00a	71,66 ± 0,00a

Resultados expresados en porcentaje como media más/menos desviación estándar ($X \pm SD$). Diferentes letras entre tratamientos indican diferencias significativas ($p < 0,05$). T1: pasta con 5% almidón, T2: pasta con 10% almidón, T3: pasta con 15% almidón

Tabla 4. Promedio del porcentaje de almidón total en las pastas formuladas.

Tratamiento	Almidón*
T1	58,02 ± 0,002c
T2	65,01 ± 0,006b
T3	73,01 ± 0,005a

Se muestra el promedio de tres mediciones y la DE. Letras diferentes indican diferencias significativas. T1: pasta con 5% almidón, T2: pasta con 10% almidón, T3: pasta con 15% almidón

Porcentaje de almidón total

El porcentaje de almidón total de las tres diferentes pastas de sorgo-almidón se observan en la tabla 4; hubo un incremento en el porcentaje de almidón con la adición de este componente aislado del grano, lo cual era lo esperado.

Discusión

Las formulaciones de pastas secas no mostraron flexibilidad; lo anterior se debe a que la harina de sorgo no contiene gluten, el cual es una proteína que le da elasticidad a la masa (15,16); por lo que se le añadió goma xantana (5%) como único aditivo, esto con la intención de darle la consistencia moldeable a la masa y facilitar su preparación (17). Sin embargo, el uso de sorgo en pastas alimenticias es útil para la población en general, principalmente para pacientes con alergia o intolerancia al gluten (18). En la evaluación sensorial, la formulación con 15% de almidón añadido tuvo mejor aceptación en cuanto a color, textura y aceptación general; este carbohidrato tiene diversos beneficios a la salud además de aportar mejoras a la pasta, mejorando algunas características organolépticas (olor, sabor, color, textura) (19,20). Sin embargo, es importante mencionar que la pasta con mayor aceptación y con diferencias significativas con las formuladas, fue la pasta comercial de trigo; las formulaciones de sorgo tuvieron menos aceptación por los panelistas. La impresión inicial que tiene

un consumidor de un alimento se basa principalmente en su color y apariencia, lo cual condiciona sus preferencias y afecta su decisión de compra; por ello es importante realizar análisis sensoriales en productos nuevos.

El color está directamente relacionado con las características sensoriales y la composición química de los alimentos, siendo crucial para definir su calidad (21); el color de la pasta varía dependiendo de las características del grano, la molienda y el secado; por lo que al ser una pasta con harina integral su coloración es más oscura que una pasta elaborada con harinas de trigo como suele ser con la pasta comercial. Ramírez *et al.* (22), realizaron una evaluación sensorial a pastas elaboradas con harinas compuestas de trigo y frutopán, obteniendo el valor para el atributo del olor de 4,80, siendo más bajo que el obtenido en este trabajo por el T2 (4,96) y similar al T1 y T3 (4,80). Aunque el olor y el color son características sensoriales importantes para el consumidor, es necesario evaluar el sabor de los alimentos debido a que es uno de los factores que más impactan en su aceptación (23). En el presente estudio, se encontró las pastas de sorgo con almidón no presentaron diferencias significativas ($p \geq 0,05$), con un valor promedio de 5, lo que en la escala hedónica utilizada significa "me gusta ligeramente"; mientras que la pasta control obtuvo un promedio de 6 ("me gusta moderadamente"). Esta diferencia puede deberse primeramente a que habitualmente las personas consumen pastas de trigo y también a que las pastas elaboradas no han sido sujetas a un proceso de industrialización. Un resultado similar al encontrado en este trabajo en el atributo de sabor (4,64) fue reportado por Ramírez *et al.* (22) en una pasta de harina de trigo (90%) y frutopán (10%), obteniendo un puntaje promedio de 4,60 en una escala hedónica de siete puntos.

La textura de las pastas está determinada por parámetros como pegajosidad, firmeza y elasticidad. La pegajosidad es la sensación global que permanece en la boca después de la deglución, la firmeza representa la resistencia al masticar, mientras que la

elasticidad es el grado de adhesión que se obtiene al masticar (24). En las pastas formuladas, los panelistas señalaron poca aceptación de la textura, esto puede deberse a que se utilizó una harina de grano entero y no una harina refinada, además que la adición de almidón modifica la textura de la pasta (25). En un estudio realizado por Granito y Ascanio (26), formularon pastas de leguminosas y evaluaron su aceptabilidad mediante una escala hedónica con 50 panelistas no entrenados; sin embargo, para su prueba usaron mantequilla con perejil y salsa de tomate, consiguiendo así una respuesta más favorable por parte de los evaluadores. Mencionaban que esto podría deberse a la familiaridad de estos condimentos en los hábitos alimenticios populares y a su capacidad para enmascarar ciertos atributos medibles de las pastas. Estos hallazgos sugieren que la aceptación de las pastas sorgo-almidón podría mejorar al servirse con salsas o condimentos. Sin embargo, en este trabajo las pastas se presentaron sin ingredientes extras para no disfrazar los verdaderos puntajes.

Análisis proximal

Dussán-Sarria *et al.* (27) analizaron el contenido proximal de diferentes formulaciones de pastas a base de harina de quinua y harina de chontaduro, reportando que la pasta que contenía sémola de trigo, quinua y chontaduro presentó el menor valor de contenido de humedad (7,58%) este resultado es más alto comparado con las pastas formuladas en el presente estudio. En otro estudio, Chaparro-Acuña (28), analizó el contenido de humedad de un producto tipo pasta elaborado a base de harina de trigo con residuos de plátano hartón frito y también reportaron un contenido alto de humedad (12,5%). El contenido de humedad en los alimentos es importante debido a que un valor alto se relaciona con un mayor crecimiento microbiano, reacciones enzimáticas y químicas no deseadas, lo que lleva a una menor vida de anaquel (29). En las formulaciones sorgo-almidón el porcentaje de humedad fue menor al 5%, lo cual permite conservar el alimento por más tiempo y evitar el crecimiento microbiano.

El contenido de cenizas representa los minerales del alimento, en las pastas se encontró que el T3 tiene el valor más alto (2,09%) y hay diferencias significativas ($p \leq 0.05$) con respecto a el T1 y T2. En un estudio realizado por Vellore *et al.* (30), analizaron la composición proximal de diferentes harinas utilizadas en la formulación de pastas alimentarias, encontrando en la harina de sémola de trigo duro un contenido de 0,80% y en la harina de mijo-sorgo 1,70%, siendo ambos valores menores a los reportados en el presente estudio. Esto puede deberse a que estos autores solo evaluaron el contenido de las harinas y no el producto final. Sin embargo, en otro estudio realizado por Granito y Ascanio (26), evaluaron pastas de trigo con leguminosas reportando valores de cenizas totales de 1,1% y 1,2% lo cual sigue siendo más bajo que el reportado en este estudio. Por lo anterior, las pastas formuladas tienen un mayor contenido de minerales que la de los estudios mencionados, lo cual puede tener beneficios a la salud de consumidor.

Por otro lado, el porcentaje de lípidos en las pastas de sorgo varió de 2,8 a 4,5%; Treviño-Salinas *et al.* (4) reportó que la variedad de sorgo sureño contiene ácidos grasos poliinsaturados por lo que el aumento podría considerarse benéfico. Bolarinwa y Oyesiji (31) reportaron para diferentes formulaciones de pastas libres de gluten a base de arroz-soja un contenido de lípidos entre 3,5 a 5,7%, mayor al presente estudio. Osorio-Díaz *et al.* (32), reportaron para dos pastas con mezclas de harina de garbanzo y trigo valores de 3,3% y 4,1% siendo estos más bajos que los obtenidos por el T3 del presente estudio; el aumento de grasa en las formulaciones con mayor porcentaje de almidón puede deberse a grasa como impureza en el almidón adicionado. Por otro lado, la fibra en las pastas formuladas tuvo valores de 1,5 a 2,4%, este contenido es alto comparado por lo reportado en otros estudios con pastas sin gluten. En pastas arroz-soja se reportó un contenido de fibra entre 0,90 a 1,32%, siendo menor al presente estudio (31). En lo referente al contenido de proteínas en las formulaciones, los resultados son similares a lo reportado para pastas de trigo y otros cereales o leguminosas, lo que sugiere que las pastas de sorgo son una alternativa saludable con el contenido proximal requerido. Ramírez *et al.* (22), analizaron la proteína contenida en una pasta hecha a base de harina de sémola de trigo (14,87) y harina de frutopán (13,99%), estos resultados son menores comparado con la cantidad de proteína que presentó el T2 elaborado en este estudio. Dussán-Sarria *et al.* (33), reportaron un contenido de proteína de 15,68%

en una pasta empleada con harina de sémola de trigo y harina de quinua, similar al T2 del presente estudio. Las proteínas de sorgo están compuestas por un 30% de albúminas, globulinas y glutelinas y el 70% de prolaminas solubles en alcohol conocidas como kafirinas; la acumulación de éstas hace que el cuerpo proteico cambie de una forma esférica a una reticulada, lo que se cree que favorece al metabolismo de proteínas al mejorar la accesibilidad a las proteasas del estómago (Waseem *et al.*, 2022); como se ha mencionado, el sorgo es libre de gluten, lo que lo convierte en un cereal adecuado para las personas intolerantes o alérgicas a esta proteína.

Finalmente, el contenido de carbohidratos disminuyó en el T3 debido al incremento en la proporción de almidón de sorgo en la muestra, eso tiene relación con el aumento en el contenido de fibra, ya que parte del almidón presente en el sorgo es considerado almidón resistente; sin embargo, no tuvo diferencia significativa. Vellore *et al.* (30) reportaron en harinas de trigo y mijo-sorgo para la formulación de pastas alimenticias un contenido de carbohidratos entre 70,80 a 72,59%; igualmente en otro estudio realizado por Dussan-Sarria *et al.* (33) reportaron en diferentes formulaciones de pastas con harina de quinua y chontaduro un contenido de carbohidratos entre 70,38 a 72,80%, siendo semejantes a los encontrados en el presente estudio.

Con lo que respecta al contenido de almidón total en las pastas formuladas en el presente trabajo se puede observar que hay un incremento en el porcentaje (Tabla 4); el T3 obtuvo el mayor valor con 73% con diferencia significativa entre los tratamientos ($p \leq 0,05$). Osorio-Díaz *et al.* (32) analizaron el contenido de almidón total en dos formulaciones de pastas con harina de garbanzo y trigo obteniendo valores de 68,2% y 66,9%, siendo menor que el reportado por el T3 del presente estudio. El almidón es el mayor componente de las gramíneas, siendo importante en la alimentación humana por su gran aportación de energía (35; 36); esta molécula está compuesta por unidades de glucosa; sin embargo, no todo el almidón se degrada hasta dicho monosacárido durante la digestión (37,38). Esto se debe a que parte del almidón de sorgo es de tipo resistente o de baja digestibilidad, y que además tiene efectos benéficos sobre la salud (39, 40). En la industria alimentaria, el almidón se usa como aditivo para la fabricación de helados, conservas y cárnicos (41). En estos tiene como una de sus funciones, brindar propiedades nutricionales y funcionales deseables; en el caso de las pastas formuladas se añadió para

mejorar la retención de agua y mejorar la textura (42). Los almidones modificados como aditivos mejoran sus propiedades sensoriales y aumentan la vida útil de los productos, siendo fundamentales en la elaboración industrial de alimentos como pan, galletas y pasta (43). La gelatinización es una propiedad funcional crucial de los almidones en su uso industrial (44). Ligardo *et al.*, (45) emplearon almidón de frijol zaragoza (*Phaseolus lunatus*) como espesante en la elaboración de una compota, subrayando la importancia de este polisacárido para conferir características funcionales esenciales al producto final, especialmente en sistemas de procesamiento con altas temperaturas.

Por otro lado, la fabricación de productos libres de gluten implica una mezcla que combina sorgo y almidón, donde el sorgo debe constituir al menos el 50% del contenido. En la fabricación de pan, el almidón se utiliza para dispersar las partículas del endospermo y del salvado presentes en la harina, asegurando la integridad del gel del almidón promoviendo uniformidad al evitar interferencias de películas líquidas procedentes de células sin gluten (46). El almidón mejora la consistencia de la pasta, mejorando la textura permitiendo una mayor aceptación por el consumidor.

Conclusiones

Las pastas formuladas son libres de gluten y tuvieron una aceptación moderada entre los panelistas; en cuanto a la composición proximal destaca el proteico mayor a 14%, lo cual está por encima de las pastas comerciales; lo que las posiciona como una alternativa saludable para toda la población; aunado a que el sorgo es un cereal más económico que el trigo u otros cereales utilizados para pastas alimenticias. Por lo anterior, las pastas de sorgo formuladas podrían ser una alternativa alimenticia adecuada, económica y de fácil aceptación por la población; es importante estudiar otras propiedades tecnológicas del producto desarrollado con la finalidad de aumentar la aceptación.

Agradecimientos

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) de México por la beca para estudios de posgrado.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

Referencias

1. Charyulu DK., Afari-Sefa V, Gumma, MK. Trends in Global Sorghum Production: Perspectives and Limitations. In Omics and Biotechnological Approaches for Product Profile-Driven Sorghum Improvement. 2024; pp. 1-19. Singapore: Springer Nature Singapore.
2. López Ortiz NC, Tique MM, Pérez Lavalle LDS. Contribución al estudio del sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para nutrición humana. *Perspect Hum Nutr.* 2011;13(1):33-44. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S012441082011000100004&script=sci_arttext
3. Rueda GH, Pinto-Sánchez MI. Probióticos en enfermedad celíaca: ¿estamos listos para su aplicación en la práctica clínica? *Acta Gastroenterol Latinoam.* 2021;51(4). <https://doi.org/10.52787/gqme9827>
4. Treviño-Salinas M, Perales-Torres A, Castillo-Ruiz O, Montes-García N, Lizarazo-Ortega, C, Navarro-Cortez R, Rodríguez-Castillejos G. Proximal analysis and profile of fatty acids on six varieties of white grain sorghum with potential use in human consumption. *CyTA-J Food.* 2021;19(1), 547-551. <https://doi.org/10.1080/19476337.2021.1928757>
5. Reyes-Gallardo J, Rodríguez-Castillejos G, Navarro-Cortez R, Perales-Torres A, Alemán- Castillo SJ, Castillo-Ruiz O. Proximal, thermal, and structural characterization of starch extracted from two varieties of white sorghum cultivated in Mexico. *Agrociencia.* 2022; 57(1): 1-8. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v57i1.2641>
6. Siddiqui SA, Mahmud MC, Abdi G, Wanich U, Farooqi MQU, Settapramote N, Wani S. A. New alternatives from sustainable sources to wheat in bakery foods: Science, technology, and challenges. *J Food Biochem.* 2022;46(9):e14185. <https://doi.org/10.1111/jfbc.14185>
7. De Pasquale I, Verni M, Verardo, V, Gómez-Caravaca AM, Rizzello, CG. Nutritional and functional advantages of the use of fermented black chickpea flour for semolina-pasta fortification. *Foods.* 2021;10(1):1-21. <https://doi.org/10.3390/foods10010182>
8. Li M, Zhu KX, Guo XN, Brijis K, Zhou HM. Natural additives in wheat-based pasta and noodle products: opportunities for enhanced nutritional and functional properties. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2014; 13(4): 347-357. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12066>
9. Kadam SU, Prabhasankar P. Marine foods as functional ingredients in bakery and pasta products. *Food Res Inter.* 2010;43(8):1975-1980. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.06.007>
10. Di Pede G, Dodi R, Scarpa C, Brighenti F, Dall'Asta M, Scazzina F. Glycemic index values of pasta products: An overview. *Foods.* 2021;10(1):1-16 <https://doi.org/10.3390/foods10112541>
11. Granito M, Pérez S, Valero Y. Calidad de cocción, aceptabilidad e índice glicémico de pasta larga enriquecida con leguminosas. *Rev Chil Nutr.* 2014;41(4):425-432. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182014000400012>
12. Wang L, Wang YJ. Structures and physicochemical properties of acid-thinned corn, potato and rice starches. *Starke* 2001;53(11):570-576. [https://doi.org/10.1002/1521-379X\(200111\)53:11<570::AID-STAR570>3.0.CO;2-S](https://doi.org/10.1002/1521-379X(200111)53:11<570::AID-STAR570>3.0.CO;2-S)
13. AACC Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 02-03.02. Approved November 3, 1999. Cereals & Grains Association, 1999. St. Paul, MN, U.S.A. <http://doi.org/10.1094/AACCIIntMethod-02-03.02>
14. Yusty MAL, Lozano JS, Salgado G. Determinación de almidón en alimentos. *Trab Compostelanos Biol.* 1983;(10):15-25.
15. Flores RV. El gluten del trigo y su rol en la industria de la panificación. *Ing Ind.* 2014;(32):231-246. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337432679010>
16. Marston K, Khouryieh H, Aramouni F. Effect of heat treatment of sorghum flour on the functional properties of gluten-free bread and cake. *LWT.* 2016; 65:637-644. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.063>
17. Molina-Rosell C. Alimentos sin gluten derivados de cereales. En *Enfermedad celíaca y sensibilidad al gluten no celíaca*. Madrid: Omnia Publisher SL. 2013;447-461. <http://doi.org/10.3926/oms.27>
18. Flores RV. Productos libres de gluten: un reto para la industria de los alimentos. *Ing Ind.* 2017; 35:1834. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337453922009>
19. Bianchi F, Tolve R, Rainero G, Bordiga M, Brennan CS, Simonato B. Technological, nutritional and sensory properties of pasta fortified with agro-industrial by-products: A review. *Int J Food Sci Tech.* 2021;56(9):4356-4366. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15168>
20. Bangar SP, Ali NA, Olagunju AI, Pastor K, Ashogbon AO, Dash KK, Ozogul F. Starch-based noodles: Current technologies, properties, and challenges. *J Text Stu.* 2023;54(1):21-53. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12730>
21. Ramírez ANM, Guardado FNB, Magno DLJ, Pedraza BPL, Solís SAM, Nava EPT, Morales MES. Análisis de mercado y sensorial de pasta con harina de amaranto fortificada con suero de leche. *Investig Desarro Cienc Tecnol Aliment* 2023;8(1):501-508. <https://idcyta.uanl.mx/index.php/i/article/view/67>
22. Ramírez A, de Bertorelli LO, Hidalgo L, de Fariñas LG. Caracterización de pastas alimenticias elaboradas artesanalmente con harina compuesta de trigo y frutopán (*Artocarpus camansi* Blanco). *Rev Fac Agron.* 2012;38(1):24-28. https://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_agro/article/view/4374
23. Ibáñez EC. La aceptabilidad de los alimentos: nutrición y placer. *Arbor.* 2001;168(661):65-85. <https://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/view/823>
24. Vasiliu M, Navas PB. Propiedades de cocción, físicas y sensoriales de una pasta tipo fetuchine elaborada con

- sémola de trigo durum y harina deshidratada de cebollín (*Allium fistulosum* L.). SABER. 2009;21(1):70-76. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427739438010>
25. Pérez LAB, Ramos SMC, Manilla RR, Fera JS, Aparicio AJ. Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano *Musa paradisiaca* L. (Var. Macho). *Agrociencia*. 2002;36(2):169-180. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30236204.pdf>
 26. Granito M, Ascanio V. Desarrollo y transferencia tecnológica de pastas funcionales extendidas con leguminosas. *Arch Latinoam Nutr*. 2009;59(1):71-77. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222009000100011
 27. Dussán-Sarria S, Cruz-Noguera RE, Godoy SP. Estudio del perfil de aminoácidos y análisis proximal de pastas secas extruidas a base de harina de quinua y harina de chontaduro. *Inf Tecnol*. 2009;30(6):93-100. <http://doi.org/10.4067/S0718-07642019000600093>
 28. Chaparro-Acuña SP. Elaboración de un producto tipo 'pasta alimenticia' a partir de residuos de plátano hartón prefreído. *Cienc Agric*. 2017;14(1):47-56. <https://doi.org/10.19053/01228420.v14.n1.2017.6087>
 29. Arrazola P, Murillo M, Alvis BA. Propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón obtenido de dos variedades de batata (*Ipomoea batatas*). *BSAA*. 2020;19(1):117-127. <https://doi.org/10.18684/bsaa.v19.n1.2021.1471>
 30. Vellore ST, Jayaprakash HM, Srinivas KS, Venkatesh M. Proximate composition of different flours used in the formulation of pasta. *IRJMETS*. 2023;5(9):1486-1490. <https://www.doi.org/10.56726/IRJMETS44799>
 31. Bolarinwa IF, Oyesiji OO. Gluten free rice-soy pasta: proximate composition, textural properties and sensory attributes. *Heliyon*. 2021;7(1): e06052 <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06052>
 32. Osorio-Díaz P, Agama-Acevedo E, Mendoza-Vinalay M, Tovar T, Bello-Pérez L.A. Pasta added with chickpea flour: chemical composition, *in vitro* starch digestibility and predicted glycemic index. *CYTA J Food*. 2008;6(1):6-12. <https://doi.org/10.1080/11358120809487621>
 33. Dussán-Sarria S, Cruz-Noguera RE, Godoy SP. Estudio del perfil de aminoácidos y análisis proximal de pastas secas extruidas a base de harina de quinua y harina de chontaduro. *Inf Tecnol*. 2019;30(6):93-100. <http://doi.org/10.4067/S0718-07642019000600093>
 34. Khalid W, Arshad MS, Aslam N, Mukhtar S, Rahim MA, Ranjha MMAN, Awuchi CG. Food applications of sorghum derived kafirins potentially valuable in celiac disease. *International J Food Prop*. 2022;25(1):2348-2363. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2135532>
 35. Miao M, Hamaker BR. Food Matrix Effects for Modulating Starch Bioavailability. *Annu. Rev. Food Sci. Technol*. 2021; 12:169-191. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-070620-013937>
 36. Wang Y, Zhou X, Xiang X, Miao M. Association of slowly digestible starch intake with reduction of postprandial glycemic response: an update meta-analysis. *Foods*. 2022;12(1):1-11. <https://doi.org/10.3390/foods12010089>
 37. Bello-Pérez LA, González-Soto RA, Sánchez-Rivero MM, Gutiérrez-Meraz F, Vargas-Torres A. Extrusión de almidones de fuentes no convencionales para la producción de almidón resistente. *Agrociencia*, 2006;40(4):441-448. <https://doi.org/10.3390/foods12010089>
 38. Olayo-Contreras V, Alemán-Castillo SJ, Rodríguez-Castillejos G, Castillo-Ruiz O. Almidón resistente como prebiótico y sus beneficios en el organismo humano. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*. 2021; 24:1-7. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2021.406>
 39. Dodi R, Di Pede G, Scarpa C, Deon V, Dall'Asta M., Scazzina, F. Effect of the Pasta Making Process on Slowly Digestible Starch Content. *Foods*. 2023;12(10):2064. <https://doi.org/10.3390/foods12102064>
 40. Wang Z, Wang S, Xu Q, Kong Q, Li F, Lu L, Xu Y, Wei Y. Synthesis and Functions of Resistant Starch. *Adv Nutr*. 2023;14(5):1131-1144. <https://doi.org/10.1016/j.advnut.2023.06.001>
 41. Navarro OP, Chong NL, Suarez EG, Valmaseda CV. Modificación hidrotérmica del almidón de yuca para su empleo como estabilizador de helados. *Afinidad*. 2017;74(580):275-280. <https://raco.cat/index.php/afinidad/article/view/329842>
 42. Agama-Acevedo E, Bello-Pérez LA, Pacheco-Vargas G, Evangelista-Lozano S. Estructura interna de los gránulos de almidón de plátano mediante gelatinización química superficial: propiedades morfológicas, fisicoquímicas y moleculares. *Rev Mex Ing Quim*. 2015;14(1):73-80. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62037106007>
 43. Ramos García M, Romero B, Bautista B. Almidón modificado: Propiedades y usos como recubrimientos comestibles para la conservación de frutas y hortalizas frescas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 2018;19(1):1-16. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81355612003>
 44. Martínez-Mora EO. Caracterización morfológica y contenido de almidón resistente y disponible en bananos (*Musa sapientum*) exportables del Ecuador. *RENHYD*. 2015;19(3):153-159. <https://doi.org/10.14306/renhyd.19.3.161>
 45. Ligardo Y, Rios-Dominguez IC, Pájaro CEM, Severiche-Sierra CA, Morales JDC. Elaboración de un alimento tipo compota utilizando como espesante el almidón del frijol Zaragoza (*Phaseolus lunatus*). *Rev Investig Agrar Ambient*. 2017;8(2):119-125. <https://doi.org/10.22490/21456453.2036>
 46. Onyango C, Mutungi C, Unbehend G, Lindhauer MG. Modification of gluten-free sorghum batter and bread using maize, potato, cassava or rice starch. *LWT-Food Sci Technol*. 2011;44(3):681-686. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.09.006>

Recibido: 07/07/2025
Aceptado: 13/10/2025

Evaluating the consumption of fruits and vegetables among beneficiaries of soup kitchens in the Metropolitan region of Chile

Carolina Fredes¹ , Valentina Lehuede¹ , Eva Varas¹ , Loreto Zúñiga¹ ,
Belén Escobar¹ , María Jesús Vega-Salas^{1,2} .

Abstract: Evaluating the consumption of fruits and vegetables among beneficiaries of soup kitchens in the Metropolitan region of Chile. **Introduction:** Achieving Sustainable Development Goal 2 (SDG 2.1) *ensuring access to healthy and nutritious food by all*, is a challenge in providing access to fruits and vegetables. Soup kitchens, which rely heavily on food donations, can improve dietary quality among beneficiaries through the redistribution of fruits and vegetables. **Objective:** To evaluate fruit and vegetable (FV) consumption among soup kitchen beneficiaries, considering their sociodemographic characteristics and the frequency of fruit and vegetable donations to these kitchens. **Materials and methods:** Observational cross-sectional study. Participants were 87 soup kitchen beneficiaries aged ≥ 18 years from the Metropolitan Region, Chile. We conducted a face-to-face survey to collect sociodemographic and anthropometric data and a food frequency questionnaire. Soup kitchens were categorised as receiving scheduled (SD) and non-scheduled donations (NSD) based on donation frequency. The Mann-Whitney U test compared FV servings/day, and logistic regressions were used to estimate compliance with the 5-a-day FV consumption recommendation based on sociodemographic and anthropometric factors. **Results:** Only 29% met the 5-a-day FV recommendation, with no significant difference in FV servings between SD or NSD soup kitchen beneficiaries (3 vs. 2 servings/day; $p=0.32$). Compliance varied according to sex, age, and income, but not by donation frequency type. **Conclusions:** Sociodemographic characteristics primarily influenced fruit and vegetable consumption differences among beneficiaries. Interventions should address social determinants to improve physical and economic access, complementing ongoing food redistribution efforts. This research provides valuable insights for policymakers seeking to enhance dietary quality through sustainable food waste management. **Arch Latinoam Nutr 2025; 75(4): 243-253.**

Keywords: nutrition; food waste management; sustainability, food inequity, diet-related health inequalities.

Resumen: Evaluación del consumo de frutas y verduras entre beneficiarios de comedores populares de la Región Metropolitana de Chile. **Introducción:** Alcanzar el Objetivo de Desarrollo Sostenible 2 (ODS 2.1), garantizar acceso a alimentos saludables y nutritivos para todos, sigue siendo un desafío, especialmente respecto a la disponibilidad de frutas y verduras (FV). Los comedores sociales, que dependen de donaciones, pueden mejorar la calidad de la dieta de sus beneficiarios mediante la redistribución de FV. **Objetivo:** Evaluar el consumo de FV entre beneficiarios de comedores sociales, considerando sus características sociodemográficas y la frecuencia de donaciones de FV recibidas. **Materiales y métodos:** Estudio observacional transversal con 87 beneficiarios ≥ 18 años de la Región Metropolitana de Chile. Encuesta presencial que incluyó datos sociodemográficos, antropométricos y frecuencia de consumo de alimentos. Los comedores se clasificaron según si recibían donaciones programadas (SD) o no programadas (NSD). Se utilizó la prueba U de Mann-Whitney para comparar porciones diarias de FV, y regresión logística para estimar el cumplimiento de la recomendación de 5 porciones al día, según factores sociodemográficos y antropométricos. **Resultados:** El 29% de los participantes cumplió con la recomendación de 5 porciones diarias, sin diferencias significativas en la cantidad de porciones entre beneficiarios de comedores SD y NSD (3 vs. 2 porciones/día; $p=0,32$). El cumplimiento varió según sexo, edad e ingresos, pero no por tipo de donación. **Conclusiones:** Las características sociodemográficas influyeron en el consumo de FV. Futuras intervenciones deben abordar los determinantes sociales para mejorar el acceso físico y económico a FV. Estos hallazgos pueden orientar políticas públicas que promuevan el acceso equitativo a alimentos saludables mediante estrategias sostenibles de redistribución. **Arch Latinoam Nutr 2025; 75(4): 243-253.**

Palabras clave: Nutrición; gestión del desperdicio de alimentos; sostenibilidad, inequidad alimentaria, desigualdades en salud relacionadas con la dieta.

¹Departamento de Nutrición y Dietética, Escuela Ciencias de la Salud, Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. ² Center for Cancer Prevention and Control (CECAN), Santiago, Chile. Autor para la correspondencia: María Jesús Vega-Salas, e-mail: muvega@uc.cl

Introduction

Globally, about a third of food production for human consumption (~1,300 million tons) is



lost or wasted each year (1). Despite high amounts of food being lost or wasted, 10.5% of the population worldwide (~828 million people) are undernourished (2). According to the United Nations, food security implies having permanent physical and economic access to sufficient healthy and safe food that meets the population's food preferences and dietary needs for an active and healthy life (2). Food insecurity is characterised by poor diet quality, including a low intake of fruits and vegetables (3). Thus, achieving Sustainable Development Goal 2 (SDG 2.1) ensuring access to healthy and nutritious food by all, is a challenge in providing access to fruits and vegetables.

Fruits and vegetables are a valuable nutritional source, characterised by the high dietary fibre, vitamin C, and potassium content associated with health benefits. The World Health Organization (WHO) and worldwide dietary guidelines recommend the daily intake of at least 5 servings of fruits and vegetables (~ 400 g for adults) (4). Dietary patterns high in fruits and vegetables have consistently been identified as protective against cardiovascular disease and premature mortality (5). Nevertheless, worldwide consumption of fruits and vegetables is far from recommended; 78% of the population (mostly from low-and middle-income countries - LMICs) do not meet the recommended daily intake of at least 5 servings of fruits and vegetables (6). Populations among LMICs present a lower daily vegetable intake than high-income countries, reaching a mean of 1-2 servings of vegetables (7). Chile is no exception to this pattern, with only 15% of the population meeting the 5-a-day fruit and vegetable recommendation and a mean of 1 serving of fruits and 2 of vegetables (8).

Sustainable Development Goal 12.5, substantially reducing waste generation through prevention and reduction, recycling, and reuse is relevant, particularly in food-producer countries where food availability coexists with food-insecure populations. In this context, waste management and food

recovery hierarchies recommend source reduction and feed hungry people as the most preferred actions from an environmental perspective. This emphasis on reducing food loss and waste (FLW) addresses not only economic and social issues but also have significant environmental implications. Fruits and vegetables are the food groups that generate the most FLW; ~35-55% of fruit and vegetable production being lost or wasted along the food supply chain, with the highest percentage occurring in Latin America (1).

Previous research has demonstrated that redistributing fruits and vegetables from a wholesale market and donation to homeless shelters reduces food waste and can improve access to these foods in Chile (9). Soup kitchens, which rely heavily on food donations, can improve dietary quality among beneficiaries through the redistribution of fruits and vegetables (10). As such, soup kitchens provide a vital coping strategy for counteracting food insecurity while also fostering social networks (11). A study among Brazilian soup kitchen beneficiaries revealed a desire to consume more fruits and vegetables; however, due to low income, many opt for low-nutrient, energy-dense foods due to their greater affordability (12). Thus, soup kitchens have the potential to significantly improve the dietary quality of their beneficiaries. Nevertheless, there is currently no evidence regarding the impact of this access on the actual intake of fruits and vegetables among food-insecure individuals, such as those relying on shelters and soup kitchens.

To our knowledge, there is scarce information on the management of fruits and vegetables redistributed through donations to soup kitchens, and no data is available about the consumption of these foods by beneficiaries in Chile. Herein, this study aims to evaluate fruit and vegetable consumption among soup kitchen beneficiaries, considering their sociodemographic characteristics and the frequency of fruit and vegetable donations to soup kitchens. Specifically, this research focuses on evaluating the consumption of fruits and vegetables among beneficiaries of soup kitchens in the Metropolitan region of Chile. We compare the fruit and vegetable intake (servings/day) between beneficiaries of soup kitchens receiving scheduled (SD) vs. non-scheduled donations (NSD). Additionally, we examined the compliance with the 5-a-day recommendation with various sociodemographic factors.

Material and methods

Area of study

Chilean production of fruits and vegetables involves 2.2 million tons and 6.7 million tons, respectively (13). In 2020, the domestic supply of fruits represented 203 g/day and 112 kcal/day per capita. Regarding vegetables, the domestic supply quantity represented 201 g/day and 68 kcal/day per capita. The Metropolitan region leads the national production of fruits and vegetables, upholding 15.9% and 27.9% of the national horticultural area, respectively. Various fruits and vegetables are available all year round, where the high coverage of fresh food markets (i.e., 415 markets in the Metropolitan region) favours physical and economic access to fruits and vegetables (14).

The Metropolitan region (33° 26' South Latitude; 70°39' and 71°43' West Longitude) is located in Central Chile (Figure 1). The Metropolitan region concentrates 40.5% of the Chilean population (7.112.808 inhabitants); 48.7% are male, and 51.3% are female (15). In 2017, 11.4% of the Chilean population was >65 years old, and 8.4% of the national elderly population was concentrated in the Metropolitan region (15). The prevalence of undernourishment is 2.6%, whereas the prevalence of obesity in the adult population is 28% (2). Poverty by income is estimated at 6.5% nationally, and 4.4% in the metropolitan region, with a larger concentration within women (6.9%), indigenous (8.8%) and migrant (11.1%) populations (16).

Study design

Observational cross-sectional study, including eight soup kitchens in Chile's Metropolitan region. We considered a soup kitchen a food service outlet preparing and serving meals for immediate consumption (17). The STROBE-nut checklist guided study reporting (18).

Soup kitchens were associated with a Catholic institution. This institution provided a register of 106 soup kitchens located in the Metropolitan region. The inclusion criteria for the study were soup kitchens that delivered food at least 3 days per week. Preliminarily, 50 soup kitchens met the inclusion criteria. A telephone call was made to the soup kitchen manager, who validated the inclusion criteria. A standard answer was that "they were not working because of a lack of resources or volunteers." After this validation, we invited all 22 soup kitchens that met the inclusion criteria, and eight agreed to participate. All of the soup kitchens receive adults (>18 years old) as beneficiaries.

We studied food redistribution and donation as a method of food waste management. A standard model of management of fruits and vegetables received through donations in soup kitchens is detailed in Figure 2. The soup kitchen manager and volunteers coordinate

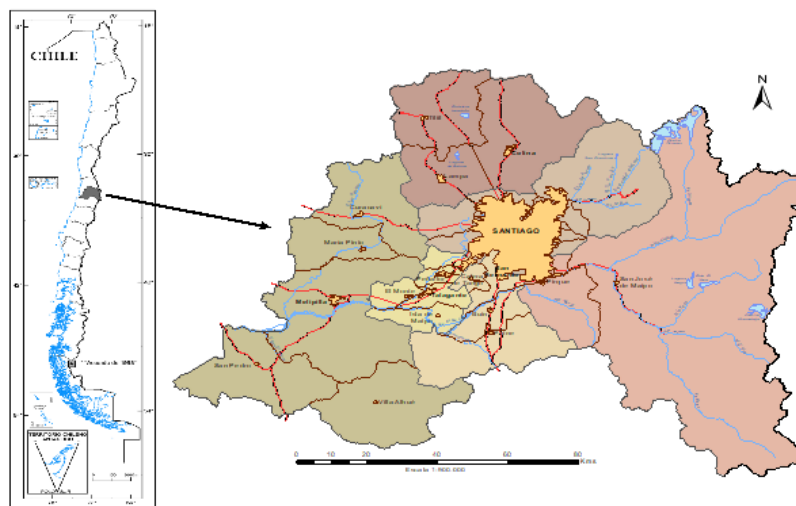


Figure 1. Area of study. Metropolitan region (Santiago, capital). Source: ODEPA

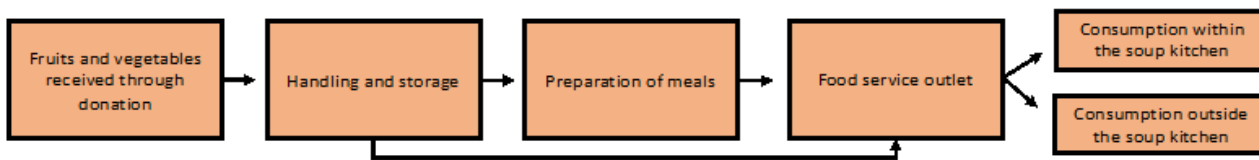


Figure 2. Model of management of fruits and vegetables received through donations in soup kitchens.

the reception of donations. Then volunteers are responsible for handling and storage, preparation of meals, and food service outlet. Most beneficiaries consume their meals at soup kitchens, and occasionally, they have take-away boxes to be consumed outside. When there is an excess of fruit donations, these foods are made available before consumption both inside and outside of soup kitchens.

The frequency of donations distinguishes between soup kitchens that receive SD and NSD donations. SD soup kitchens receive donations weekly, while NSD soup kitchens receive them monthly. Three soup kitchens were assigned to the SD group; and five were assigned to the NSD group. The main characteristics of soup kitchens are detailed in Table 1.

Table 1. Characteristics of soup kitchens.

	Total	SD	NSD
n	8	3	5
Soup kitchen manager			
Woman	8(100%)	3(100%)	5(100%)
Meals per week (n)	3(3-5)	3(3-5)	3(3-5)
Beneficiaries (n)			
51-100	4(50%)	2(67%)	2(40%)
151-200	4(50%)	1(33%)	3(60%)
Provision of fruits and vegetables			
Foodbank	1(13%)	1(33%)	0 (0%)
Other sources (fresh markets, privates)	7(87%)	2(67%)	5(100%)
Frequency of donations			
Weekly	3(38%)	3(100%)	0 (0%)
Monthly	5(62%)	0 (0%)	5(100%)
Meal planning with fruits and vegetables			
Daily	3(38%)	3(100%)	0 (0%)
Weekly	5(62%)	0 (0%)	5(100%)
Monthly	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Type of fruits and vegetables donated	Apple, orange, pear, banana, carrot, chard, lettuce, onion, potato, squash, zucchini	Apple, orange, tangerine, banana, carrot, chard, onion, potato, squash, tomato	

S.D., scheduled, and NSD, non-scheduled donations. Continuous variables are expressed as median (25th percentile–75th percentile). Categorical variables are expressed as frequency (percentage).

Structured face-to-face survey applied to beneficiaries

The inclusion criteria for selecting the participants were beneficiaries who a) had >18 years old, b) attended soup kitchens at least one day per week, and c) were able to read and sign an informed consent. Participants were recruited at the headquarters of each soup kitchen on a date and time agreed upon with the kitchen staff. Participation was entirely voluntary, and no monetary incentives were provided. Before administering the survey application, the informed consent form was read aloud to each participant, who was then asked to sign it. This study received ethical approval from the Social Sciences Ethical Committee at the Pontificia Universidad Católica de Chile (ID 220606011).

A structured face-to-face survey was applied by the research team. The survey consisted of two sections. Alongside these two sections, beneficiaries were given the opportunity to provide open-ended comments about attitudes towards fruit and vegetable consumption and their experience with the soup kitchen. The first section focused on sociodemographic characteristics and included questions about age, sex, anthropometric measures (i.e., weight and self-reported height), country of birth, household characteristics, monthly income, and educational level. Additionally, there were two questions regarding the frequency of attendance at soup kitchens.

The second section employed a food frequency questionnaire (FFQ) that assessed the consumption frequency (n/week) of fruits and vegetables, as well as their quantification in standardized servings (n/day), following the methodology of the Chilean National Health Survey (8). This meant that each person reported the number of days per week that they consumed fruits and vegetables. Then, the person recognised the number of servings of fruits and vegetables that were consumed in a reference day, using illustrations of servings. Thus, the intake could not only come from the meals provided by the soup kitchens. The number of servings (n/day) was calculated by multiplying the reference number of servings by the frequency of consumption over 7 days. Results of meeting the recommendation of ≥ 5 servings of fruit or vegetables per day were reported as the frequency of beneficiaries who met the recommended intake.

Sample size

Considering the availability of beneficiaries for interviews during the data collection period from September

to November 2022, we assessed the sample sizes for each group (SD=44 and NSD=43). To calculate the sensitivity to detect differences between the groups, we used G*Power software version 3.1. With these sample sizes, the Mann-Whitney U test, an α of 5%, and a β of 20%, we were able to detect an effect size of 0.6076.

Data analysis

Considering the small sample size, non-parametric analyses were used. Data for continuous variables were presented as median [25th percentile – 75th percentile]. Mann-Whitney U test was used to compare n/day of fruits, n/day of vegetables, and n/day of fruits and vegetables between groups (SD, NSD). Logistic regression was used to estimate crude and adjusted odds ratios (95% confidence intervals) for beneficiaries who met the 5-day recommendation. In model 2, odds ratios were adjusted for sociodemographic and anthropometric characteristics (gender, age, education, residence, income, and BMI). In model 3, odds ratios were also adjusted by type of donation. Prism Statistics version 10.0.3 (217) was used for analyses, considering a P-value <0.05 as statistically significant.

Results

Characteristics beneficiaries

Table 2 shows the beneficiaries' main sociodemographic, anthropometric, and food intake characteristics. Participants were mostly men (64%); half of them were 57 years old or older, and more than half had overweight or obesity (51%). Most participants were born in Chile (91%), had an incomplete secondary educational level (63%), 34% were individuals experiencing homelessness, and 41% had no income. No significant differences in these characteristics were reported among beneficiaries attending SD vs. NSD soup kitchens.

Regarding food intake, half of the participants reported having at least 3 meals per week at the soup kitchen, had fruits in 3 and vegetables on 4 days a week, and nearly 30%

Table 2. Characteristics of beneficiaries.

	Total	SD	NSD
n	87	44	43
Sex			
Woman	34 (39%)	16 (36%)	18 (42%)
Man	52 (61%)	28 (64%)	24 (58%)
Age	57 (43–68)	57 (43–68)	55 (43–66)
Weight (kg)	67.3 (59.3–76.6)	67.3 (59.5–76.6)	67.6 (59.3–76.6)
Height (m)	1.65 (1.68–1.73)	1.67 (1.58–1.73)	1.65 (1.58–1.72)
BMI			
Normal weight	43 (49%)	23 (52%)	20 (47%)
Overweight	32 (37%)	15 (34%)	17 (40%)
Obesity	12 (14%)	6 (14%)	6 (14%)
Country of birth			
Chile	79 (91%)	40 (91%)	39 (91%)
Colombia	4 (5%)	2 (5%)	2 (5%)
Venezuela	1 (1%)	1 (2%)	0 (0%)
Other	3 (3%)	1 (2%)	2 (5%)
Educational level			
Elementary school (complete or incomplete, secondary school (incomplete))	55 (63%)	27 (61%)	28 (65%)
Secondary school (complete), post-secondary degree	32 (37%)	17 (39%)	15 (35%)
Residence			
Homeless	30 (34%)	14 (32%)	16 (37%)
Household	57 (66%)	30 (68%)	27 (63%)
Income			
\$0	36 (41%)	16 (36%)	20 (47%)
> \$0	51 (59%)	28 (64%)	23 (53%)
Meals at soup kitchen (n/week)	3 (3–5)	3 (3–3)	3 (3–5)
Frequency of consumption of fruits (days/week)	3 (2–7)	3 (1–7)	3 (2–7)
Frequency of consumption of vegetables (days/week)	4 (2–7)	4 (2–7)	4 (1–7)
Meeting recommendation ≥ 5 portions of fruit or vegetables per day	25 (29%)	12 (27%)	13 (30%)

S.D., scheduled, and NSD, non-scheduled donations. Continuous variables are expressed as median (25th percentile–75th percentile). Categorical variables are expressed as frequency (%).

met the dietary recommendation of 5 fruits and vegetables per day. No differences were reported across schedule-type soup kitchen groups.

The groups of soup kitchens had no difference in fruit and vegetable intake (Figure 3). Fruit intake (median [percentile 25 – percentile 75])

for beneficiaries attending SD was 2 [1 – 3] servings/day, and for NSD was 1 [0 – 2] servings/day ($p=0.1567$). Vegetable intake for beneficiaries attending SD and NSD was 1 [0 – 2] servings/day ($p=0.7141$). In total, beneficiaries attending SD and NSD had a similar fruit and vegetable intake (3 [1 – 5] servings/day vs. 2 [1 – 5] servings/day; $p=0.3203$).

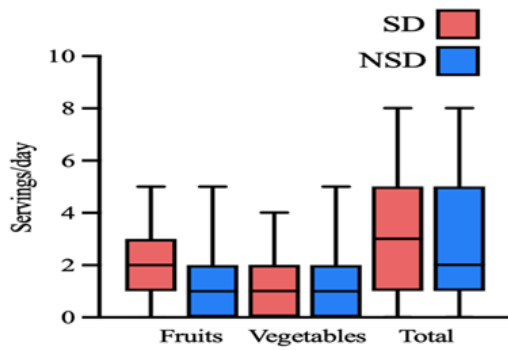


Figure 3. Fruit and vegetable intake. Boxes represent the 25th and 75th percentiles, with a horizontal line denoting the median; whiskers denote the minimum and maximum values. SD, soup kitchens that receive scheduled donation; NSD, soup kitchens that did not receive scheduled donation.

Meeting fruit and vegetable guidelines (5-a-day)

Compliance with 5-a-day recommendation varies according to sociodemographic characteristics (Table 3). Women had more than 4 times higher

Table 3. Odds ratio (95% confidence interval (CI)) for participants who met the dietary guidelines of 5 servings of fruits and vegetables per day.

	Model 1: Crude OR (95%CI)	Model 2: Adjusted OR (95%CI)	Model 3: Adjusted OR (95%CI)
Women	2.07 (0.78–5.61)	4.43 (1.31–17.01)	4.44 (1.30–17.21)
Age (years)	0.97 (0.93–1.00)	0.95 (0.91–0.99)	0.95 (0.91–0.99)
Education: lower than secondary degree	1.88 (0.70–5.09)	2.92 (0.91–10.14)	2.95 (0.91–10.34)
Residence: not homeless	1.30 (0.47–3.84)	1.60 (0.48–5.73)	1.65 (0.50–5.93)
Income >\$0	2.73 (0.94–9.16)	4.35 (1.30–17.43)	4.73 (1.36–19.84)
BMI: Normal weight (ref. overweight)	1.04 (0.37–2.98)	1.72 (0.53–6.04)	1.78 (0.54–6.35)
BMI: Obesity	0.47 (0.06–2.26)	0.31 (0.03–1.93)	0.31 (0.03–1.94)
Type donation: scheduled	0.98 (0.37–2.59)		0.74 (0.23–2.27)

Models 2 and 3 were adjusted for all sociodemographic and anthropometric characteristics listed above, and Model 3 was also adjusted by type of donation. Statistically significant odds ratios ($p < 0.05$) are marked in bold. OR: Odds ratio; CI: Confidence Interval.

chances to meet the recommendation than men. Meanwhile, increases in age decreased the odds of meeting the 5-a-day recommendation. Receiving an income also increased the odds by 4 times compared to participants not receiving any income. On the other hand, the type of donation was not significantly associated with the chances of meeting the fruit-and-vegetable dietary recommendation.

Open-ended survey comments revealed that some beneficiaries wished to increase their fruit and vegetable intake. Some barriers mentioned included relatively high cost, limited variety, lack of cooking options, or difficulty accessing fruits and vegetables outside the soup kitchen. These insights highlight the importance of donation quality and meal planning in shaping consumption behaviours.

Discussion

Food redistribution and donation are worthwhile efforts, as fresh fruits and vegetables play a crucial role in enhancing the nutritional quality of food aid donations (19). Our study aimed to assess fruit and vegetable consumption among beneficiaries receiving redistributed fruits and vegetables through a face-to-face survey, which included sociodemographic and anthropometric data, and a FFQ. We interviewed 87 beneficiaries attending eight soup kitchens in Santiago, Chile. Our results revealed that 29% of the beneficiaries met the 5-a-day fruit and vegetable recommendation, with a median intake of 2 servings for fruits and 1 for vegetables, respectively. Compliance with this guideline varied according to sex, age, and income. However, the type of donation did not significantly affect the likelihood of meeting the 5-a-day recommendation. These findings indicate that the sociodemographic characteristics of soup kitchen beneficiaries are associated with variations in fruit and vegetable consumption.

Notably, our findings showed that the percentage of beneficiaries meeting the 5-a-day recommendation was higher than

that reported for Chilean adults and the global adult population (29%, 15%, and 22%, respectively) (6,8). Strong evidence from systematic reviews suggests that fruit and vegetable consumption among adults in Chile and other countries is socially patterned, with lower socioeconomic groups reporting lower intakes and less healthy dietary patterns when compared to their higher counterparts (20–24). The relatively higher consumption of fruits and vegetables among our beneficiaries may be attributed to an improved physical and economic access to these foods, resulting from the soup kitchens' capacity to receive donations and manage fresh fruits and vegetables (Figure 2). However, other factors—such as individual preferences, external food sources, or seasonal availability—may also contribute to these consumption patterns. These findings suggest that food redistribution and donation efforts may play a role in facilitating access to fruits and vegetables, supporting a previous study on redistributing and donating fruits and vegetables among food-insecure individuals in Chile (9). Yet, further research is needed to understand the extent of their influence relative to other determinants.

Food redistribution and donation avoid food waste in landfills and the consequent emission of greenhouse gases. This is particularly relevant in Chile, where fruits and vegetables are the food groups that produce the most FLW (25). If we consider that participants reported at least 3 meals per week at the soup kitchen and the consumption of fruits and vegetables 3 days a week, with a median of servings of 2 and 1 for fruits and vegetables, we could estimate the number of fruits and vegetables consumed in a standard soup kitchen that receives 150 beneficiaries. With these estimations, a standard soup kitchen supports consuming 70,200 servings/year of fruits and vegetables, avoiding the waste of 5,616 kg/year of fruits and vegetables. Fruits or vegetables disposed of at a landfill produce an emission of 1.5 tons CO₂ equivalent per ton (26). Thus, a standard soup kitchen could contribute to mitigating emissions of 8.4 tons of CO₂ equivalent per year, highlighting the environmental impact

of food redistribution and donation to soup kitchens as a food waste management method.

In our study, attitudes of the beneficiaries towards fruits and vegetables denoted interest in increasing their consumption, echoing similar findings from a study conducted in Brazil (12). Our participants also mentioned deploying other strategies to enhance their access to these foods, such as purchasing and recovering fruits and vegetables from fresh and wholesale markets. Evidence from another Chilean study found that food-insecure households tend to buy fewer fruits and vegetables when compared to their food-secure counterparts, indicating economic barriers that limit a steady and varied supply (27). Nevertheless, participants recovering food from fresh food markets may not always adhere to safety standards regarding what is considered safe for consumption (28). Recommendations emphasize the importance of food service outlets in implementing food safety regulations to ensure safe food practices when dealing with recovered foods (29). To address this, food recovery efforts could benefit from the collective knowledge and expertise of the soup kitchens to identify which food is safe for consumption.

Our study highlighted the need for the redistribution and donation of fruits and vegetables to soup kitchens to be accompanied by interventions aimed at improving consumption. Understanding the redistribution and donation strategies is essential for effective meal planning and utilization of donated foods in soup kitchens. Effective donation strategies should ensure that soup kitchens receive a diverse range of perishable foods and that the specific needs of their beneficiaries are considered in meal planning (30). Such interventions should enhance both physical and economic access while also addressing personal factors (i.e., motivations and barriers) (31). It is essential that these initiatives reinforce understanding of the 5-a-day recommendation, emphasizing the organoleptic properties of fruits and vegetables as well as serving sizes and quantities, while promoting sustainable practices.

Strengths and limitations

To our knowledge, this is the first study to assess the role of fruit and vegetable donations to soup kitchens beneficiaries' consumption in Chile. Despite not finding a significant association between the

scheduled donation regime and fruit and vegetable intakes, our findings identified that sociodemographic characteristics significantly influence consumption among beneficiaries, regardless of the donation structure. The lack of statistical association between fruit and vegetable donation regimes and intakes can be related to the distinction between SD and NSD, which relied upon self-reported data from soup kitchen volunteers. Soup kitchens often operate on a continuum between SD and NSD, receiving mostly scheduled donations while also being open to receiving non-scheduled donations if available.

Our ability to draw firm conclusions regarding the relationship between the donation regime and fruit and vegetable intakes was limited by the small sample size of soup kitchens and participants who met our inclusion criteria. Despite efforts to include more soup kitchens—such as outreach through dissemination via community managers and visits—many were not operating the required number of days to qualify for our study. In Chile, the absence of an updated list of operating soup kitchens made it necessary to collaborate with a prominent Catholic beneficiary organization, which manages the largest number of soup kitchens in the country.

Comparison with previous studies of fruit and vegetable consumption among soup kitchen beneficiaries in other settings may be influenced by differences in sociodemographic and anthropometric characteristics within our sample. Most of our participants were Chileans (91%), adults (median age: 57), living at home (66%), received some sort of income (60%), and a high proportion had at least completed secondary education (37%). In contrast, studies conducted in Brazil and the United States reported a higher proportion of migrants, older adults, and people experiencing homelessness among soup kitchen beneficiaries (12,32,33). However, anthropometrical characteristics in our study aligned with other research on food-insecure populations, with approximately 51% of beneficiaries being classified as overweight or obese. Food insecurity has been associated not only with undernourishment but also with overweight and obesity; indeed, FAO et al. (2) reported a global trend of increasing obesity prevalence among food-insecure adults. Although anthropometric assessment was not the main focus of this study, the high prevalence of self-reported overweight and obesity among beneficiaries is notable. These findings highlight the coexistence of food insecurity and excess weight in vulnerable

populations. As weight and height were self-reported, potential bias due to misreporting should be considered. Nonetheless, these data offer initial insight into the nutritional status of this group and underscore the need for integrated public health approaches.

A final limitation is the potential for misreporting dietary intakes using FFQ due to social desirability bias. Previous research has suggested that women and individuals with lower education levels are more likely to misreport energy intake, often in an effort to align their intake with dietary guidelines, such as the 5-day recommendations for fruits and vegetables (34,35). Further studies should consider the reliability of dietary intake data collection methods appropriate for the population under study and compare this information with other supplemental methods, such as tracking quantities of food purchases and donations (36). Additionally, implementing strategies to minimize bias in dietary reporting, including clear instructions and the use of memory aids, can help alleviate the cognitive burdens and respondent fatigue, ultimately enhancing the reliability of the FFQ (37). Despite these limitations, our study relied upon the best culturally adapted FFQ available, proving to be time-efficient, cost-effective, and valuable for straightforward comparison with national data collected by the National Health Survey (8).

Conclusions

This research highlights the social and nutritional impact of food redistribution and donation to soup kitchens. These initiatives contribute to improving access to fruits and vegetables among food-insecure individuals in the Metropolitan Region of Chile.

Despite these efforts, 7 out of 10 beneficiaries did not meet the 5-a-day fruit and vegetable recommendation, indicating room for improvement. Although the type of donation was not significantly associated with meeting dietary recommendations, sociodemographic factors such as sex,

age, and income were relevant in shaping consumption patterns.

Findings suggest that food redistribution strategies should be complemented by interventions addressing the social determinants of dietary intake, promoting both physical and economic access to healthy and nutritious foods. Additionally, the environmental potential of these initiatives is highlighted through their contribution to reducing food waste and its associated impacts.

Future research should incorporate larger samples and complementary methods to assess dietary intake, thereby strengthening the evidence base and informing public policies that promote healthy and sustainable diets in food-insecure contexts.

Acknowledgments

The authors sincerely thank Carmen Gloria Ortega and José Torrealba from Proyecto Común, Pastoral U.C., for contributing as a link with a Catholic institution and its soup kitchens. The authors also appreciate soup kitchen volunteers' valuable time sharing their knowledge and experience.

Conflict of Interest

The authors declare no competing interests.

References

1. Gustavsson J, Cederberg C, Sonesson U, Otterdijk V, Meybeck A. Global food losses and food waste. Rome; 2011.
2. FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO. The State of Food Security and Nutrition in the World 2022. Rome: FAO; 2022. <https://doi.org/10.4060/cc0639en>
3. Hanson KL, Connor LM. Food insecurity and dietary quality in US adults and children: a systematic review. *Am J Clin Nutr.* 2014;100(2):684–692. <https://doi.org/10.3945/ajcn.114.084525>
4. WHO and FAO. Diet, Nutrition, and the Prevention of Chronic Diseases (Report of a joint WHO and FAO Expert Consultation). WHO Tech Rep Ser. 2003;916.
5. Fulton SL, McKinley MC, Young IS, Cardwell CR, Woodside J V. The Effect of Increasing Fruit and Vegetable Consumption on Overall Diet: A Systematic Review and Meta-analysis. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2016;56(5):802–816. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.727917>
6. Hall JN, Moore S, Harper SB, Lynch JW. Global Variability in Fruit and Vegetable Consumption. *Am J Prev Med.* 2009;36(5):402–409.E5. <http://doi.org/10.1016/j.amepre.2009.01.029>
7. Kalmipourtzidou A, Eilander A, Talsma EF. Global Vegetable Intake and Supply Compared to Recommendations: A Systematic Review. *Nutrients.* 2020;12(6):1558. <https://doi.org/10.3390/nu12061558>
8. MINSAL. Encuesta Nacional de Salud 2016-2017 Primeros resultados [Internet]. Departamento de Epidemiología, División de Planificación Sanitaria, Subsecretaría de Salud Pública. 2017.
9. Fredes C, García F, Pérez MI, Fernández-Verdejo R. Exploring Fruit and Vegetable Waste in Homeless Shelters that Receive Surplus Donation from a Wholesale Market in Chile. *Sustainability.* 2020;12(21):8835. <https://doi.org/10.3390/su12218835>
10. Koh KA, Bharel M, Henderson DC. Nutrition for homeless populations: shelters and soup kitchens as opportunities for intervention. *Public Health Nutr.* 2016;19(7):1312–1314. <https://doi.org/10.1017/S1368980015002682>
11. Tam B, Findlay L, Kohen D. Social Networks as a Coping Strategy for Food Insecurity and Hunger for Young Aboriginal and Canadian Children. *Societies.* 2014;4(3):463–676. <https://doi.org/10.3390/soc4030463>
12. Bento IC, Sobrinho FM, Abreu MNS, Gazzinelli MF, Pereira SCL. Soup kitchen users' social representations of healthy eating associated with their household food security status. *Rev Nutr.* 2016;29(2):229–240. <https://doi.org/10.1590/1678-98652016000200007>
13. FAO. FAOSTAT. Food balances (2010-). 2023. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/FBS>
14. Carreño P, Silva A. Fruit and vegetable expenditure disparities: evidence from Chile. *Br Food J.* 2019;121(6):1203–1219. <https://doi.org/10.1108/BFJ-06-2018-0365>
15. Instituto Nacional de Estadísticas (INE). Censo 2017 - Cuadros Estadísticos. 2017. <https://www.ine.cl/estadisticas/sociales/censos-de-poblacion-y-vivienda/poblacion-y-vivienda>
16. Ministerio de Desarrollo Social y Familia de Chile. Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (Casen) (2022). 2023. https://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/storage/docs/casen/2022/Presentación_Resultados_Casen_2022_v20oct23.pdf#page=35.00
17. Minaker LM, Raine KD, Cash SB. Measuring the Food Service Environment: Development and Implementation of Assessment Tools. *Can J Public Heal.* 2009;100(6):421–426. <https://doi.org/10.1007/BF03404337>
18. Lachat C, Hawwash D, Ocké MC, Berg C, Forsum E, Hörnell A, et al. Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology—Nutritional Epidemiology (STROBE-nut): An Extension of the STROBE Statement. *PLOS Med.* 2016;13(6):e1002036. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002036>

19. Efrati Philip D, Baransi G, Shahar DR, Troen AM. Food-Aid Quality Correlates Positively With Diet Quality of Food Pantry Users in the Leket Israel Food Bank Collaborative. *Front Nutr.* 2018;5: Article123. <https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00123>
20. Giskes K, Avendaño M, Brug J, Kunst AE. A systematic review of studies on socioeconomic inequalities in dietary intakes associated with weight gain and overweight/obesity conducted among European adults. *Obes Rev.* 2009;11(6):413-429. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2009.00658.x>
21. Lewis M, Lee AJ. Dietary inequity? A systematic scoping review of dietary intake in low socio-economic groups compared with high socio-economic groups in Australia. *Public Health Nutr.* 2021;24(3):393-411. <https://doi.org/10.1017/S1368980020003006>
22. Allen L, Williams J, Townsend N, Mikkelsen B, Roberts N, Foster C, et al. Socioeconomic status and non-communicable disease behavioural risk factors in low-income and lower-middle-income countries: a systematic review. *Lancet Glob Heal.* 2017;5(3):E277-E289. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(17\)30058-X](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(17)30058-X)
23. Mayén A-L, Marques-Vidal P, Paccaud F, Bovet P, Stringhini S. Socioeconomic determinants of dietary patterns in low- and middle-income countries: a systematic review. *Am J Clin Nutr.* 2014;100(6):1520-1531. <https://doi.org/10.3945/ajcn.114.089029>
24. Vega-Salas MJ, Caro P, Johnson L, Papadaki A. Socio-economic inequalities in dietary intake in Chile: a systematic review. *Public Health Nutr.* 2022;25(7):1819-1834. <https://doi.org/10.1017/S1368980021002937>
25. Durán-Sandoval D, Durán-Romero G, López AM. Assessing Food Loss and Waste in Chile: Insights for Policy and Sustainable Development Goals. *Resources*, 2024;13(7):91. <https://doi.org/10.3390/resources13070091>
26. Moulton JA, Allan SR, Hewitt CN, Berners-Lee M. Greenhouse gas emissions of food waste disposal options for UK retailers. *Food Policy.* 2018;77:50-58. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2018.04.003>
27. Silva A, Von Hausen N, Magaña-Lemus D. Effect of food insecurity on food purchases at home. *J Public Aff.* 2019;19(3):e1852. <https://doi.org/10.1002/pa.1852>
28. Coyne M. From Production to Destruction to Recovery: Freeganism's Redefinition of Food Value and Circulation. *Iowa J Cult Stud.* 2008;10(1):9-24. <https://doi.org/10.17077/2168-569X.1080>
29. ReFED. A Roadmap to Reduce U.S. Food Waste by 20 Percent. New York City; 2016. https://refed.org/downloads/ReFED_Report_2016.pdf
30. Bazerghi C, McKay FH, Dunn M. The Role of Food Banks in Addressing Food Insecurity: A Systematic Review. *J. Community Health.* 2016;41(4):732-740. <https://doi.org/10.1007/s10900-015-0147-5>
31. Gans KM, Risica PM, Keita AD, Dionne L, Mello J, Stowers KC, et al. Multilevel approaches to increase fruit and vegetable intake in low-income housing communities: final results of the 'Live Well, Viva Bien' cluster-randomized trial. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2018;15(1):80. <https://doi.org/10.1186/s12966-018-0704-2>
32. Mousa TY, Freeland-Graves JH. Food security of food recipients of a food pantry and soup kitchen. *Public Health Nutr.* 2019;22(8):1451-1460. <https://doi.org/10.1017/S1368980018003658>
33. Eppich S, Fernandez CP. Study finds Chapel Hill, NC, soup kitchen serves nutritious meals. *J Am Diet Assoc.* 2004;104(8):1284-1286. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2004.05.208>
34. Maurer J, Taren DL, Teixeira PJ, Thomson CA, Lohman TG, Going SB, et al. The Psychosocial and Behavioral Characteristics Related to Energy Misreporting. *Nutr Rev.* 2006;64(2):53-66. <https://doi.org/10.1301/nr.2006.feb.53-66>
35. Vega-Salas MJ, Curi-Quinto K, Hidalgo-Aréstegui A, Meza-Carbajal K, Lago-Berrocal N, Arias L, et al. Development of an online food frequency questionnaire and estimation of misreporting of energy intake during the COVID-19 pandemic among young adults in Peru. *Front Nutr.* 2022; 9:9493301. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.9493301>
36. Amicarelli V, Bux C. Food waste in Italian households during the Covid-19 pandemic: a self-reporting approach. *Food Secur.* 2021;13(1):25-37. <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01121-z>
37. Willett W. Food Frequency Methods. In: *Nutritional Epidemiology.* Oxford University Press; 2013. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199754038.003.0005>

Recibido: 07/08/2025
Aceptado: 12/09/2025

Evaluación antimicrobiana de quitosano de caparazón de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), encapsulado sobre filetes de merluza *Merluccius gayi* (Guichenot, 1848)

Diego Carrillo Freire^{1,3} , Luis Humberto Vásquez Cortez^{2,3} , Luis Jordan Aguilar Ledesma² , Norwin Bravo³ ,
Mario Efrén Rendon Almeida² , Eduardo Neptali Colina Navarrete² , Luis Humberto Torres Salcedo³ ,
Fausto Freddy Soledispa Lucas⁵ , Sanyí Lorena Rodríguez Cevallos³ .

Resumen: Evaluación antimicrobiana de quitosano de caparazón de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), encapsulado sobre filetes de merluza *Merluccius gayi* (Guichenot, 1848). **Introducción:** El quitosano, biopolímero derivado de la quitina, posee propiedades antimicrobianas, antifúngicas y la capacidad de formar películas biodegradables, lo que lo convierte en un conservante natural prometedor para productos pesqueros. Su encapsulación permite una liberación controlada y mejora su estabilidad. **Objetivo:** Evaluar la eficacia del quitosano extraído de caparazones de *Litopenaeus vannamei*, encapsulado en fosfatidilcolina de soya, aplicado como recubrimiento sobre filetes de merluza (*Merluccius gayi*) almacenados al vacío a temperatura ambiente y a 4 °C. **Materiales y métodos:** El quitosano fue encapsulado mediante gelación iónica y aplicado sobre los filetes como película protectora. Se evaluaron parámetros fisicoquímicos (textura, elasticidad, pH) y microbiológicos. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de CESECCA, determinando la presencia de *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio cholerae* y el conteo total de aerobios y anaerobios, conforme a la norma INEN 183:2013. **Resultados:** Las muestras tratadas presentaron una notable reducción del crecimiento microbiano. No se detectaron *Vibrio parahaemolyticus* ni *Vibrio cholerae* en los filetes recubiertos. Los niveles de aerobios y anaerobios totales se mantuvieron dentro de los límites establecidos. Además, los parámetros fisicoquímicos indicaron una mejor conservación en comparación con los controles, especialmente bajo refrigeración. **Conclusiones:** La encapsulación del quitosano constituye una alternativa sostenible y eficaz frente a conservantes químicos, permitiendo prolongar la vida útil y garantizar la seguridad microbiológica de productos pesqueros sin afectar sus propiedades sensoriales. Esta estrategia responde a la creciente demanda de soluciones naturales, seguras y ecológicas en la industria alimentaria, promoviendo alimentos de alta calidad y menor impacto ambiental. **Arch Latinoam Nutr 2025; 75(4): 254-265.**

Palabras clave: camarón, quitosano, hidrólisis ácida, exoesqueleto.

Abstract: Antimicrobial evaluation of encapsulated chitosan from white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) on fillets *Merluccius gayi* (Guichenot, 1848). **Introduction:** Chitosan, a biopolymer derived from chitin, exhibits antimicrobial and antifungal properties and can form biodegradable films, making it a promising natural preservative for seafood. Its encapsulation enables controlled release and increases stability. **Objective:** To evaluate the effectiveness of chitosan extracted from *Litopenaeus vannamei* shells, encapsulated in soybean phosphatidylcholine, applied as a coating on *Merluccius gayi* fillets stored under vacuum at room temperature and 4 °C. **Materials and methods:** Chitosan was encapsulated by ionic gelation and applied to fish fillets as a protective film. Physicochemical parameters (texture, elasticity, pH) and microbiological indicators were analyzed. Samples were tested at CESECCA laboratory to detect *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio cholerae*, and total aerobic and anaerobic counts, according to INEN 183:2013 standards. **Results:** Treated samples showed a significant reduction in microbial growth. *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio cholerae* were not detected in coated fillets. Aerobic and anaerobic bacteria levels remained within acceptable limits. Physicochemical tests revealed improved preservation compared to controls, particularly under refrigerated conditions, with better pH and texture retention. **Conclusions:** Encapsulated chitosan is a sustainable and effective alternative to conventional preservatives, extending shelf life and enhancing food safety in seafood products without altering sensory properties. This strategy aligns with the increasing demand for natural, eco-friendly preservation methods in the food industry, supporting high-quality production and reduced environmental impact. **Arch Latinoam Nutr 2025; 75(4): 254-265.**

Keywords: shrimp, chitosan, acid hydrolysis, exoskeleton.

Introducción

La quitina es un polisacárido estructural lineal compuesto por unidades repetidas de N-acetil-D-glucosamina unidas mediante enlaces $\beta(1\rightarrow4)$, que se encuentra ampliamente distribuida en la naturaleza, principalmente en los exoesqueletos

¹Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías, Manta, Ecuador. ²Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Babahoyo, Los Ríos. ³Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, ICAI-CONICET. ⁴Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Facultad de Administración, Contables y Comercio. Autor para la correspondencia: Diego Carrillo Freire, e-mail: carrillofreirediego@gmail.com



de crustáceos, insectos, cangrejos y en las paredes celulares de hongos. Después de la celulosa, constituye el segundo biopolímero más abundante a nivel mundial. Entre las fuentes más importantes de quitina destacan los residuos generados por la industria acuícola, especialmente los caparazones de camarón y cangrejo, los cuales representan un desafío ambiental significativo debido a su lenta degradación y acumulación. La valorización de estos desechos mediante procesos de extracción de quitina y su posterior transformación en quitosano se enmarca dentro de los principios de la economía circular, ofreciendo una alternativa sostenible para reducir el impacto ambiental de los residuos marinos.

El quitosano es un biopolímero derivado de la quitina presente en exoesqueletos de crustáceos, ampliamente estudiado por sus propiedades antimicrobianas, capacidad para formar películas biodegradables y su potencial uso en conservación de alimentos, medicina y aplicaciones ambientales (1,3). Su biodegradabilidad, biocompatibilidad y versatilidad tecnológica lo posicionan como un material funcional de gran interés en diferentes industrias (4,5). Además, variables estructurales como el peso molecular y el grado de desacetilación influyen directamente en su solubilidad y actividad biológica, modulando su comportamiento en sistemas alimentarios y biomédicos (6).

La aplicación de recubrimientos a base de quitosano en productos pesqueros ha sido objeto de múltiples investigaciones internacionales, demostrando su eficacia para prolongar la vida útil, inhibir microorganismos patógenos y mantener parámetros sensoriales de calidad. Estudios en filetes de trucha, salmón y tilapia han evidenciado reducciones significativas en los recuentos microbianos y un retraso en el deterioro al aplicar recubrimientos de quitosano, especialmente cuando se combinan con aceites esenciales (7,9). A nivel tecnológico, se han desarrollado películas activas e inteligentes basadas en quitosano que incorporan compuestos antimicrobianos o indicadores de frescura, aportando soluciones innovadoras para el envasado de alimentos (10,11).

Estos enfoques permiten reducir el impacto ambiental y mejorar el rendimiento del biopolímero para diferentes aplicaciones industriales. La revisión enfatiza que los recubrimientos de polisacáridos pueden actuar como barreras contra la pérdida de humedad y la entrada de patógenos, lo que contribuye a la seguridad alimentaria. Además, los autores discuten las propiedades funcionales de diferentes polisacáridos, sugiriendo que su aplicación podría ser clave para reducir el desperdicio de alimentos y promover prácticas más sostenibles en la industria alimentaria (9).

En el presente estudio se evaluará la capacidad del quitosano extraído de residuos de caparazón de *Litopenaeus vannamei*, encapsulado en fosfatidilcolina de soya, para prolongar la vida útil de filetes de merluza (*Merluccius gayi*) almacenados bajo condiciones controladas. Se analizarán propiedades químicas, físicas y microbiológicas, incluyendo textura, elasticidad, pH, carga microbiana y presencia de patógenos relevantes como *Vibrio parahaemolyticus*.

El quitosano presenta aplicaciones específicas y una relevancia actual demostrada en múltiples sectores: en la conservación de alimentos se emplea como recubrimiento y película comestible para frutas, hortalizas y productos cárnicos, mostrando en estudios experimentales y revisiones una prolongación de la vida útil mediante la reducción de la respiración, la pérdida de agua y el crecimiento microbiano (1,5).

El estudio de Carrillo Freire *et al.* (12) demostró que la encapsulación de compuestos bioactivos en matrices de alginato de sodio puede mejorar significativamente su estabilidad frente a factores ambientales como la luz ultravioleta tipo C, así como su biodisponibilidad y propiedades de foto protección. Estos hallazgos refuerzan la aplicabilidad de sistemas de encapsulación para preservar la actividad funcional de agentes antimicrobianos o bioactivos en alimentos y productos biotecnológicos. De manera análoga, el presente trabajo utiliza quitosano encapsulado como material activo, beneficiándose de la protección que ofrece la matriz para mantener su actividad antimicrobiana durante el almacenamiento en filetes de merluza (*Merluccius gayi*), asegurando así un efecto prolongado y controlado frente a la carga microbiana.

En los últimos años, el uso de nanopartículas de quitosano ha ganado atención como una alternativa prometedora para combatir patógenos alimentarios.

Dadas estas características, el quitosano ha sido ampliamente investigado como base para el desarrollo de apósitos antibacterianos destinados al tratamiento de heridas crónicas, como las asociadas a diabetes o enfermedades hepáticas, que representan un reto creciente en el ámbito clínico. Diversos estudios han profundizado en el potencial de los biomateriales basados en quitosano y en las estrategias dirigidas a potenciar sus beneficios mediante la incorporación de compuestos bioactivos. En conjunto, estas evidencias refuerzan la relevancia del quitosano como una alternativa prometedora en el diseño de sistemas avanzados para el cuidado y la cicatrización de heridas (13).

En síntesis, el quitosano representa un biopolímero multifuncional con gran potencial en la conservación de alimentos, la industria biomédica y la protección ambiental. Su obtención a partir de residuos de camarón no solo contribuye a la valorización de subproductos marinos, sino que también responde a la creciente demanda de materiales sostenibles, seguros y eficaces en diversas áreas tecnológicas y científicas.

Los recubrimientos comestibles a base de quitosano se han consolidado como una alternativa eficaz para reducir el deterioro microbiano y prolongar la vida útil de productos pesqueros altamente perecederos. Su naturaleza catiónica favorece la interacción con las membranas celulares de bacterias Gram negativas, generando efectos antimicrobianos directos que retrasan el crecimiento de patógenos y microorganismos alterantes durante el almacenamiento en refrigeración. Además, la capacidad del quitosano para formar películas semipermeables contribuye a disminuir la pérdida de humedad, la oxidación lipídica y el ablandamiento de la textura, factores críticos en la calidad postmortem del camarón. Estudios previos han demostrado que la combinación de quitosano con otros biopolímeros, como la gelatina, mejora aún más la estabilidad fisicoquímica y sensorial del *Litopenaeus vannamei* bajo condiciones refrigeradas, evidenciando reducciones significativas en los recuentos microbianos y en los índices de deterioro durante el almacenamiento prolongado (14).

La interacción electrostática entre el quitosano y las membranas bacterianas contribuye a la inhibición del crecimiento microbiano, lo que se traduce en una mayor estabilidad del producto y una extensión

significativa de su vida útil. Investigaciones recientes han reportado que la aplicación de recubrimientos basados en quitosano mejora de forma notable los parámetros fisicoquímicos y sensoriales del camarón refrigerado, reduciendo el deterioro estructural y la proliferación microbiana durante el almacenamiento prolongado (15).

En investigaciones realizadas con productos reestructurados a base de surimi de *Pangasianodon hypophthalmus*, la aplicación de quitosano mostró reducciones significativas en los recuentos de microorganismos alterantes y una mejora en los parámetros sensoriales y de textura, extendiendo la vida útil durante el almacenamiento en frío (16).

La aplicación de recubrimientos comestibles basados en mezclas de alginato y quitosano ha mostrado un impacto significativo en la preservación de la calidad del camarón durante el almacenamiento en frío demostraron que la incorporación del sobrenadante libre de células de *Streptococcus thermophilus* FUA 329 en esta matriz polimérica potencia la acción antimicrobiana del sistema, reduciendo los recuentos microbianos y retardando el deterioro físico-químico del *Litopenaeus vannamei*. Los autores evidenciaron mejoras notables en parámetros como el pH, la estabilidad del color, el contenido de compuestos volátiles totales y la aceptabilidad sensorial, permitiendo una extensión significativa de la vida útil del producto durante el almacenamiento refrigerado (17).

Materiales y métodos

La quitina fue extraída de los desechos de camarón proporcionados por empresas procesadoras locales, mediante procesos de desproteínización, desmineralización y despigmentación a escala de laboratorio. Posteriormente, la quitina obtenida fue sometida a un proceso de desacetilación para la obtención de quitosano, el cual se encapsuló

y aplicó como recubrimiento sobre filetes de merluza (*Merluccius gayi*).

El estudio se llevó a cabo con el propósito de evaluar la eficacia antimicrobiana del quitosano extraído del caparazón de camarón (*Litopenaeus vannamei*), encapsulado y aplicado sobre filetes de merluza (*Merluccius gayi*), así como determinar el rendimiento de extracción de quitina y quitosano. Para ello, se diseñó un procedimiento experimental que comprendió la extracción, caracterización y aplicación del biopolímero, seguido de análisis microbiológicos y de rendimiento. La investigación se desarrolló en las instalaciones del Centro de Estudios en Seguridad y Calidad Alimentaria (CESSECA), donde se realizaron los análisis microbiológicos correspondientes, garantizando el cumplimiento de protocolos estandarizados para la evaluación de la actividad antimicrobiana. Esta estructura metodológica permitió establecer un enfoque sistemático para relacionar la eficacia del quitosano encapsulado con su potencial de uso como agente conservante en productos pesqueros.

El uso de métodos biológicos como enzimas específicas (chitosanasas, quitosanasas, quitinasas) o microorganismos productores de enzima representa una alternativa más sostenible frente a los tratamientos químicos convencionales para la modificación y depolimerización del quitosano, ya que permite controlar de forma más precisa el tamaño de cadena, obtener oligosacáridos con bioactividades definidas y reducir el uso de reactivos agresivos y subproductos tóxicos (6). Por otro lado, técnicas físicas como la sonicación (ultrasonido) y la irradiación (γ -ray o *electron beam*) se han aplicado para mejorar propiedades específicas: la sonicación facilita la reducción del peso molecular, incrementa la solubilidad y mejora la dispersión de las soluciones, mientras que la irradiación permite una ruptura controlada de cadenas que potencia la bioactividad, la capacidad antioxidante y la funcionalidad antimicrobiana en determinados rangos de dosis. El uso de recubrimientos de quitosano de alto peso molecular ha

demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar la calidad y la vida útil de los filetes de bagre refrigerados. Los resultados sugieren que el quitosano puede ser una alternativa viable a los conservantes químicos tradicionales, ofreciendo beneficios tanto para la calidad del producto como para la salud del consumidor (7,8).

El quitosano presenta aplicaciones concretas y evidencia comprobada en múltiples sectores: en conservación de alimentos, recubrimientos y películas comestibles aplicados a frutas (manzana, fresa, mango), hortalizas y productos cárnicos han mostrado reducción de la respiración, menor pérdida de peso y descenso de recuentos microbianos, lo que se traduce en una prolongación significativa de la vida útil frente a controles sin tratamiento (10). Los resultados sugieren que estos materiales biodegradables podrían desempeñar un papel crucial en la mejora de la vida útil de los productos alimenticios y en la promoción de un futuro más sostenible.

Desproteínización

La desproteínización se realizó para eliminar proteínas presentes en el caparazón, como se observa en la (Figura 1). Diagrama de flujo de pretratamiento de materia prima, se colocaron 100 g de caparazón seco en un vaso de precipitación de 2 L y se adicionó una disolución de NaOH al 3,5% p/p en una relación 1:10 (p/v). La mezcla se calentó a 65 °C durante 60 min, bajo agitación constante a 250 rpm. Posteriormente, se filtró y lavó con abundante agua destilada hasta alcanzar un pH neutro (~7).

Desmineralización

El material desproteínizado fue tratado con HCl 1 M, en una relación 1:15 (p/v), a temperatura ambiente con agitación a 280 rpm durante 30 min. La reacción disuelve los carbonatos liberando CO₂. Luego se filtró y lavó hasta neutralidad.

Despigmentación

Para eliminar pigmentos residuales, la pasta resultante se trató con NaClO al 0,3% p/p, en una relación 1:20 (p/v), durante 20 min a temperatura ambiente. Se lavó con agua destilada, se filtró y se secó en estufa a 60 °C durante 5 h. Esta secuencia permitió obtener quitina con bajo contenido proteico y mineral.

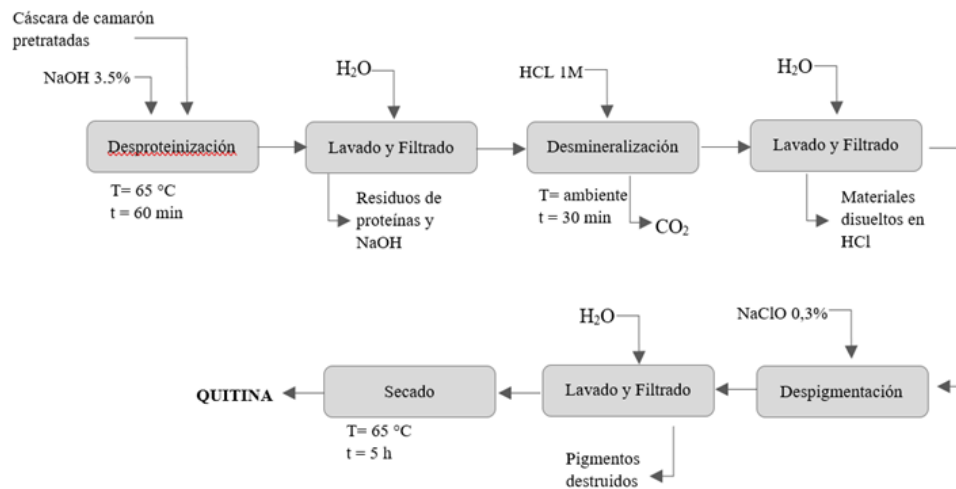


Figura 1. Diagrama de flujo de pretratamiento de materia prima

Obtención de Quitosano (N-desacetilación)

La obtención de quitosano a partir de la quitina se realizó mediante desacetilación alcalina. La quitina seca se trató con una solución de NaOH al 50% p/p en una relación 1:15 (p/v), bajo agitación constante. La mezcla se mantuvo a 100 °C durante 2 h, promoviendo la N-desacetilación de los grupos acetilo. Una vez finalizado el proceso, el material se lavó repetidamente con agua destilada hasta alcanzar un pH neutro y se secó a 60 °C hasta peso constante. El producto final corresponde a quitosano parcialmente desacetilado, apto para aplicaciones alimentarias y encapsulación.

Preparación de la Solución de Quitosano y Encapsulación

Hidrólisis ácida

La quitina extraída del caparazón de *Litopenaeus vannamei* fue sometida a un proceso de desacetilación alcalina para obtener quitosano, el cual constituyó el material activo a encapsular. El quitosano se obtuvo exclusivamente mediante desacetilación alcalina. Sin embargo, en la metodología experimental aquí presentada, el quitosano se obtuvo exclusivamente mediante el proceso de N-desacetilación alcalina, y este quitosano fue el material encapsulado y aplicado como recubrimiento en filetes de merluza.

Preparación de la solución de quitosano

Para la encapsulación, se preparó una solución acuosa de quitosano al 1% (p/v) disolviendo el biopolímero

en ácido acético glacial al 1% (v/v), bajo agitación magnética constante durante 12 h a temperatura ambiente hasta lograr una solución completamente homogénea y transparente. La solución se filtró para eliminar impurezas no disueltas y se mantuvo en agitación suave hasta su uso.

Encapsulación por gelificación iónica

La solución de quitosano fue encapsulada utilizando la técnica de gelificación iónica con alginato de sodio. Se preparó previamente una solución de alginato de sodio al 1% (p/v) en agua destilada, agitada hasta homogeneización completa. Posteriormente, la solución de quitosano se incorporó a la matriz de alginato y se homogenizó durante 10 min para asegurar una distribución uniforme.

La mezcla obtenida se introdujo gota a gota en una solución de cloruro de calcio (CaCl_2) 0,1 M, mediante un sistema de goteo controlado. Se utilizó una jeringa manual acoplada a una aguja de acero inoxidable de 0,6 mm de diámetro interno, lo cual permitió obtener microcápsulas esféricas con tamaño homogéneo. Las gotas formadas se mantuvieron en la solución de CaCl_2 durante 30 min para completar la reticulación. Finalmente, las microcápsulas se lavaron con agua destilada para eliminar iones libres de calcio y se conservaron en refrigeración hasta su aplicación.

La formación de microcápsulas se llevó a cabo mediante un sistema de goteo controlado, en el que la solución de quitosano se extruyó gota a gota sobre una solución de gelificación, generando microcápsulas por gelificación iónica. Para asegurar la uniformidad del tamaño, se utilizó una jeringa con aguja de acero inoxidable de 0,6 mm de diámetro, controlando el flujo mediante una bomba peristáltica (o en su defecto, manualmente de forma homogénea). Las microcápsulas obtenidas se dejaron curar durante un tiempo determinado para estabilizar su estructura antes de ser recolectadas, lavadas y aplicadas sobre los filetes de merluza.

Diseño experimental y tratamientos

Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos y tres repeticiones por tratamiento. Cada repetición correspondió a un lote independiente de filetes de merluza tratados bajo condiciones idénticas.

Los tratamientos evaluados fueron: con el objetivo de analizar el efecto de recubrimientos a base de quitosano y quitosano encapsulado sobre su conservación microbiológica. El tratamiento T1 correspondió al control negativo, compuesto por filetes sin ningún tipo de recubrimiento. T2 consistió en la aplicación de una solución de quitosano sin encapsular al 0,5 % (p/v), mientras que T3 empleó una solución de quitosano sin encapsular al 1 % (p/v). Finalmente, T4 incluyó la aplicación de un recubrimiento elaborado con microcápsulas de quitosano al 1 % (p/v), obtenidas mediante la técnica de gelificación iónica. Esta distribución experimental permitió comparar el efecto de diferentes concentraciones de quitosano libre y de su forma encapsulada sobre la estabilidad microbiológica y sensorial de los filetes durante el almacenamiento.

Preparación de los filetes de merluza

Los filetes de *Merluccius gayi* se adquirieron frescos de un centro de procesamiento autorizado. Los filetes de merluza (*Merluccius gayi*) utilizados fueron adquiridos en un centro de distribución autorizado, seleccionándose piezas frescas de tamaño y peso estandarizados (100 ± 5 g; $15 \times 6 \times$

$1,5$ cm) para minimizar la variabilidad experimental. Previamente a la aplicación de tratamientos, los filetes fueron limpiados con agua destilada estéril, escurridos en bandejas de acero inoxidable desinfectadas y secados con papel absorbente estéril, realizando todas las manipulaciones en una cabina de flujo laminar para evitar contaminaciones cruzadas. Se establecieron tres grupos experimentales: (i) control negativo, filetes sin tratamiento, utilizados para observar la evolución natural de la microbiota durante el almacenamiento; (ii) control positivo (opcional), filetes tratados con un conservante comercial aprobado, con el fin de comparar la eficacia frente a un método convencional; y (iii) tratamiento con quitosano encapsulado, filetes sumergidos durante 2 min en la suspensión de microcápsulas de quitosano, asegurando un recubrimiento homogéneo. Posteriormente, todos los filetes fueron almacenados a 4 ± 1 °C y se tomaron muestras en intervalos definidos para análisis microbiológicos y fisicoquímicos.

Aplicación de los tratamientos

La aplicación del quitosano encapsulado a los filetes de merluza (*Merluccius gayi*) se realizó mediante inmersión directa en la suspensión de microcápsulas, previamente homogeneizada para garantizar una distribución uniforme de las partículas. La solución contenía 1,5 % (p/v) de quitosano disuelto en ácido acético al 1 % (v/v) antes del proceso de encapsulación, concentración seleccionada en función de su eficacia antimicrobiana reportada en estudios previos. Cada filete fue sumergido completamente durante 2 minutos, asegurando el contacto total de la superficie con la suspensión, y posteriormente se dejó escurrir sobre bandejas estériles para eliminar el exceso de recubrimiento. Una vez tratados, los filetes se envasaron individualmente en bolsas de polietileno de baja densidad previamente esterilizadas, sin atmósfera modificada, y se almacenaron en refrigeración a 4 ± 1 °C. Estas condiciones simulaban el almacenamiento comercial en cadena de frío y permitieron evaluar la eficacia antimicrobiana del tratamiento a lo largo del tiempo.

Condiciones de Almacenamiento

Tras la aplicación de los tratamientos, todos los filetes se envasaron al vacío y se almacenaron a 4 ± 1 °C y 25 ± 2 °C para evaluar la efectividad de los recubrimientos en condiciones de refrigeración y temperatura ambiente. Los análisis microbiológicos y fisicoquímicos se realizaron en intervalos regulares (0, 3, 5, 7 y 10 días).

Análisis de rendimiento y evaluaciones

Los rendimientos de extracción se calcularon para cada etapa (quitina y quitosano) y se analizaron mediante ANOVA de una vía, considerando los tratamientos (T1-T4) como factor principal. Las variables microbiológicas (recuento total de aerobios, anaerobios, presencia de *Vibrio* spp.) y fisicoquímicas (pH, textura, elasticidad) también se evaluaron estadísticamente, aplicando la prueba de ANOVA para comparaciones múltiples con un nivel de significancia de $p < 0,05$. Se probaron variaciones sistemáticas del tratamiento con quitosano encapsulado para evaluar efectos dependientes de la concentración, el tamaño de las microcápsulas y el método de aplicación. Con respecto a la concentración de quitosano, se evaluaron al menos cuatro niveles representativos (0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % p/v en la solución previa a encapsular) para identificar la relación dosis-respuesta sobre recuentos microbianos y propiedades sensoriales; el 0 % corresponde al control negativo (sin quitosano) y 1,5 % se incluyó como referencia por hallazgos previos. Para el tamaño de las microcápsulas se diseñaron tres rangos (microcápsulas finas ≈ 100 – $300 \mu\text{m}$; intermedias ≈ 300 – $600 \mu\text{m}$; y gruesas ≈ 600 – $1000 \mu\text{m}$), controlando el diámetro mediante la selección de aguja (ej. 0,4–0,8 mm) y la velocidad de extrusión o parámetros de sonicación/atomización en el proceso de formación; además se documentó la distribución de tamaños por microscopía óptica/imagen. En cuanto a métodos de aplicación, se compararon inmersión (2 min), pulverización (spray a presión regulada para 3–5 disparos por cara), y recubrimiento por pincelado/espátula, manteniendo tiempos de secado/escurrido estandarizados; se incluyó también una prueba de incorporación de microcápsulas en film comestible aplicado sobre el filete como alternativa de envasado activo. Cada combinación (concentración \times tamaño \times método) se probó en triplicado técnico y con réplicas biológicas suficientes para análisis estadístico.

Hidrólisis ácida de la quitina y proceso de encapsulación

La encapsulación mediante gelificación iónica con alginato de sodio y cloruro de calcio es una técnica ampliamente utilizada para la protección y liberación controlada de compuestos bioactivos. A continuación, se describe el procedimiento empleado para la obtención de estructuras encapsuladas.

Preparación de la solución de alginato de sodio

Se disuelve alginato de sodio en agua destilada bajo

agitación constante hasta obtener una solución homogénea. La concentración de alginato puede variar entre 0.5% y 2% (p/v), dependiendo de las propiedades deseadas en la microcápsula.

Incorporación del material a encapsular

El compuesto bioactivo, como aceite esencial o un agente antimicrobiano, se incorpora a la solución de alginato. Se homogeniza la mezcla para garantizar una distribución uniforme del material en la matriz polimérica.

Formación de microcápsulas mediante gelificación iónica

La solución de alginato con el material encapsulado se introduce gota a gota en una solución de cloruro de calcio (CaCl_2) mediante un sistema de goteo controlado, como una jeringa o un atomizador. La interacción entre los iones calcio y los grupos carboxilato del alginato induce la formación instantánea de una matriz gelificada.

Estabilización y recolección de las microcápsulas

Las partículas formadas permanecen en la solución de CaCl_2 durante un tiempo determinado para completar la reticulación. Posteriormente, se filtran y lavan con agua destilada para eliminar restos de cloruro de calcio libre.

Caracterización de las microcápsulas

Se utilizan técnicas de microscopía para observar la forma, estructura y apariencia de las microcápsulas. La referencia a una fotografía sugiere el uso de microscopía óptica o electrónica (SEM o TEM).

Análisis de rendimiento

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{g de materia obtenida}}{\text{g de materia empleada}} \times 100$$

Para el análisis estadístico se utilizó el programa Minitab, a través del cual se comprobó el rendimiento según los protocolos evaluados

tienen influencia significativa en la cantidad de quitosano obtenida, se realizaron pruebas de ANOVA a los ensayos de extracción.

Métodos de evaluación antimicrobiana y de calidad de los filetes

Análisis Microbiológico

Para cumplir con el objetivo de evaluar la eficacia antimicrobiana del tratamiento con quitosano encapsulado y asegurar la comparabilidad con parámetros regulatorios, se aplicaron los procedimientos establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 183:2013 para productos pesqueros refrigerados. Se realizaron análisis microbiológicos periódicos a los filetes de merluza (*Merluccius gayi*) tratados y controles en días 0, 3, 6, 9 y 12 de almacenamiento a 4 ± 1 °C. Las determinaciones incluyeron: recuento total de microorganismos mesófilos aerobios mediante siembra en *Plate Count Agar* (PCA) e incubación a 35 °C por 48 h; recuento de Enterobacteriaceae en *Violet Red Bile Glucose Agar* (VRBG) a 37 °C por 24 h; detección y cuantificación de *Listeria* spp. en Agar Oxford, con enriquecimiento selectivo previo, y recuento de *Vibrio* spp. en TCBS Agar incubado a 35 °C por 24 h.

Las muestras se tomaron de zonas internas y externas de cada filete, utilizando hisopos y porciones estandarizadas de 25 g, que fueron homogeneizadas en agua peptonada estéril al 0,1 % en una proporción 1:10 antes de la siembra. Los resultados se expresaron en log UFC/g y se compararon con los límites microbiológicos establecidos por la normativa INEN 183:2013 para determinar el cumplimiento de los estándares de inocuidad durante el periodo de almacenamiento. Además, se calcularon reducciones logarítmicas respecto al control negativo, y se analizaron estadísticamente las diferencias entre tratamientos mediante ANOVA y pruebas *post hoc* ($p < 0,05$) para establecer la significancia de la actividad antimicrobiana del quitosano encapsulado.

Evaluaciones fisicoquímicas

Se determinaron los siguientes parámetros de calidad en cada tiempo de almacenamiento:

- pH: Se midió directamente en el músculo del filete utilizando un potenciómetro digital (Hanna®) calibrado con soluciones tampón pH 4,0 y 7,0.
- Textura: Se evaluó con un texturómetro TA-XT2i (Stable Micro Systems®), empleando un test de compresión simple con una sonda cilíndrica de 5 mm, midiendo la fuerza máxima (N) requerida para penetrar el filete a velocidad constante.
- Elasticidad: Se midió mediante el método de rebote de compresión, expresándose en porcentaje.

Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos de rendimiento de extracción de quitina y quitosano, recuentos microbiológicos, pH, textura y elasticidad se analizaron mediante ANOVA de una vía, considerando como factor el tratamiento aplicado (control, quitosano 0,5 %, quitosano 1 %, quitosano encapsulado). Cuando se detectaron diferencias significativas, se aplicó la prueba de Tukey para comparaciones múltiples entre medias. Todas las pruebas estadísticas se realizaron utilizando el software Minitab® 19 (Minitab LLC, EE. UU.), con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

Resultados

Rendimiento de extracción de quitina y quitosano

Los valores de rendimiento de extracción de quitina y quitosano a partir de caparazones de *Litopenaeus vannamei* se presentan en la Tabla 1. El rendimiento promedio de quitina fue de $21,3 \pm 1,2$ %, como se muestra en la Tabla 2, mientras que el rendimiento de quitosano obtenido por desacetilación alcalina alcanzó $15,8 \pm 0,9$ % con respecto al peso seco del caparazón. Los análisis de varianza (ANOVA) mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las etapas de extracción, siendo la desproteínización la que generó la mayor reducción de masa, seguida por la desmineralización. No se encontraron diferencias significativas en el rendimiento de desacetilación entre réplicas, lo que indica consistencia en el proceso de obtención. Estos valores son comparables con los reportados por otros autores que han utilizado residuos de camarón como materia prima para la obtención de quitosano, cuyos rendimientos oscilan entre 14 y 22 % dependiendo de la especie, el tamaño de partícula y las condiciones del proceso

Tabla 1. Resumen de los rendimientos de cada proceso

Proceso	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Rendimiento (%)
Desproteínización	100	136,09	136,09
Desmineralización	136,09	71,31	52,40
Decoloración con Hipoclorito de Sodio	71,31	51,33	71,98
Conversión de Quitina a Quitosano	39	37	94,87

Tabla 2. Análisis estadístico de rendimiento de extracción

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	26,81	26,81	0,01	0,917
Peso Inicial (g)	1	26,81	26,81	0,01	0,917
Error	2	3871,44	1935,72		
Total	3	3898,25			

Coeficientes					
Término	Coef	EE del			
Coef.	Valor T	Valor p	FIV		
Constante	90,7	57,6	1,58	0,256	
Peso Inicial (g)	-0,072	0,614	-0,12	0,917	1,00

Ecuación de regresión
Rendimiento (%) = 90,7 - 0,072 Peso Inicial (g)

(1–3). Esto confirma la viabilidad técnica de utilizar subproductos acuícolas como fuente alternativa de biopolímeros.

Evaluación Antimicrobiana y de calidad durante el Almacenamiento

El recuento total de aerobios mesófilos en los filetes tratados aumentó progresivamente durante el almacenamiento, aunque con tasas de crecimiento significativamente menores ($p < 0,05$) en los tratamientos con quitosano encapsulado (T4) en comparación con el control (T1) y quitosano sin encapsular (T2 y T3). Después de 10 días de almacenamiento a 4 °C, los filetes control alcanzaron valores de $7,2 \log^{10}$ UFC/g, superando el límite aceptable de la norma INEN 183:2013, mientras que los filetes tratados con quitosano encapsulado se mantuvieron por debajo de $5,0 \log^{10}$ UFC/g como se muestra en la tabla 3. En cuanto a los recuentos anaerobios y la presencia de *Vibrio* spp., solo se detectaron colonias en los grupos control y quitosano sin encapsular al final del almacenamiento, no así en el tratamiento encapsulado, evidenciando un efecto inhibitorio sostenido. El análisis de varianza (ANOVA) de regresión lineal simple mostró que no existe una relación significativa entre el peso inicial de los caparzones y el rendimiento de extracción de quitosano ($p > 0,05$). El modelo no fue significativo ($F = 0,01$; $p = 0,917$), y explicó una proporción mínima de la variabilidad total (SC regresión = 26,81 frente a SC total = 3898,25). El coeficiente de regresión estimado fue $-0,072 \pm 0,614$, lo que indica una pendiente prácticamente nula. En consecuencia, el peso inicial de la muestra no tuvo un efecto estadísticamente

Tabla 3. Resultados del análisis microbiológico y químico del lote evaluado

Ensayo	Lote	Unidades	Resultados	Incertidumbre U (K=2)	Norma (mínimo-máximo)	Método de análisis
Coliformes totales	-	UFC/g	$4,6 \times 10^7$	-	-	PEE/CESECCAM/M/10. Método de referencia AOAC, Ed. 22, 2023. 991.14
Aerobios totales	-	UFC/g	$6,3 \times 10^7$	-	-	PEE/CESECCAM/M/19. Método de referencia. FDA/CFSAN/BAM CAP 3, 2006
<i>Vibrio Cholerae</i>	19/06/2024 MQ	-	No detectado/25g	-	-	PEE/CESECCAM/M/07. Método de referencia. BAM CAP 09 FDA
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	-	-	No detectado/25g	-	-	PEE/CESECCAM/M/08. Método de referencia. BAM CAP 09 FDA
Histamina	-	mg/100g	<1	-	-	PEE/CESECCAM/ACR/08. Método de referencia AOAC, Ed.22, 2022, 977.13

significativo sobre el rendimiento de extracción, lo que sugiere que el proceso fue consistente independientemente de las variaciones en el peso de materia prima utilizada.

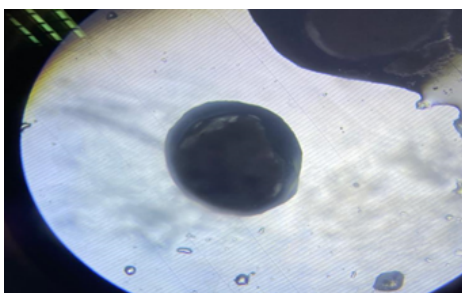
Cambios en pH, textura y elasticidad

El pH de los filetes control aumentó significativamente a partir del día 5, alcanzando valores de $7,1 \pm 0,2$ al día 10,

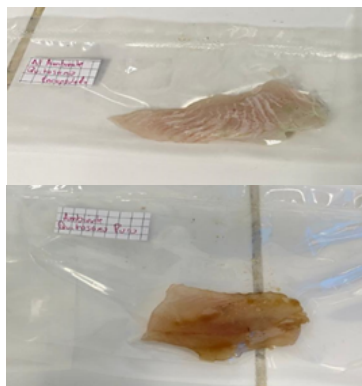
Métodos microbiológico y químico de muestras empacadas y selladas al vacío



Fotografía 1: La estructura encapsulada se observa homogénea y brillante.



Fotografía 2: La microfotografía a 1000X muestra una partícula encapsulada



Fotografía 3: Filetes de merluza empacadas y selladas

en comparación con los tratamientos con quitosano encapsulado que se mantuvieron en valores cercanos a $6,4 \pm 0,1$ ($p < 0,05$). La textura (fuerza de compresión) mostró una disminución progresiva en todos los tratamientos, aunque la pérdida fue significativamente menor en los filetes tratados con quitosano encapsulado. La elasticidad siguió un patrón similar.

Discusión

Los rendimientos de extracción de quitina y quitosano obtenidos a partir de caparazones de *Litopenaeus vannamei* se encuentran dentro del rango esperado para este tipo de materia prima. El rendimiento promedio de quitina fue de $21,3 \pm 1,2$ %, mientras que el de quitosano alcanzó $15,8 \pm 0,9$ % respecto al peso seco del caparazón. Estos valores se alinean con los reportados en la literatura para procesos similares, en los que se han obtenido rendimientos de quitosano entre 14 % y 22 % dependiendo de la especie, el tamaño de partícula y las condiciones operativas empleadas (1-3). De acuerdo con Aranaz *et al.* (1), la etapa de desproteínización es determinante para la eficiencia global, ya que permite eliminar la mayor parte de proteínas y lípidos asociados a la matriz quitinosa, facilitando su posterior desmineralización y desacetilación. En este estudio, el análisis de varianza (ANOVA) confirmó que la desproteínización produjo la mayor reducción de masa, seguida por la desmineralización, en concordancia con lo descrito por Leceta *et al.* (3), quienes observaron un patrón similar en crustáceos marinos. Asimismo, no se encontraron diferencias significativas entre réplicas en el rendimiento de desacetilación, lo que evidencia la reproducibilidad del proceso a escala de laboratorio. Esto es consistente con Yan *et al.* (2), quienes señalaron que, bajo condiciones controladas de concentración alcalina y temperatura, la variabilidad entre lotes tiende a ser baja. En conjunto, estos resultados confirman la viabilidad técnica de aprovechar subproductos de camarón como fuente alternativa y sostenible de biopolímeros funcionales. Otro aspecto relevante es la potencial aplicación de los biopolímeros obtenidos en la conservación de productos pesqueros. Estudios previos han demostrado que los recubrimientos de quitosano reducen la carga microbiana y prolongan la vida útil de filetes de pescado almacenados en refrigeración (7,8). Considerando estos antecedentes, los valores de rendimiento obtenidos y la calidad del quitosano extraído confirman su viabilidad como insumo para el desarrollo de recubrimientos

o nanopartículas aplicadas a productos marinos, tal como proponen Liu *et al.* (9,10). En conjunto, los resultados del presente estudio reafirman el potencial de los subproductos de camarón como fuente sostenible de biopolímeros funcionales, en concordancia con los planteamientos de Younes y Rinaudo (4), quienes resaltan la relevancia ambiental y económica del aprovechamiento de residuos pesqueros. Asimismo, la evidencia obtenida es coherente con evaluaciones previas de encapsulación y aplicaciones antimicrobianas de extractos naturales realizadas por Carrillo Freire *et al.* (12).

En este contexto, los polímeros biodegradables han surgido como una opción prometedora para sustituir a los materiales derivados de combustibles fósiles. Entre ellos, los sistemas de envasado basados en quitosano han ganado especial relevancia debido a su biodegradabilidad, ausencia de toxicidad y destacadas propiedades antimicrobianas. Este biopolímero, derivado de la quitina y considerado el segundo más abundante en la naturaleza después de la celulosa, puede emplearse como material activo en envases, ya sea de forma individual, en combinación con otros polímeros o incorporando partículas metálicas con actividad antimicrobiana. En particular, los bionanocompuestos de quitosano con metales o óxidos metálicos han despertado un interés creciente como materiales de envasado funcionales, gracias a mecanismos de acción asociados tanto a interacciones físicas directas como a procesos químicos, incluyendo la generación de especies reactivas de oxígeno y la liberación de cationes metálicos (13). Los resultados obtenidos en este estudio evidencian que la aplicación de recubrimientos comestibles a base de quitosano enriquecidos con compuestos bioactivos generó mejoras significativas en los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos evaluados, quienes demostraron que las películas y recubrimientos de quitosano son capaces de reducir de manera efectiva el crecimiento microbiano y la oxidación lipídica en productos alimenticios (18). El uso de nanoquitosano no solo actúa como barrera física, sino que también potencia las propiedades antimicrobianas y antioxidantes del recubrimiento, prolongando de forma eficaz la vida útil de los productos pesqueros altamente perecederos. La evidencia respalda la aplicación de tecnologías de nanoencapsulación para mejorar la estabilidad y seguridad de los alimentos de origen acuático (19). Dado que el quitosano y el alginato no forman soluciones homogéneas, su naturaleza electrostática los hace adecuados para la formación de recubrimientos multicapa. Los autores

demostraron que la aplicación del sistema LbL enriquecido con fucoidano mejoró de manera significativa la calidad fisicoquímica y microbiológica del pescado, extendiendo su vida útil de 6 a 16 días (20).

Esta comparación sugiere que el enfoque de combinaciones funcionales en recubrimientos comestibles puede potenciar la actividad antimicrobiana y antioxidante de manera más eficiente que los recubrimientos monocomponentes, lo que representa una estrategia prometedora para extender la vida útil de productos pesqueros altamente perecederos.

Conclusiones

Bajo condiciones de almacenamiento a temperatura ambiente (25 ± 2 °C), los recuentos microbianos en el control alcanzaron valores del orden de 10^7 UFC/g en el día 5, evidenciando un deterioro acelerado, mientras que a 4 °C se mantuvieron alrededor de 10^4 UFC/g al día 10. Los tratamientos con quitosano encapsulado presentaron cargas significativamente menores (10^2 – 10^3 UFC/g), demostrando su eficacia en ambas condiciones.

Cuando se detectaron diferencias significativas en el ANOVA, se aplicó la prueba *post hoc* de Tukey para realizar comparaciones múltiples entre grupos. Todas las pruebas estadísticas se realizaron con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ calidad de los filetes durante el almacenamiento refrigerado.

Agradecimientos

Agradecemos profundamente a la y a la Universidad Eloy Alfaro de Manabí y a la Universidad Nacional de Cuyo (Argentina) por su valioso apoyo y colaboración en el desarrollo del proyecto de investigación titulado "Desarrollo de formulaciones para la preservación de alimentos", que se desarrolla en la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías de la Universidad Eloy Alfaro de Manabí (Ecuador), por brindarnos los recursos

y el entorno adecuado para llevar a cabo esta investigación, así como a los docentes y estudiantes que contribuyeron activamente en las distintas etapas del proyecto. Sin su apoyo y dedicación, este proyecto no hubiera sido posible.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de interés en relación con el presente estudio.

Referencias

1. Aranaz I, Acosta N, Heras A. Chitosan: An overview of its properties and applications. *Polymers*. 2021; 13(19): 3256. <https://doi.org/10.3390/polym13193256>
2. Yan D, Li Y, Liu Y, Li N, Zhang X, Yan C. Antimicrobial Properties of Chitosan and Chitosan Derivatives in the Treatment of Enteric Infections. *Molecules*. 2021; 26(23):7136. <https://doi.org/10.3390/molecules26237136>
3. Leceta I, Guerrero P, de la Caba K. Functional properties of chitosan-based films. *Carbohydrate Polymers*. 2013;93(1):339-346. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.04.031>
4. Younes I, Rinaudo M. Chitin and Chitosan Preparation from Marine Sources. Structure, Properties and Applications. *Mar Drugs*. 2015; 13(3):1133-1174. <https://doi.org/10.3390/md13031133>
5. Pal P, Pal A, Nakashima K, Yadav BK. Applications of chitosan in environmental remediation: A review. *Chemosphere*. 2021; 266:128934. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128934>
6. Carrera C, Bengoechea C, Carrillo F, Calero N. Effect of deacetylation degree and molecular weight on surface properties of chitosan obtained from biowastes. *Food Hydrocolloids*. 2023; 137:108383. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108383>
7. Ojagh S, Rezaei M, Razavi S, Hashem S. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry*. 2010; 120(1):193-198. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108383>
8. Karsli B, Caglak E, Prinyawiwatkul W. Effect of high molecular weight chitosan coating on quality and shelf life of refrigerated channel catfish fillets. *LWT*. 2021; 142:111034. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111034>
9. Liu X, Liao W, Xia W. Recent advances in chitosan based bioactive materials for food preservation. *Food Hydrocolloids*. 2023; 140:108612. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108612>
10. Liu X, Chen Y, Xu F, Yong H, Chen D, Tang C, Kan J, Liu J. Recent advances in chitosan-based active and intelligent packaging films incorporated with flavonoids. *Food Chemistry*. 2025; 25:102200. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.102200>
11. Babaei A, Acharya B, Korber D. Antimicrobial Biodegradable Food Packaging Based on Chitosan and Metal/Metal-Oxide Bio-Nanocomposites: A Review. *Polymers*. 2021; 13(16):2790. <https://doi.org/10.3390/polym13162790>
12. Carrillo D, Clavijo C, Reyes S, Vásquez L. Encapsulation of neem oil and natamycin in a sodium alginate matrix: assessing the impact of ultraviolet-c light on stability, bioavailability, and photoprotection. *Journal of Science and Research*. 2024; 9(1):1-12. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14802911>
13. Rajinikanth B, Rajkumar D, Keerthika K, Vijayaragavan V. Chitosan-Based Biomaterial in Wound Healing: A Review. *Cureus*. 2024; 16(2):e55193. <https://doi.org/10.7759/cureus.55193>
14. Chicea D, Maranciu A. A Review of Chitosan-Based Materials for Biomedical, Food, and Water Treatment Applications. 2024; 17(23): 5770 <https://doi.org/10.3390/ma17235770>
15. Friedman M, Juneja V. Review of antimicrobial and antioxidative activities of chitosans in Food. 2010; 73(9): 1737-1761. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-73.9.1737>
16. Jeyakumari A, Ninan G, Joshy CG, Parvathy U, Zynudheen AA, Lalitha KV. Effect of chitosan on shelf life of reconstructed fish products from pangasius (*pangasianodon hypophthalmus*) surimi during chilled storage. *J Food Sci Technol* 2016; 53(4):2099-107. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2174-3>
17. Zhao S, Bian Y, Zhang G, Yang G, Hou X, Gui J, Mu S, Liu S, Fang Y. Shelf-life extension of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) using sodium alginate/chitosan incorporated with cell-free supernatant of *Streptococcus thermophilus* FUA 329 during cold storage. *Journal of Food Science*. 2024; 89(4):1976-1987. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16969>
18. Valdez A, Espinoza J, Sandoval F, Balagurusamy N, Hernandez-R, De-la-Garza-R, Contreras, J. Screening of industrial enzymes for deproteinization of shrimp head for chitin recovery. *Food Sci Biotechnol*. 2010; 19: 553-557. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10068-010-0077-z#citeas>
19. Florez M, Guerra E, Cazón P, Vázquez N. Chitosan for food packaging: Recent advances in active and intelligent films. *Food Hydrocolloids*. 2022; 124:107328. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107328>
20. Fatemeh S, Mahmood S, Taghi N. Bilayer coatings for extension of the shelf life of fish fillets: Incorporating seaweed sulfated polysaccharides in chitosan-alginate LbL structures. *Food Science y Nutrition*. 2024; 12:2511-2522. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3934>

Recibido: 14/04/2025
Aceptado: 13/10/2025

Valoración nutricional en adultos de la comunidad indígena Zumbahua, Ecuador

Gina Guapi-Alava¹ , Alicia Moreno-Ortega^{2,3} , Vicente Guerrón Troya¹ , Rafael Moreno-Rojas^{2,3} .

Resumen: Valoración nutricional en adultos de la comunidad indígena Zumbahua, Ecuador.

Introducción: La evaluación del estado nutricional de la población de Zumbahua, Ecuador, es crucial para entender sus hábitos alimenticios y salud. **Objetivo:** Evaluar el estado nutricional de la población de Zumbahua, Ecuador, utilizando un recordatorio de 24 horas y un cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos, adaptados a la cultura local. **Materiales y métodos:** este estudio se realizó en tres fases entre 2019 y 2021 en 20 comunidades de Zumbahua, Ecuador, utilizando recordatorios de 24 horas y cuestionarios de frecuencia de consumo (FFQ) para evaluar la ingesta nutricional de la población. La recolección de datos fue realizada por encuestadores locales a través de entrevistas personales en los hogares, y los datos se analizaron utilizando modelo lineal general multivariado. Los resultados se estandarizaron como porcentajes de la ingesta diaria recomendada (% IDR) para los diferentes grupos de edad y sexo. **Resultados:** se observaron altos consumo de sodio y hierro, mientras que nutrientes como, vitamina B6, ácido ascórbico, vitamina E, potasio, fibra, calcio, magnesio y manganeso mostraron déficits significativos. El factor sexo tuvo un impacto relevante en la ingesta de varios nutrientes, presentando ingestas porcentualmente más elevadas en mujeres, salvo especialmente el hierro y en menor medida calcio, fósforo y potasio. También los más jóvenes presentan ingestas relativamente más altas, mientras que la geografía influyó menos. **Conclusiones:** este estudio revela, que se necesitan políticas nutricionales específicas y se sugiere la combinación de un recordatorio de 24 h junto a la encuesta de frecuencia de consumo para estudios futuros en poblaciones de difícil acceso. **Arch Latinoam Nutr 2025; 75(4): 266-278.**

Palabras clave: Nutrición, ingesta dietética, comunidades indígenas, recordatorio de 24h, frecuencia de consumo.

Abstract: Nutritional assessment of adult from the Zumbahua indigenous community in Ecuador.

Introduction: Assessing the nutritional status of the population of Zumbahua, Ecuador, is crucial to understanding their eating habits and health. **Objective:** To evaluate the nutritional status of the population of Zumbahua, Ecuador, using a 24-hour recall and a food frequency questionnaire, adapted to the local culture. **Materials and methods:** This study was conducted in three phases between 2019 and 2021 in 20 communities in Zumbahua, Ecuador, using 24-hour recalls and frequency of consumption questionnaires (FFQ) to assess the nutritional intake of the population. Data collection was carried out by local interviewers through personal interviews in homes, and the data were analyzed using a multivariate general linear model. The results were standardized as percentages of the recommended daily intake (% RDA) for the different age and sex groups. **Results:** Observations revealed elevated levels of sodium and iron intake, while nutrients such as vitamin B6, ascorbic acid, vitamin E, potassium, fibre, calcium, magnesium and manganese exhibited substantial deficits. The study revealed a significant impact of gender on the intake of several nutrients, with women demonstrating higher intake in percentage terms, with the exception of iron and, to a lesser extent, calcium, phosphorus and potassium. Conversely, younger subjects exhibited comparatively higher intake levels, while geographical location exerted a lesser influence. **Conclusions:** This study reveals that specific nutritional policies are needed and the combination of a 24-h reminder along with the consumption frequency survey is suggested for future studies in hard-to-reach populations. **Arch Latinoam Nutr 2025; 75(4): 266-278.**

Keywords: Nutrition, dietary intake, indigenous communities, 24h reminder, frequency of consumption.

Introducción

América Latina, a pesar de ser una región con producción excedentaria de alimentos, sufre en parte de su población hambre y desnutrición, principalmente debido a la falta de acceso a estos alimentos por parte de los grupos sociales más vulnerables (1). En la Cumbre Mundial sobre

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo. Ecuador.

²Departamento de Bromatología y Tecnología de los Alimentos. Campus de Rabanales Ed. Darwin Universidad de Córdoba. Córdoba. España.

³Grupo Asociado Food for Health, Instituto Maimónides de Investigación Biomédica de Córdoba (IMIBIC). Avda. Menéndez Pidal, Córdoba. España. Autor para la correspondencia: Alicia Moreno Ortega, PhD., e-mail: t22moora@uco.es



Seguridad Alimentaria de 1996, se definió la seguridad alimentaria como “la condición en que toda la población, en cualquier momento, disponga de acceso físico, social y económico a una cantidad adecuada de alimentos, seguros, nutritivos y que cumplan con sus requerimientos dietéticos y preferencias alimentarias” (2).

La primera década del siglo XXI, marcó un periodo de intensa lucha por la erradicación del hambre, convirtiéndose en una prioridad para las agendas sociales en América Latina. En este contexto, se asumieron compromisos para alcanzar las metas establecidas en los Objetivos de Desarrollo del Milenio en el año 2015. Este enfoque internacional ha enmarcado las acciones de Ecuador, que ha promovido políticas de salud y nutrición mediante la implementación de programas orientados a reducir los problemas asociados con la malnutrición (3).

La nutrición juega un papel fundamental en el desarrollo físico y mental de cada individuo. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), se define como la relación entre la ingesta de alimentos y las necesidades dietéticas del organismo. La malnutrición ocurre cuando la dieta no satisface las necesidades nutricionales esenciales para el crecimiento o el mantenimiento, pudiendo manifestarse tanto por deficiencia como por exceso (4).

Además, la nutrición es un factor clave para mejorar el potencial futuro y la calidad de vida de las personas. Sin embargo, está influenciada por aspectos socioeconómicos y el acceso a los alimentos. Las comunidades indígenas son especialmente vulnerables a la desnutrición debido a la falta de políticas públicas que aborden sus necesidades específicas, así como a la ubicación aislada de sus asentamientos, lo que limita su acceso a recursos esenciales (5).

La parroquia Zumbahua se encuentra al suroeste y oeste del cantón Pujilí, en una de las zonas paramales más importantes de la región occidental del cantón, con elevaciones que varían entre los 3.300 y 4.000 metros sobre el nivel del mar. La temperatura promedio en la zona varía entre 8 a 16°C, aunque

durante ciertas mañanas de noviembre, diciembre, febrero y agosto se registran temperaturas extremas. La parroquia comprende comunidades jurídicas como Tigua Rumichaca, Tigua Chimbacucho, Tigua Hawacucho, Quantopolo, Michacalá, Tacaxa, Talatac, Yanaturo, Yanashpa, Saraugsha, La Cocha, Ponce Quilotoa, Chami Zumbahua y Quilapungo. Además, que corresponden a sectores con y sin estructura organizativa jurídica (6).

Su dieta tradicional está basada en productos autóctonos y carnes de diversos animales (6). Estos hábitos alimentarios forman parte de su identidad cultural y se forman en el entorno familiar (7). Sin embargo, la modernización y la globalización pueden estar alterando estos patrones, lo que plantea desafíos en términos de nutrición y salud pública (6).

A pesar de que los pueblos indígenas de la Sierra forman parte del sistema económico occidental, su acceso a los alimentos sigue estando profundamente condicionado por un modelo económico andino con raíces ancestrales. Este modelo se fundamenta en cuatro pilares esenciales: el aprovechamiento óptimo de los pisos ecológicos, climas y microclimas, la creación de dinámicas redes de intercambio de productos y la presencia de fuertes mecanismos que promueven la cohesión comunitaria (8).

Por otro lado, la gastronomía ecuatoriana está profundamente influenciada por las tradiciones culinarias ancestrales, nativas y criollas. Esta conexión debe ser entendida como parte integral del patrimonio cultural, que nutre las diversas expresiones que conforman la identidad del país. Además, su desarrollo está orientado a mejorar la salud y la nutrición de la población, impulsar el crecimiento del sector turístico y hotelero, y promover la protección del medio ambiente (9).

Una de las herramientas más utilizadas para evaluar la calidad de una dieta es el cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos, ya que permite recopilar información sobre los patrones de consumo habitual a largo plazo (5). Este método es relativamente económico, rápido y sencillo de aplicar (10). Sin embargo, para que sea efectivo, es fundamental diseñarlo y validarlo en el entorno local, asegurando que se adapte tanto a los objetivos del estudio como a las características de la población a investigar (5). En el caso de los cuestionarios dirigidos a comunidades indígenas, son escasos los que han sido adecuadamente validados (11).

El presente artículo se enfoca en la valoración nutricional de la población de Zumbahua mediante la aplicación de un recordatorio de 24h y un cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos adaptado a esta población en dos momentos, por lo tanto, el objetivo principal de este cuestionario es recopilar información detallada sobre los alimentos consumidos, las frecuencias de ingesta y las cantidades consumidas por los habitantes de Zumbahua. Estos datos permitirán analizar de manera precisa los patrones dietéticos, identificar deficiencias nutricionales, evaluar la ingesta de alimentos tradicionales y examinar la influencia de factores culturales y geográficos en la dieta. Además, se espera que los resultados de este estudio contribuyan a la creación de políticas nutricionales específicas y a la preservación de las valiosas tradiciones alimentarias andinas en un mundo en constante cambio.

Materiales y métodos

Consideraciones previas.

Se ha estudiado la ingesta nutricional de la población de Zumbahua (Ecuador). El estudio se ha realizado en 20 comunidades y principalmente en el hogar de los encuestados. El mayor problema que presenta este tipo

de población es el poder hacer reiteraciones de toma de datos en momentos diferentes, tanto por sus hábitos laborales, como por a la propia idiosincrasia de sus habitantes. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censo de Ecuador (INEC) del año 2022 la población de Zumbahua era de 6948 habitantes (4278 adultos) con una densidad poblacional de 33 personas/km², lo que supone, con un nivel de confianza del 95% y un error del 10% (dada la dispersión poblacional), un tamaño de muestreo mínimo de 94 encuestas válidas.

Diseño y ejecución de las encuestas. La presente investigación consta de tres fases, la primera se realizó en septiembre de 2019 mediante un recordatorio de 24h con el fin de estimar si la población presentaba deficiencias nutricionales e identificar los alimentos y, sobre todo, los platos elaborados de mayor consumo para tenerlo en cuenta en las siguientes fases. La segunda se desarrolló a principios de 2020 y la tercera se desarrolló a finales de 2021. El lapso entre las dos primeras y la tercera se debe al confinamiento y restricciones de movilidad durante la pandemia del COVID-19.

En la tabla 1 se presentan el número total de encuestas realizadas distribuidas entre el momento y tipo de muestreo y, por otra parte, diferenciando los grupos de población con necesidades diferenciadas, tanto por sexo como por edad. De las 530 encuestas realizadas tan solo 10 personas colaboraron con las dos primeras encuestas y una persona entre la segunda y la tercera.

Para la fase inicial, en septiembre del 2019 se visitaron 20 comunidades de la parroquia Zumbahua que está situada en la provincia de Cotopaxi, región andina del Ecuador (figura 1).

Ante la ausencia de un censo individual previo, se entrevistaron todas las personas disponibles que accedieron a colaborar con el estudio, tras la aceptación del consentimiento informado. Se recopiló información de los diferentes alimentos y platos para evaluar los patrones y cantidades de consumo de cada alimento mediante recordatorio 24h. Se utilizó

Tabla 1. Tamaños muestrales de las encuestas realizada en función de los grupos poblacionales (sexo y edad).

Grupos	Recordatorio de 24h	Frecuencia de Consumo		Total
		1	2	
Hombre	68	60	101	229
<29 años	10	8	39	57
30-39 años	23	19	25	67
40-49 años	19	16	13	48
>50 años	16	17	24	57
Mujer	82	69	150	301
<29 años	25	19	76	120
30-39 años	25	25	23	73
40-49 años	11	9	15	35
>50 años	21	16	36	73
Total	150	129	251	530

un equipo de encuestadores conformado por personas de la misma comunidad que hablaran quichua para que puedan comunicarse con las personas sin ningún inconveniente. Las entrevistas se realizaron en los hogares de los participantes para garantizar un entorno cómodo y propicio para la recolección de información precisa. Los participantes del estudio fueron mujeres y hombres de entre 20 y 60 años.

Información complementaria.

Los datos específicos de los cuestionarios administrados para valorar el aporte nutricional, se tomaron otros datos de interés para el estudio principalmente durante la encuesta del recordatorio de 24h, como “otros platos que habitualmente se consumen” (mediante una anamnesis de los encuestados); cantidad consumida por otros miembros de la familia; ingredientes, sobre todo los poco habituales; acceso y disponibilidad de alimentos.

Consideraciones Éticas.

Este estudio se llevó a cabo cumpliendo con todas las normativas éticas pertinentes. Se obtuvo el consentimiento informado de los participantes, y se garantizó la confidencialidad de los datos recopilados. Además, se proporcionó retroalimentación a la comunidad de Zumbahua sobre los resultados del estudio para fomentar la transparencia y la colaboración.

Tratamiento de Datos.

Recordatorio de 24h.

Se trasladaron las encuestas a hojas de cálculo en las que aplicando la base de datos Nutriplato, adaptada a la población sudamericana se transformaron los alimentos en nutrientes para cada encuesta. En caso necesario se calcularon los aportes nutricionales de las recetas proporcionadas. La base de datos Nutriplato cuenta con alimentos de las principales bases de datos de contrastado prestigio (BEDCA, USDA, etc.) e incorpora alimentos y recetas típicas de Latinoamérica de estudios anteriores (5,13–15).

Se estandarizaron los aportes nutricionales en forma de porcentaje de la ingesta recomendada (% IDR), (16) para que puedan ser comparables los aportes de diferentes grupos poblacionales (sexo y edad).

Con estos porcentajes de la ingesta diaria recomendada se han podido realizar los análisis estadísticos sin sesgo

por sexo o edad, además de estimar el grado de cumplimiento de las recomendaciones para cada componente nutricional.

Recordatorios de frecuencia de consumo. A partir de los datos recopilados sobre los alimentos indicados en el recordatorio de 24h y la información complementaria sobre otros platos consumidos en la zona, se estandarizaron las recetas recopiladas, se elaboraron y se calculó mediante la herramienta específica el contenido nutricional por 100g de alimento, que se incorporó a la misma base de datos.

En base a los platos referenciados se elaboró un cuestionario de frecuencia de consumo que incluía tanto alimentos de consumo directo (fruta, leche, pan, etc.) como los platos de las recetas recopiladas. El cuestionario fue pilotado por estudiantes de la universidad de Quevedo (Ecuador) y con las personas que habitualmente hacían de introductores y eventualmente de intérprete con las comunidades. Una vez, comprobada la comprensión de éste, se administraron las encuestas.

Factores de clasificación. En relación a los factores de clasificación utilizamos cuatro: sexo, edad (> 50 años, 40-49 años, 30-39 años y <29 años), profesión (estudiantes, agricultores y otras profesiones) y ubicación geográfica. Esta última a su vez se realizó por municipio, clasificación oficial de estos, norte/sur, bien/mal comunicados (figura 1).

Análisis estadístico. El análisis estadístico se realizó mediante Modelo Lineal General Multivariante y Monofactorial. Se estudiaron los factores de forma individual debido a la imbricación que algunos de los factores tenían entre sí.

Resultados

Valoración nutricional

Aunque más adelante se detallan las diferencias que se producen entre las tres encuestas y por otros factores estudiados, se aborda la valoración nutricional como

información conjunta de las 530 encuestas que componen este estudio. En la figura 2 se han representado los porcentajes de las ingestas dietéticas recomendadas (% IDR) promedio para cada componente nutricional, así como su intervalo de confianza (95%) obtenidas para el conjunto de encuestas. Se ha marcado sobre la gráfica el 100%, lo que indicaría que el nutriente estaría adecuadamente satisfecho, por el promedio de la población. Los componentes nutricionales están ordenados de mayor a menor consecución de la ingesta recomendada y se observa que el que aporta relativamente en mayor cantidad es el sodio, cuyo promedio llega al 253% de la recomendación, que es para todos los grupos poblacionales de 1500 mg Na/día. Dado que la OMS marca un máximo recomendado de 5 g de sal/día, se ha identificado en la gráfica el 130%, que corresponderían a dicha cantidad y se evidencia que solo un 16% de las encuestas, se encuentra por debajo de dicho límite máximo.

En el hierro, que es el segundo componente nutricional que presenta un porcentaje de la ingesta diaria recomendada más elevado (207% de la IDR), se debe tener en cuenta el

efecto del sexo, presentando los hombres ingestas más elevadas, en tanto que sus recomendaciones son más bajas. Solo un 7% de los hombres presentan ingestas por debajo de las recomendadas de hierro (262% de promedio de % IDR), mientras que un 30% de las mujeres se encuentran por debajo de la recomendación (164% de promedio de % IDR). La ingesta de hierro es muy importante en esta población, que se encuentran entre los 2080 m y 4480 m de altitud, donde el cuerpo humano necesita producir más glóbulos rojos, para aportar oxígeno, y por ello los aportes de hierro son cruciales. Posiblemente, por este motivo, de forma inconsciente las poblaciones han ido seleccionando en su alimentación buenas fuentes de este nutriente. Los siguientes componentes nutricionales que cubren los requerimientos son fósforo, niacina, proteína, vitamina B12, riboflavina, tiamina y carbohidratos que se superan la cantidad diaria recomendada para el promedio de la población. La energía que es el siguiente componente nutricional en el orden de aporte a la IDR debe considerarse de una forma especial, se constata que el 30% de la población supera la cantidad diaria recomendada (50% de la población) y por tanto tendrán tendencia a incrementar su peso, salvo que el ejercicio físico que realicen se ajuste a dicha ingesta, lo cual, en la mayoría de los encuestados, por su actividad laboral es posible.

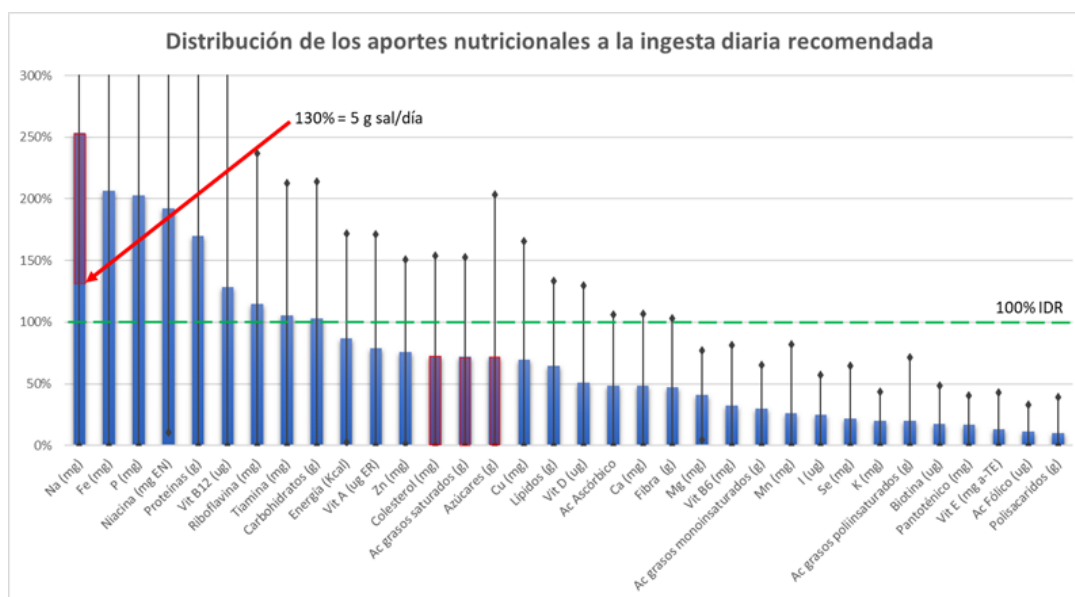


Figura 2. Porcentajes de las ingestas diarias recomendadas para los promedios e intervalo de confianza (95%) de los componentes nutricionales estudiados. IDR (Ingesta diaria recomendada), α -TE (alfa-Tocoferol-Equivalente), μ g ER (microgramos de Equivalente de Retinol), mg EN (miligramos de Equivalente de Niacina).

Con promedios entre el 50 y el 100% de la ingesta diaria recomendada se encuentran: vitamina A, cinc, cobre y lípidos. Pero además se encuentra el colesterol, ácidos grasos saturados y azúcares simples cuyas recomendaciones se establecen con base en máximos y no a mínimos. En el colesterol un 23% de los encuestados superan la cantidad máxima recomendada, proporción similar caso de los ácidos grasos saturados. Estos últimos no deberían superar el 20% del total de grasas y en esta población se sitúa en el 41%; en tanto que los ácidos grasos monoinsaturados suponen un 42%, debiendo llegar al menos al 50%. En relación a los azúcares simples, un 72% de los encuestados supera la cantidad recomendada, es decir, la media poblacional está tomando 18% de los carbohidratos de su dieta en forma de azúcares, cuando debería ser el 10%.

Del resto de componentes nutricionales, que se encuentran por debajo del 50% de la ingesta diaria recomendada no se comentará nada sobre vitamina D, biotina, ácido pantoténico, yodo, selenio y ácido fólico, dada la gran cantidad de datos ausentes en las bases datos de alimentos utilizadas. En cambio, es preocupante el bajo aporte de vitamina B6, ácido ascórbico, vitamina E, potasio, fibra, calcio, magnesio y manganeso. La baja ingesta de ácido ascórbico y potasio denota una baja ingesta de alimentos frescos del tipo fruta y verdura, lo cual se corrobora por la baja frecuencia de estos alimentos en las encuestas.

Estudio del efecto de los factores sobre los componentes nutricionales.

Se ha realizado un estudio estadístico mediante Modelo Lineal General Multivariado Monofactorial (MLGMm), para ver si factores como la encuesta realizada, sexo, edad, ocupación laboral o la ubicación de las comunidades podían afectar a los resultados de las tres encuestas realizadas.

Los resultados se encuentran en la tabla 2 expresados como la significación que ofrece el MLGMm, considerándose significativo cuando ($p < 0,05$). En caso de diferencias significativas en el MLGMm y con más de dos opciones de clasificación se realizaron test de homogeneidad de medias a posteriori de Tukey ($p < 0,05$). El factor comunidad se refiere exclusivamente a diferencias entre las comunidades estudiadas, ya que las agrupaciones geográficas que se diseñaron no dieron resultados significativos.

Para la mayoría de los componentes nutricionales estudiados no se aprecian diferencias significativas

entre las tres encuestas realizadas. Concretamente se podría hacer referencia de forma unívoca a los aportes de Na, Cu, Mn, I, Se, Pantoténico, Biotina, Ac. Fólico, Ac. Ascórbico, Vit D, Vit E, ácidos grasos y polisacáridos. Para el resto de los componentes nutricionales, se observó mediante la prueba de Tukey un incremento en los % de IDR creciente en el tiempo en energía, proteínas, carbohidratos, fibra, calcio, fósforo, hierro, cinc, tiamina, riboflavina, niacina y vitamina A. En cambio, la diferencia se establece principalmente entre las dos primeras encuestas y la última en lípidos, magnesio, sodio y vitamina B12. Se puede concluir, que para la mayoría de los componentes nutricionales se podría obtener información fiable mediante cualquiera de los dos sistemas empleados. Atendiendo solo a las diferencias entre el recordatorio de 24 y la primera encuesta de frecuencia de consumo (más cercanas en el tiempo), se puede comprobar que se registran ciertos alimentos de forma más completa mediante esta última (cuantifica alimentos de consumo esporádico, pero altos en nutrientes, como es el caso del yahuarlocro o la colada de quinua con menudencias, de consumo esporádico pero una alta concentración de hierro o vitamina A, por ejemplo). En cuanto a las diferencias entre las dos encuestas de frecuencia de consumo realizadas, se observó una evolución del consumo alimentario, mediado por una situación tan especial como la pandemia del COVID-19. También el mayor tamaño del último muestreo puede influir en aquilatar mejor los resultados y, por tanto, esta última encuesta presente resultados más próximos a la realidad de la ingesta nutricional.

La clasificación por sexo de los entrevistados afecta a un elevado número de componentes nutricionales (tabla 2). Para algunos nutrientes las mujeres presentan un mayor porcentaje de la ingesta (tabla 3) lo que puede ser debido a que los tamaños de las raciones ingeridas son muy similares en ambos sexos, en tanto que las recomendaciones para mujeres son, en líneas generales, inferiores a las de los hombres. Sin embargo, en otros nutrientes se encuentra el porcentaje de las ingestas dietéticas recomendadas se encuentra en las mujeres por debajo de los hombres, entre los que el caso más llamativo es el hierro,

Tabla 2. Niveles de significación obtenidos mediante el Modelo Lineal General Multivariante monofactorial, sobre los % IDR en función de los factores estudiados.

Componente nutricional	Encuestas	Sexo	Edad	Profesión	Comunidad
Energía	0,000*	0,000*	0,000*	0,264	0,383
Proteínas	0,000*	0,000*	0,000*	0,005*	0,204
Lípidos	0,000*	0,000*	0,005*	0,009*	0,826
Carbohidratos	0,000*	0,000*	0,000*	0,984	0,274
Fibra	0,000*	0,000*	0,000*	0,437	0,035*
Ca	0,002*	0,000*	0,031*	0,238	0,100
Mg	0,002*	0,002*	0,000*	0,000*	0,090
P	0,000*	0,000*	0,000*	0,737	0,738
Na	0,829	0,000*	0,000*	0,373	0,505
K	0,003*	0,000*	0,000*	0,000*	0,246
Fe	0,000*	0,000*	0,521	0,020*	0,797
Cu	0,100	0,323	0,030*	0,174	0,925
Zn	0,034*	0,000*	0,000*	0,208	0,597
Mn	0,318	0,000*	0,293	0,755	0,964
I	0,826	0,473	0,008*	0,053	0,787
Se	0,377	0,000*	0,229	0,003*	0,295
Tiamina	0,015*	0,000*	0,001*	0,104	0,880
Riboflavina	0,000*	0,000*	0,000*	0,604	0,695
Niacina	0,000*	0,000*	0,000*	0,455	0,581
Pantoténico	0,636	0,000*	0,053	0,032*	0,807
Vit. B6	0,025*	0,000*	0,018*	0,004*	0,192
Biotina	0,051	0,000*	0,195	0,243	0,790
Ac. Fólico	0,363	0,000*	0,148	0,003*	0,079
Vit. B12	0,000*	0,001*	0,000*	0,005*	0,955
Ac. Ascórbico	0,058	0,000*	0,026*	0,459	0,725
Vit. A	0,000*	0,000*	0,000*	0,291	0,246
Vit. D	0,627	0,000*	0,000*	0,864	0,145
Vit. E	0,145	0,000*	0,131	0,009*	0,911
Ac. grasos saturados	0,000*	0,000*	0,000*	0,016*	0,599
Ac. grasos monoinsaturados	0,000*	0,304	0,000*	0,006*	0,839
Ac. grasos poliinsaturados	0,069	0,001*	0,606	0,060	0,985
Colesterol	0,001*	0,128	0,000*	0,040*	0,736
Polisacáridos	0,262	0,000*	0,933	0,038*	0,756
Azúcares	0,022*	0,025*	0,998	0,530	0,723

* $p < 0,05$

Tabla 3. Aportes a la ingesta diaria recomendada (%) de los nutrientes estudiados, diferenciando entre mujer y hombre.

	Mujer	Hombre
Energía	94%	78%
Proteínas	183%	152%
Lípidos	69%	59%
Carbohidratos	112%	92%
Fibra	54%	38%
Ca	46%	51%
Mg	43%	38%
P	198%	209%
Na	247%	261%
K	20%	21%
Fe	164%	262%
Cu	71%	67%
Zn	82%	68%
Mn	26%	27%
I	25%	26%
Se	24%	20%
Tiamina	106%	104%
Riboflavina	122%	106%
Niacina	203%	177%
Pantoténico	17%	18%
Vit. B6	35%	29%
Biotina	17%	18%
Ac. Fólico	11%	12%
Vit. B12	134%	121%
Ac. Ascórbico	46%	52%
Vit. A	82%	75%
Vit. D	49%	53%
Vit. E	14%	13%
Ac. grasos saturados	70%	75%
Ac. grasos monoinsaturados	29%	31%
Ac. grasos poliinsaturados	19%	21%
Colesterol	71%	75%
Polisacáridos	11%	9%
Azúcares	75%	69%

que ya se ha mencionado con anterioridad, en los que los promedios de ingesta de la mujer son muy inferiores a las de los hombres (tabla 3). El efecto de la edad resulta también muy significativo para un elevado número de componentes nutricionales. Los grupos homogéneos formados suelen presentar como grupo de mayores porcentajes de ingesta diaria recomendada a los jóvenes menores de 29 años, que suelen formar el grupo homogéneo de mayor cantidad, en ocasiones separado del resto de edades (proteína, magnesio, fósforo, sodio, cinc, tiamina, riboflavina, niacina, vitaminas B12, A y D y colesterol) y en otros casos de forma gradual formando varios grupos o solapamientos desde los menores porcentajes de IDR en los de mayor edad (lípidos, potasio, cobre, yodo, vitamina B6), hasta los mayores porcentajes de los de menos de 29 años.

En relación a la profesión, los componentes nutricionales que resultan significativos son proteínas, lípidos, magnesio, potasio, hierro, selenio, ácido pantoténico, vitamina B6, ácido fólico, Vit. B12, Vit. E, ácidos grasos saturados, ácidos grasos monoinsaturados, polisacáridos y colesterol. Los grupos homogéneos formados por la prueba de Tukey permiten comprobar que los agricultores presentan siempre los más bajos porcentajes y los “otros profesionales” las más altas, estando los estudiantes en todos los casos en porcentajes intermedios, excepto para el colesterol en que los jóvenes presentan los porcentajes más bajos.

El factor geográfico se ha distribuido en función de varios criterios como se indicó en el apartado de material y métodos. Se puede apreciar que los factores geográficos afectan a pocos componentes nutricionales, tan solo la comunidad de Quilapungo presenta unos niveles significativamente mayores de fibra (81,3% de IDR), formando el grupo de mayor porcentaje, el resto de los municipios (16 - 46% IDR) se distribuyen en dos grupos de menor porcentaje con bastante solapamiento entre ellos. Se aplicaron clasificaciones de las comunidades en función de su entidad jurídica, distribución norte/sur o proximidad a la vía de carretera principal (E30), sin que se observen efectos significativos.

Discusión

Valoración nutricional

Los resultados de esta investigación coinciden con los hallazgos reportados por Mateos-Marcos *et al.* (15) en la población adulta de Esmeraldas, así como también, con los estudios de Sánchez-Llaguno *et al.* (13) y Neira-Mosquera *et al.* (14) en diversas poblaciones ecuatorianas, incluida la población migrante en España. De igual manera, Villar *et al.* (17) en su investigación sobre ingestas y fuentes alimentarias de sodio en zonas urbanas del Ecuador, encontraron un consumo excesivo de sodio, lo cual constituye un problema común en distintas regiones del país, incluidas las zonas andinas, igualmente resalta, la necesidad de abordarlo como un desafío prioritario de salud pública. En la misma línea, García *et al.* (18) en su estudio sobre el consumo de macronutrientes en las ciudades de Cuenca y Pabón, también reportan niveles de ingesta de sodio superiores a las recomendaciones establecidas por la OMS.

Los resultados de la ingesta diaria (IDR), coinciden con lo indicado por Neira-Mosquera *et al.* (14), y por Mateos-Marcos *et al.* (15), sin embargo, difieren de lo reportado por Sánchez-Llaguno *et al.* (13) donde los niveles de ingesta de hierro fueron entre 10-20% inferiores a los valores recomendados. Estos resultados coinciden con el estudio realizado en poblaciones de altura por Aparco *et al.* (19) quienes identificaron una mayor prevalencia de deficiencia de hierro en Cusco y Puno, regiones donde los niños presentaron menores reservas de hierro y niveles elevados del receptor soluble de transferrina (RSTf), lo cual sugiere una menor biodisponibilidad de este mineral.

Asimismo, Choque-Quispe *et al.* (20) destacan la necesidad de desarrollar nuevos enfoques para el diagnóstico de anemia en poblaciones de altura, debido a los factores biológicos y ambientales que pueden afectar la absorción y utilización del hierro. Por otro lado, las diferencias en la ingesta de hierro según el género también han sido identificadas en la bibliografía, siendo mayores en hombres

que en mujeres (14,15). Este hallazgo coincide con lo expuesto por Álvarez-Navarrete *et al.* (21) cuyo estudio evidenció que la anemia afectó por igual a niños y niñas, aunque la prevalencia de anemia leve y severa fue mayor en varones, mientras que, la anemia moderada predominó en niñas.

De manera similar, el estudio de Márquez Ibarra *et al.* (22) en universitarios del noroeste de México, concluyeron que la ingesta de hierro fue significativamente mayor en hombres que en mujeres, con una proporción considerable de mujeres que no alcanzaron los niveles recomendados, lo que resalta la importancia de estrategias de prevención y educación nutricional enfocadas en este grupo poblacional.

Estos resultados son similares a los reportados por Neira-Mosquera *et al.* (14) sobre la población ecuatoriana inmigrante en España; de igual forma, Villena-Esponera *et al.* (12) en su estudio sobre consumo de alimentos en indígenas Épera-Siapidara en Ecuador, obtuvieron resultados de ingesta de tiamina y vitamina B12 significativamente mayores coincidiendo con los resultados del presente estudio; por el contrario, Sánchez-Llaguno *et al.* (13) reportaron una ingesta de macronutrientes inferior a la de este estudio con un 71,6% IDR para proteínas y un 15,2% para carbohidratos. Igualmente Carpio-Arias *et al.* (23) señalaron que los porcentajes de adecuación de macronutrientes en la población fueron bajos con un 66,5% de carbohidratos, 60,5% de proteínas y 79,8% para grasas, aunque estos valores variaban según el área geográfica, encontrando las dietas más deficientes en el área rural. Por su parte Romero Viamonte *et al.* (24) evidenciaron en un cantón de la Sierra ecuatoriana que, la población rural presentaba menores niveles de consumo de proteínas, hierro, zinc, vitamina A y carbohidratos. Esta deficiencia en la ingesta de macronutrientes y micronutrientes podría estar relacionada con factores socioeconómicos y culturales que restringen el acceso a una alimentación equilibrada, afectando así el estado nutricional de estas comunidades. En contraste, García-García *et al.* (18) señalaron en su estudio, que la mayoría de los adolescentes evaluados presentaron una ingesta diaria de carbohidratos y proteínas dentro de los rangos recomendados, por los organismos internacionales y no observaron diferencias significativas entre hombres y mujeres.

En cuanto a los valores de energía son comparables con los de Sánchez Llaguno *et al.* (13) (11 % en su estudio); en cambio Villena-Esponera *et al.* (2) reporta

aportes de energía del 92% en hombres y del 101% en mujeres. Es muy probable que este exceso de energía consumida no se vea reflejado en la talla de los habitantes, debido a las diferentes actividades agrícolas que en su mayoría realizan indistintamente del sexo. En consonancia con estos hallazgos, un estudio sobre el estado nutricional en adultos de una población rural de la sierra ecuatoriana realizado por Romero Viamonte, *et al.* (24) reportó que el 82,61% de los participantes presentaban desnutrición, a pesar de que el 69,56% padecía enfermedades crónicas tales como, hipertensión arterial, diabetes mellitus y cardiopatía isquémica. Estos resultados sugieren que, aunque la ingesta calórica pueda ser alta, la calidad de la dieta y otros factores como la actividad física intensa pueden influir en el estado nutricional. Además, el estudio de García-García *et al.* (18) evidenció que la ingesta energética media fue de 1872.5 kcal/día, siendo significativamente mayor en los hombres que en las mujeres.

Los autores Neira-Mosquera *et al.* (14) encontraron ingestas de lípidos, carbohidratos, Cu, Zn y colesterol que consideraron adecuados ($\geq 90\%$ IDR) los cuales coinciden con los resultados de esta investigación, también semejante a Villena-Esponera *et al.* (2); en cambio Mateos-Marcos *et al.* (15) reportó una ingesta baja de vitamina A contrario a los resultados de esta investigación, pero coinciden con el aporte de colesterol, al igual que Sánchez-Llaguno *et al.* (13).

Autores como Mateos-Marcos *et al.* (15), encontraron diferencias en la ingesta de algunos nutrientes en comparación con el estudio de Neira-Mosquera *et al.* (14) sobre inmigrantes ecuatorianos en España. En este último se menciona que las ingestas de la mayoría de los nutrientes son relativamente altas y cumplen con los IDR, destacando niveles superiores de manganeso, vitamina B6, y ácido ascórbico en todos los grupos de edad. Sin embargo, también se reporta una deficiencia significativa de fibra, yodo, selenio, folatos y vitamina E. Estos hallazgos coinciden con el estudio de Neira-Mosquera *et al.* (25) sobre la caracterización del consumo de alimentos y la ingesta de nutrientes en la población residente en las Islas Galápagos, donde se identificó una ingesta insuficiente de fibra, yodo, ácido fólico y vitamina E, esto sugiere patrones dietéticos similares en distintas poblaciones ecuatorianas, a pesar de sus diferencias geográficas y socioeconómicas.

Estudio del efecto de los factores sobre los componentes nutricionales.

En relación a los componentes nutricionales los resultados de esta investigación coinciden con lo expuesto por Mateos-Marcos *et al.* (15) y con el estudio de Neira-Mosquera *et al.* (14) quienes mencionan que los valores son mayores en mujeres que hombres para energía, proteínas, lípidos, carbohidratos, fibra, hierro, cinc, manganeso, tiamina, riboflavina, niacina y vitamina B₆.

Por otro lado, los valores obtenidos según el efecto de la edad difieren con lo indicado por Neira-Mosquera *et al.* (14) quienes reportaron que el grupo de 60 a 69 años obtuvo el mayor % IDR. En relación a la profesión, según Neira-Mosquera *et al.* (14) en su estudio de la población migrante en España, los trabajadores de restaurantes y servicios, mostraron el mayor %IDR para energía, proteínas, lípidos, carbohidratos, fibra, hierro, cinc, tiamina, riboflavina, niacina y vitamina B₆, mientras que, los trabajadores de la construcción obtuvieron un % IDR menor para la mayoría de estos nutrientes, mostrando la influencia del nivel de preparación académica, lo cual también es señalado por Valle-Flores *et al.* (26).

Conclusiones

En líneas generales existen una serie de nutrientes con una ingesta muy por debajo de la recomendación, tales como son vitamina B₆, ácido ascórbico, vitamina E, potasio, fibra, calcio, magnesio y manganeso. Sería también importante incrementar la ingesta de vitamina A, cinc, cobre y lípidos. Una especial vigilancia se debe tener con la ingesta de hierro en las mujeres en edad fértil, sobre todo, por las mayores necesidades de este nutriente en las mujeres y en la altitud de la zona que implica una mayor producción de glóbulos rojos resulta, especialmente preocupante la ingesta excesiva de sodio y en menor medida, la de azúcares y la proporción de ácidos grasos en la dieta de esta población. En la mayoría de los nutrientes con un aporte insuficiente, los hombres presentan mayor riesgo que las mujeres, a excepción, principalmente de hierro y en menor medida de calcio.

Las deficiencias nutricionales se ven incrementadas con la edad y en especial en los colectivos de trabajo agrícola. No se aprecia un efecto marcado de la comunidad u otro factor geográfico dentro de la región de Zumbahua lo que puede facilitar futuros estudios que no requerirán muestrear una diversidad tan elevada de municipios, lo cual en este tipo de población resulta de gran utilidad.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a las universidades de Córdoba (España) y Universidad Técnica Estatal de Quevedo (Ecuador) por las facilidades dadas para la realización del estudio, así como a todos los encuestados que colaboraron en el estudio..

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses en este artículo.

Referencias

1. FAO, FIDA, OMS, PMA, UNICEF. El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2024. El estado de la Segur Aliment y la Nutr en el mundo 2024. 2024;:1-304.
2. Villena-Esponera MP, Moreno-Rojas R, Molina-Recio G. Food Insecurity and the Double Burden of Malnutrition of Indigenous Refugee Épera Siapidara. *J Immigr Minor Heal*. 2019;21(5):1035-42. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10903-018-0807-5>
3. Moncayo MFC, Padilla CAP, Argilagos MR, Caicedo RG. La desnutrición infantil en Ecuador. Una revisión de literatura. *Bol malariol salud Ambient*. 2021;61(4):556-64. <http://iaes.edu.ve/iaespro/ojs/index.php/bmsa/article/view/364>
4. Ramos-Padilla P, Delgado-López V, Villavicencio-Barriga V, Carpio-Arias T, Ramos-Padilla P, Delgado-López V, et al. Tipologías nutricionales en población infantil menor de 5 años de la provincia de Chimborazo, Ecuador. *Rev Española Nutr Humana y Dietética*. 2018;22(4):287-94. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2174-51452018000400008&lng=es&nrm=iso&tlng=en
5. Villena-Esponera MP, Moreno-Rojas R, Romero-Saldaña M, Molina-Recio G. Validation of a Food Frequency Questionnaire for the indigenous Épera-Siapidara people in Ecuador. *Nutr Hosp*. 2017;34(6):1368-75. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112017000900017&lng=es&nrm=iso&tlng=en
6. GAD Parroquial Zumbahua – Sitio web GAD parroquial zumbahua [Internet]. GAD Parroquial Zumbahua. <https://zumbahua.gob.ec/cotopaxi/>
7. Hernández Gallardo D, Arencibia Moreno R, Linares Girela D, Murillo Plúa DC, Bosques Cotelo JJ, Linares Manrique M. Condición nutricional y hábitos alimentarios en estudiantes universitarios de Manabí, Ecuador. *Rev española Nutr comunitaria = Spanish J community Nutr* 2021; 27 (1): 1135-3074 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7855078&info=resumen&idioma=ENG>
8. Moya A. Atlas alimentario de los pueblos indígenas y afrodescendientes del Ecuador [Internet]. 3a ed. MIES; 2010;4-8 <http://repositoriointerculturalidad.ec/jspui/handle/123456789/37495>
9. Sarmiento Ramírez I, Andrade Hernández EE, Goyes Huilca BR, Zambrano Pesántez FE, Carrasco Paredes PM. Alimentación y hábitos alimentarios de la población en la Zona 1 del Ecuador: aportaciones a la identidad cultural andina y de América Latina. *Rev esp nutr comunitaria* 2015;30-5. http://www.renc.es/imagenes/auxiliar/files/NUTR_COMUN_4_2015_Sarmiento.pdf
10. Morejón Terán YA, Manzano AS, Betancourt Ortiz S, Ulloa VA, Sandoval V, Espinoza Fajardo AC, et al. Construcción de un Cuestionario de Frecuencia de Consumo de Alimentos para Adultos Ecuatorianos, estudio transversal. *Rev Española Nutr Humana y Dietética* 2021;25(4):394-402. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2174-51452021000400394&lng=es&nrm=iso&tlng=es
11. Serna Gutiérrez A, Esparza Romero J, Serna Gutiérrez A, Esparza Romero J. Diseño y validación de un cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos para evaluar la dieta en indígenas yaquis de Sonora, México. *Acta Univ*. 2019;29:1-16. Available from: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662019000100209&lng=es&nrm=iso&tlng=es
12. Villena-Esponera MP, Moreno-Rojas R, Mateos-Marcos S, Salazar-Donoso M V., Molina-Recio G, Villena-Esponera MP, et al. Validación de un atlas fotográfico de porciones de alimentos diseñado como una herramienta para estimar visualmente las cantidades de alimentos en Ecuador. *Nutr Hosp* [Internet]. 2019;36(2):363-71. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112019000200363&lng=es&nrm=iso&tlng=en
13. Sánchez-Llaguno SN, Neira-Mosquera JA, Pérez-Rodríguez F, Moreno Rojas R. Preliminary nutritional assessment of the Ecuadorian diet based on a 24-h food recall survey in Ecuador. *Nutr Hosp* 2013;28(5):1646-56. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112013000500042&lng=es&nrm=iso&tlng=en
14. Neira-Mosquera JA, Sánchez-Llaguno S, Pérez-Rodríguez F, Moreno-Rojas R. Nutritional Assessment of the Immigrant Ecuadorian Population in Spain Based on a 24-h Food Recall. *J Nutr Food Sci*. 2018;08(02):1-8.

15. Mateos-Marcos S, Villena-Esponera MP, Moreno-Rojas R. Nutritional assessment of Esmeraldan adult population (Ecuador). *Rev Nutr [Internet]*. 2017;30(6):735–46. <https://www.scielo.br/j/rn/a/cGRRHRKchcZ5JRQdqwhjGcM/?lang=en>
16. AESAN. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre Ingestas Nutricionales de Referencia para la población Española Revista del Comité Científico. 2019: 29: https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/evaluacion_riesgos/informes_comite/INR.pdf
17. Villar M, García MCY, Ocampo MB, Gómez G. Intake and food sources of sodium in the population residing in urban areas of Ecuador: results from ELANS study. *Glob Health Action* 2023;16(1):1–9. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/16549716.2022.2156110>
18. García AAG, Carpio GAZ, Jimbo DPC, Muñoz DA, Muñoz DA, Jimbo PLR, et al. Evaluación del consumo de macronutrientes, Sodio, Calcio y Azúcares añadidos de acuerdo a las recomendaciones de la OMS en adolescentes de 9 a 18 años de Cuenca y Nabón. *Rev la Fac Ciencias Médicas la Univ Cuenca [Internet]*. 2016 [;23–32. <https://investigacion.ucuenca.edu.ec/es/publications/evaluación-del-consumo-de-macronutrientes-sodio-calcio-y-azúcares>
19. Aparco JP, Santos-Antonio G, Bautista-Olortegui W, Alvis-Chirinos K, Velarde-Delgado P, Hinojosa-Mamani P, et al. Estado de hierro y propuesta de ajuste de hemoglobina por altitud en niños de 6 a 8 meses residentes en Lima, Arequipa, Cusco y Puno. *Rev Peru Med Exp Salud Publica* 2023;40(4):395–395. <https://rpmpesp.ins.gob.pe/index.php/rpmpesp/article/view/12573>
20. Choque-Quispe BM, Alarcón-Yaquetto DE, Paredes-Ugarte W, Zaira A, Ochoa A, Gonzales GF. Is the prevalence of anemia in children living at high altitudes real? An observational study in Peru. *Ann N Y Acad Sci* 2020;1473(1):35–47. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32374436/>
21. Álvarez-Navarrete PJ, Vásquez-Giler YA. Anemia ferropénica y desarrollo ponderal en niños menores de dos años de Ecuador. *MQR Investig* 2024;8(1):652–66. <https://www.investigarmqr.com/ojs/index.php/mqr/article/view/910>
22. Márquez-Ibarra AA, Valbuena-Gregorio E, Mariscal Ramírez BE, Barrera-Hernández LF. Dietary diversity, iron and vitamin A intake in university students from northwestern Mexico. *Nutr Clin y Diet Hosp* 2024:166–72. <https://click.endnote.com/viewer?doi=10.12873%2F442valbuena&token=WzgzMDQxMiwMTAUMTI4NzZMvNDQydMfsYnVlbmEiXQ.4svFbCq7xbqbsJ4LOyIbJ9Whkfc>
23. Carpio-Arias TV, Ramos-Padilla PD, Delgado-López VC, Villavicencio-Barriga VD, Carpio Salas J, Morejón Terán YA. Estado nutricional, consumo de alimentos, actividad física y trastornos de la alimentación en adolescentes de áreas urbanas y rurales en la región andina del Ecuador. *Rev Investig Talent* 2018;5(1):84–93. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8551200&info=resumen&idioma=SPA>
24. Viamonte KR, Martínez BS, Falcón VV, Tames AS. Nutritional status in adults of rural population in a canton of the Ecuadorian highlands. *Rev Ciencias la Salud*. 2020;18(1):52–66.
25. Neira-Mosquera JA, Sánchez-Llaguno SN, Villena-Esponera MP, Moreno-Ortega A, Moreno-Rojas R. Caracterización del consumo de alimentos e ingesta de nutrientes de población residente en las Islas Galápagos. *Arch Latinoam Nutr*. 2020;69(2):70–9.
26. Valle-Flores JA, Bravo-Zúñiga BA, Fariño-Cortez JE, Valle-Flores JA, Bravo-Zúñiga BA, Fariño-Cortez JE. Valoración nutricional y hábitos alimenticios en niños de las Comunidades Indígenas Shuar, Morona Santiago - Ecuador. *Rev Lasallista Investig* [2018;15(2):405–11. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-44492018000200405&lng=en&nrm=iso&tlng=es

Recibido: 22/04/2025
Aceptado: 02/10/2025

Sociodemographics and food purchase preferences associated with food insecurity during the COVID-19 pandemic in Chile

Samuel Durán-Agüero¹ , Gloria E. Prada² , Solange Parra-Soto³ , Craig Tumblety⁴ ,
Carlos Celis-Morales^{4,5} , José Luis Moya-Osorio⁶ .

Abstract: Sociodemographics and food purchase preferences associated with food insecurity during the COVID-19 pandemic in Chile. **Introduction:** The COVID-19 pandemic induced substantial transformations in food systems and food security (FI) worldwide. **Objective:** To determine whether sociodemographic and food preferences are associated with FI during the COVID-19 pandemic in Chile. **Materials and methods:** Cross-sectional study, the online questionnaire included sociodemographic, food security (Household Food Security Scale) and food purchase prioritization questions. Logistic regression analyses were applied to identify associations, adjusting for relevant variables. A p -value < 0.05 was considered significant. **Results:** The study included 1,114 participants, 38.3% of the sample had some degree of FI; conversely, higher level of education was associated with lower FI. Similarly, time spent in quarantine was also associated with elevated FI, and being unemployed, self-employed, a student or housewife, and living with young children increased the likelihood of AI especially in the fifth week of quarantine. In terms of dietary intake, sugar (OR=1.71; 95% CI 1.30-2.24), rice and pasta (OR=1.52; 95% CI 1.06-2.18) and sausages (OR=1.42; 95% CI 1.07-1.89) were the highest priority foods among those with FI. **Conclusions:** FI in Chile during the pandemic was associated with social inequalities, educational level and employment status. In addition, FI was associated with food prioritization, favoring products of lower nutritional value. **Arch Latinoam Nutr 2025; 75(4): 279-288.**

Keywords: food insecurity, COVID-19, socio-demographics, education, diet.

Resumen: Sociodemografía y preferencias de compras de alimentos asociadas a la inseguridad alimentaria durante la pandemia de COVID-19 en Chile. **Introducción:** La pandemia de COVID-19 generó cambios significativos en los sistemas alimentarios y en la seguridad alimentaria (IA) a nivel global. **Objetivo:** Determinar si las preferencias sociodemográficas y alimentarias se asocian con la IA durante la pandemia de COVID-19 en Chile. **Materiales y métodos:** Estudio transversal, el cuestionario en línea incluyó preguntas sociodemográficas, de seguridad alimentaria (Escala de Seguridad Alimentaria en el Hogar) y priorización de compras de alimentos. Se aplicaron análisis de regresión logística para identificar asociaciones, ajustando por variables relevantes. Se consideró significativo un valor p < 0,05. **Resultados:** El estudio incluyó 1.114 participantes, el 38,3% de la muestra presentó algún grado de IA, por el contrario, el mayor nivel de educación se asoció con una menor IA. Del mismo modo, el tiempo pasado en cuarentena también se asoció con una IA elevada, además, estar desempleado, ser trabajador independiente, estudiante o ama de casa, y vivir con niños pequeños, aumentaron la probabilidad de IA especialmente en la quinta semana de cuarentena. En cuanto a la ingesta dietética, el azúcar (OR=1,71; IC95% 1,30-2,24), el arroz y la pasta (OR=1,52; IC95% 1,06-2,18) y embutidos (OR=1,42; IC95% 1,07-1,89) fueron los alimentos más prioritarios entre las personas con IA. **Conclusiones:** La IA en Chile durante la pandemia se asoció con desigualdades sociales, nivel educativo y situación laboral. Además, la IA se asoció en la priorización de alimentos, favoreciendo productos de menor valor nutricional. **Arch Latinoam Nutr 2025; 75(4): 279-288.**

Palabras clave: inseguridad alimentaria, COVID-19, factores sociodemográficos, educación, dieta.

¹Escuela de Nutrición y Dietética. Facultad de Ciencias de la Rehabilitación y Calidad de Vida. Sede Los Leones. Universidad San Sebastián. Chile. ²Asesora, Investigadora Independiente. Docente jubilada de la Profesora Jubilada. Universidad Industrial de Santander. Colombia. ³Department of Nutrition and Public Health, Faculty of Health and Food Sciences, Universidad del Bío-Bío, Chillán, Chile. ⁴Institute of Health and Wellbeing,

University of Glasgow, Glasgow G12 8RZ, UK. ⁵Education, Physical Activity and Health Research Unit, University Católica del Maule, Talca, 3466706, Chile. ⁶Departamento de Nutrición y Dietética, Escuela de Ciencias de la Salud, Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile. Autor para la correspondencia: José Moya-Osorio, e-mail: moya.osorio@gmail.com



Introduction

In December 2019, in the city of Wuhan, province of Hubei, the first cases of the coronavirus disease (COVID-19) caused by the SARS-CoV-2 virus were reported. Despite of the efforts to contain the COVID-19 outbreak, the World Health Organisation (WHO) declared COVID-19 a pandemic on March 11th, 2020 (1,2). With the announcement of the pandemic, countries started to take containment and mitigation measures, emphasizing social distancing and quarantine (3). These contingency measurements are expected to have a great economic impact in high, middle- and low-income countries (4).

According to the Global Report on Food Crises 2025, more than 295 million people across 53 countries and territories experienced acute food insecurity in 2024, an increase of 13.7 million over the previous year (5). A person is considered food insecure when they lack regular access to sufficient, safe, and nutritious food to support normal growth, development, and an active, healthy life. In this regard, the basic pillars of food security must be considered: availability, access, biological utilization, and the stability of these three, as established at the FAO World Food Summit (1996) (6). This may be due to the unavailability of food and/or lack of resources to obtain food. FI can be experienced at different levels of severity (7).

Indeed, FI levels will differ within regions, with expectations that women and children from low and medium-income countries would be the most affected by the indirect effects of the COVID-19 crisis (7). In addition, there has been growing concern about the impact of COVID-19 on household food insecurity (8,9). Disruptions caused by the pandemic have the potential to influence the pillars of food security, including availability, access, utilization and stability (10). The COVID-19 pandemic may directly influence FI by disrupting food systems (such as primary food production, production stability, processing, food stocks and marketing) and indirectly through the impact of quarantines on households (reduced income, physical and economic access to food) (11).

It has been estimated that the effects of FI, as well as the decrease in essential services such as child healthcare, could result in the deaths of 42,240 children under five years old and 2,030 additional maternal deaths per month worldwide (7).

Severity will depend, among other factors, on people's socioeconomic status, levels of FI being the highest among people with low socioeconomic level and/or education (8). This is especially relevant in Latin America, a region characterized by high levels of social inequality (9). Among the Latin American region, Chile is one of the countries with high levels of social inequality (12). Although access to higher education in Chile has increased eight-fold in the lowest deprivation quintile since the 90s, the education gap persists when comparing those in the lowest and highest deprivation quintile. According to the National Socioeconomic Characterization Survey (CASEN), food insecurity increased during the pandemic from 13.6% in 2017 to 19.6% in 2020, followed by a slight decline to 19.5%. (2022) (13). Considering the existing inequality and the direct and indirect effect of the COVID-19 pandemic in Chile, and the lack of knowledge about the prioritization of food purchases in the basic food basket of Chileans during this period; Given the existing inequality and the direct and indirect effects of the COVID-19 pandemic in Chile, along with the limited understanding of how food purchases within the basic basket were prioritized during this period, the need arises for more detailed investigation of this issue. Although a recent study by the authors (14). explored the prioritization of certain foods, the factors influencing such prioritization remain unclear. Therefore, it is crucial to understand how sociodemographic factors are associated with food insecurity in Chile during the ongoing COVID-19 pandemic. Therefore, the aim of this study was to investigate what socio-demographic factors are associated with food insecurity and what food groups are prioritized by individuals with FI during the COVID-19 pandemic in the Chilean population.

Material and methods

Study design and Subjects

This cross-sectional study included individuals aged 18 years or older who were Chilean residents and had lived in Chile for at least the past five years. Participants were invited to take part in the study through email and social

media platforms such as Twitter, Facebook, LinkedIn, and Instagram. Individuals unable to provide informed consent were excluded from the study. The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and was approved by the Scientific Ethics Committee of the Pontificia Universidad Católica de Chile (number: 200327001).

Procedures

An online questionnaire designed in Google form was sent once to the participants via email between April 13th and May 17th of 2020. The questionnaire included a total of 48 questions regarding socio-demographic factors (10 questions), purchasing priority of some selected food products (26 questions), and household food security (12 questions). Food security was assessed using the Household Food Security Scale validated in Spanish by Lorenzana (15,16). The scale comprises 12 items related to the availability of money to buy food, the reduction or skipping of meals due to the lack of money and the experience of hunger by some of the household members during the last six months. The rate of occurrence of each item was codified as follows: three times correspond to "always"; twice corresponds to "sometimes"; once corresponds to "rarely" and zero to "never". The use of this codification made it possible to generate a FI score ranging from 0 to 36 points; households were classified in four categories: 0 points mean "secure"; 1-12 points mean "mild food insecurity"; 13-24 points mean "food insecurity with moderate hunger", and 25 or more points mean "food insecurity with severe hunger" (15). To determinate the prioritization of purchase, people answered for different food items if they had low, middle, high prioritization or did not buy the product. Foods that were included are part of the basic food basket of Chileans, which includes bread and cereals, meats, fish, dairy products, eggs, oils, fruits, vegetables, legumes, potatoes, sugar, sweetened beverages, wine, meals outside the home, as well as dried fruits and nuts and cured meats (17).

Statistical analysis

Continuous data were expressed in mean \pm SD, qualitative values in frequency and percentages. For the association tests, researchers used the Chi² or Fisher test. To determine if the main socio-demographic factors were associated with FI, we used logistic regression analysis, where FI was the outcome (coded as 0 = food security and 1= food insecurity (which included

low, moderate and severe food insecurity)). Variables included in the model were sex, education, socioeconomic level, nutritional status, occupation, children, and older people in the household. To determine what food groups were prioritized among individuals with FI and those without FI, logistic regression was performed where food prioritization was the outcome, and FI was the exposure. For this analysis, each food item was coded as a binary variable, with 0 = low prioritization (when the answer was low prioritization or no purchase) and 1 = high prioritization (when the answer was middle or high prioritization). Using stepwise methods, the analysis was adjusted by age, sex, socioeconomic level, level of education, weeks in quarantine and nutritional status. Results are presented as odds ratios (OR) with their respective 95 % CI. The statistical package R version 4.0.3 was used to perform all analyses. A *p* value of <0.05 was considered significant.

Results

Table 1 shows the characteristics of the population studied. A total of 1,114 people answered the survey, 87.8% were women, 53.2% had been in quarantine, and more than 60.2% had higher education (complete or incomplete). Of the responders, 32.3% reported living with a child, and 35.6% of the respondents reported living with an older adult. Regarding employment, 13.1% of the participants were unemployed, and 36.1% were dependent workers. For food security assessment, 61.7% were classified as food-secure, 32.3% mildly food-insecure, 5.7% moderately food-insecure and 0.4% severely food-insecure.

Table 2 shows the association of FI by different socio-demographic factors. Those with secondary and university education were 79% and 59% less likely to experience FI, respectively, compared to individuals with primary education. Similarly, favorable associations were found for those with middle and high socioeconomic levels compare to those with low. When it came to occupation status, those who were independent workers,

Table 1. General characteristics of the sample by sex and food insecurity status

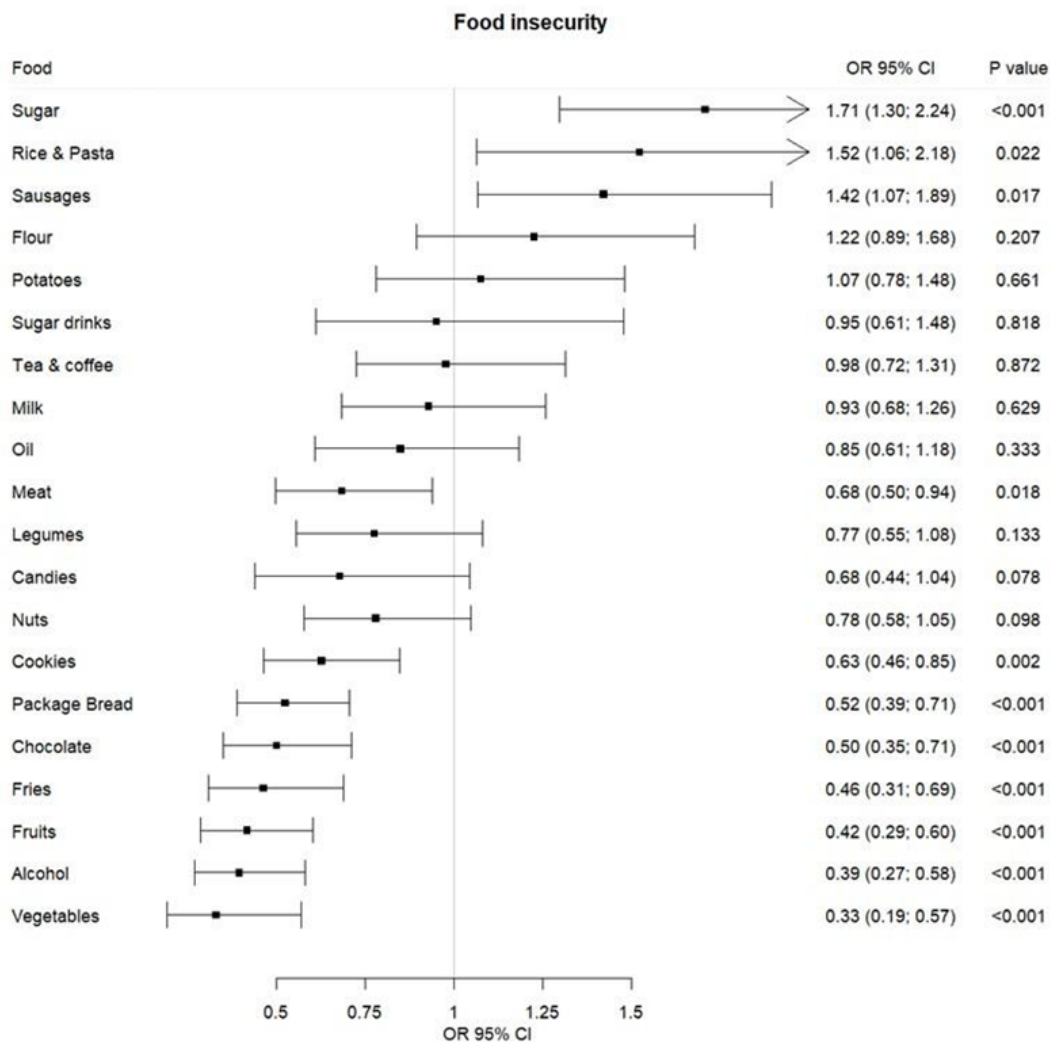
	Food insecurity	Food security	Overall
N (%)	427 (38.3)	687 (61.7)	1,114
Sex			
Men	42 (9.8)	94 (13.7)	136 (12.2)
Women	385 (90.2)	593 (86.3)	978 (87.8)
Age categories, n (%)			
18-29	126 (29.5)	210 (30.6)	336 (30.2)
30-39	105 (24.6)	199 (29.0)	304 (27.3)
40-59	165 (38.6)	203 (29.5)	368 (33.0)
≥60	31 (7.3)	75 (10.9)	106 (9.5)
Residency, n (%)			
Urban	379 (88.8)	631 (91.8)	1010 (90.7)
Rural	48 (11.2)	56 (8.2)	104 (9.3)
Level of education, n (%)			
Complete Higher Education	157 (36.8)	506 (73.7)	663 (59.5)
Incomplete Higher Education	100 (23.4)	124 (18.0)	224 (20.1)
Primary and Secondary (inc/com)	170 (39.8)	57 (8.3)	227 (20.4)
Occupation, n (%)			
Unemployed	81 (19.0)	65 (9.5)	146 (13.1)
Housewife	95 (22.2)	54 (7.9)	149 (13.4)
Student	78 (18.3)	109 (15.9)	187 (16.8)
Retired	27 (6.3)	38 (5.5)	65 (5.8)
Dependent worker	86 (20.1)	316 (46.0)	402 (36.1)
Self-employed	60 (14.1)	105 (15.3)	165 (14.8)
Weeks of quarantine, n (%)			
1 week	15 (3.5)	57 (8.3)	72 (6.5)
2 weeks	20 (4.7)	27 (3.9)	47 (4.2)
3 weeks	29 (6.8)	65 (9.5)	94 (8.4)
4 weeks	100 (23.4)	208 (30.3)	308 (27.6)
≥5 weeks	263 (61.6)	330 (48.0)	593 (53.2)
Self-perceived nutritional status, n (%)			
Underweight	16 (3.7)	9 (1.3)	25 (2.2)
Normal weight	152 (35.6)	359 (52.3)	511 (45.9)
Overweight	202 (47.3)	266 (38.7)	468 (42.0)
Obesity	57 (13.3)	53 (7.7)	110 (9.9)
Number of people living in the household, n (%)			
1 person	16 (3.7)	34 (4.9)	50 (4.5)
2 people	61 (14.3)	163 (23.7)	224 (20.1)
3 people	103 (24.1)	161 (23.4)	264 (23.7)
4 people	104 (24.4)	191 (27.8)	295 (26.5)
≥5 people	143 (33.5)	138 (20.1)	281 (25.2)
Are there children under ten years old in the household? n (%)			
Yes	180 (42.2)	180 (26.2)	360 (32.3)
No	247 (57.8)	507 (73.8)	754 (67.7)
Are there older people in the household? n (%)			
Yes	136 (31.9)	261 (38.0)	397 (35.6)
No	291 (68.1)	426 (62.0)	717 (64.4)
Food security, n (%)			
Food-secure	-	687 (100)	687 (61.7)
Mild food insecurity	360 (84.3)	-	360 (32.3)
Moderate food insecurity	63 (14.8)	-	63 (5.7)
Severe food insecurity	4 (0.9)	-	4 (0.4)

Data is presented as frequency and percentage.

Table 2. Food insecurity by sociodemographic variables.

	Food-secure	Mild food insecurity	Moderate food insecurity	Severe food insecurity	Total	OR 95% CI	P value
Sex							
Male	94 (69.2)	8 (5.9)	33 (24.2)	1 (0.7)	136 (100)	1.00 (Ref.)	
Female	593 (60.6)	55 (5.6)	327 (33.5)	3 (0.3)	978 (100)	1.21 (0.77; 1.91)	0.407
Educational attainment							
Primary school	57 (25.1)	140 (61.6)	29 (12.8)	1 (0.44)	277 (100)	1.00 (Ref.)	
Secondary school	124 (55.3)	88 (39.3)	11 (4.9)	1 (0.45)	224 (100)	0.21 (0.14; 0.32)	<0.001
Higher education	506 (76.3)	132 (19.9)	23 (3.4)	2 (0.30)	663 (100)	0.41 (0.25; 0.69)	0.001
Socioeconomic level							
Low	14 (2.0)	89 (24.7)	29 (46.0)	2 (50.0)	134 (12.0)	1.00 (Ref.)	
Medium	536 (78.0)	255 (70.8)	34 (54.0)	2 (50.0)	827 (74.2)	0.13 (0.07; 0.24)	<0.001
High	137 (19.9)	16 (4.4)	0 (0)	0 (0)	153 (13.7)	0.04 (0.02; 0.09)	<0.001
Self-perceived nutritional status							
Normal weight	359 (70.4)	123 (24.1)	28 (5.5)	1 (0.2)	511 (100)	1.00 (Ref.)	
Underweight	9 (37.5)	10 (41.6)	4 (16.7)	1 (4.2)	24 (100)	0.32 (0.13; 0.81)	0.017
Overweight	266 (56.8)	178 (38.0)	23 (4.9)	1 (0.2)	468 (100)	0.46 (0.18; 1.17)	0.102
Obesity	53 (48.1)	48 (43.6)	8 (7.7)	1 (0.9)	110 (100)	0.56 (0.20; 1.54)	0.260
Occupation							
Dependent worker	316 (78.6)	11 (2.7)	74 (18.4)	1 (0.3)	402 (100.0)	1.00 (Ref.)	
Independent worker	105 (63.6)	11 (6.7)	47 (28.5)	2 (1.2)	165 (100.0)	1.47 (0.92; 2.34)	0.105
Student	109 (58.3)	4 (2.1)	74 (39.6)	0 (0.0)	187 (100.0)	1.80 (1.06; 3.06)	0.029
Housewife	54 (36.2)	12 (8.1)	83 (55.7)	0 (0.0)	149 (100.0)	1.76 (1.05; 2.94)	0.031
Unemployed	65 (44.5)	19 (13.0)	61 (41.8)	1 (0.7)	146 (100.0)	3.37 (2.12; 5.35)	<0.001
Retired	38 (58.5)	6 (9.2)	21 (32.3)	0 (0.0)	65 (100.0)	2.36 (1.24; 4.46)	0.008
Are there children under ten years old in the household?							
Yes	180 (50.0)	143 (39.7)	37 (10.3)	0 (0)	360 (100)	1.00 (Ref.)	
No	507 (67.2)	217 (28.8)	26 (3.4)	4 (0.6)	754 (100)	1.63 (1.19; 2.24)	0.003
Are there older people in the household?							
Yes	261 (65.7)	114 (28.7)	21 (5.3)	1 (0.3)	397 (100)	1.00 (Ref.)	
No	426 (59.4)	246 (34.3)	42 (5.9)	3 (0.4)	717 (100)	0.72 (0.53; 0.99)	0.041

Data is presented as frequency and percentage and odds Ratio (OR) for food insecurity with their 95% confidence interval (CI). Variables included in the model were sex, education, socioeconomic level, nutritional status, occupation, children, and older people in the household. The reference group was people without food insecurity denoted as 1.00 (Ref.).



Data are presented in the odds ratio with 95% confidence intervals. The reference group was low prioritized of food group. Model was adjusted by age, sex, socioeconomic level, level education, weeks in quarantine and nutritional status.

Figure 1. Association of food purchase prioritization with food insecurity

retired, student, unemployed and housewives were between 1.4- and 3.4-times more likely to experience FI. Individuals who live with children were 1.6-times more likely to experience FI, while those living with older adults were 28% less likely. There were also lower odds of FI for those who were underweight, who were 68% less likely to experience FI compared with those who perceived weight themselves as having a normal bodyweight. No differences were found across age group, sex, and place of residency.

The associations between food groups preference and FI are shown in Figure 1. Participants with FI, compared to those without, were 1.7-times more likely to prioritize the purchase of sugar (OR;1.71: CI95% 1.30-2.24), 52% more likely to prioritize rice & pasta (OR;1.52: CI95% 1.06-2.18), 42% more likely to prioritize sausages (OR;1.42: CI95% 1.07-1.89). While in contrast, meat, cookies, bread, chocolates, fries, alcohol, fruits and vegetables were between 32% and 67% less likely to be prioritized among individuals experiencing FI.

Discussion

The results show that having a child under ten years old, being unemployed, being a housewife, and giving a high priority to the purchase of sugar, rice and pasta, and sausages are associated with FI.

At the time of the present study, Chile and the world are undergoing a sanitary crisis by COVID-19; this situation has negatively influenced the health and the food security of individuals and their households (18) and even more so if they are quarantined. In the present research, participants in quarantined areas duplicated their FI level by the fifth week. Other adverse consequences of the crisis situation are reflected in the food system, incomes and food consumption. The COVID-19 crisis has brought negative impacts on the economy, income generation and employment. This situation can be seen in this research. In Chile, as in the rest of Latin America, there is a large number of people working informally, so confinements directly affect income and the ability to buy fresh food (19).

Poverty, low incomes and low SEL are predictors of FI [20]. In Chile, The National Survey of Food Consumption showed a lower consumption of dairy products, fruits and vegetables, red meats, fish and seafood among the low socioeconomic level (SEL) (21). The WHO considers that a healthy diet must include enough fruits and vegetables, nuts, seeds, whole grains and minimal amounts of processed meats, free sugars, saturated fats, trans fats and salt (22). Clearly, following these recommendations requires a greater investment in economic terms and better purchase decisions. Populations with low incomes do not follow these patterns and tend to choose less expensive, highly caloric, low-nutrient-dense foods such as sugar, rice or sausages; this information is consistent with the findings of this study and with data reported in other studies (23). Education is undoubtedly a protective factor; however, the economic downturn triggered by the COVID-19 pandemic further constrained households' ability to access nutritious foods. While many were aware of the need to adopt healthier diets, financial limitations and restricted access prevented them from doing so, particularly among low-income groups, for whom the pandemic represented a double burden: pre-existing vulnerability compounded by the health and economic crisis. Food prioritization among low-income populations is therefore shaped by economic constraints, leading to the purchase of inexpensive, calorie-dense but nutrient-poor foods a mechanism that helps explain the growing association between poverty and overweight or obesity.

It is possible that people who are experiencing FI, by prioritizing foods such as flour (to make bread and other preparations with it), pasta/ rice, sugar and oil, can present lower intakes of protein, vitamins especially A, C, B12, minerals such as calcium and zinc among others and a lower intake of antioxidants and dietary fibre. For example, in our study, we observed a low prioritization of buying fruits and vegetables. These two food groups are good sources of water, antioxidants and fibre, all of which play a role in the control of hypertension, diabetes and weight gain. Some of the most important risk factors in complications of COVID-19 (24). On the other hand, it is observed that people with FI have a greater prioritization in the purchase of sugar, rice, pasta and sausages, foods with low or no nutrient intake, but which generate satiety. This result is similar to another study published in Latin America (25). In addition, stressors specific to confinement were added to the classic factors influencing food purchases (26).

In this investigation, greater levels of FI were found among those respondents that according to their perception were underweight or obese. Poverty is associated with FI in Latin America and the Caribbean, while in Eastern Europe, Central and Eastern Asia, there is evidence of an increasing occurrence of overweight and obesity among the poor population. This is in opposition to the trend observed in Sub-Saharan Africa and South Asia, where the greatest prevalence was observed among the higher-income population (27). Other studies have also reported an association between overweight and low incomes (28,29). Obesity rates continue to rise worldwide as well as in Chile, and the crisis is likely to increase malnutrition in all its forms especially among vulnerable groups (30). Moreover, several studies have demonstrated an association between poverty and a higher prevalence of overweight and obesity (31,32). This relationship may be explained by multiple mechanisms, including limited health literacy, restricted access to healthy food options, lack of safe environments for physical activity, lower utilization of healthcare services, and elevated levels of chronic stress (33).

Another factor associated with FI is family composition (19). Several studies have revealed that the presence of children in the household is associated with lower food security (34-36), as well as families with members under 18 years old (37). Similar findings were reported at the national level; families with children and adolescents had the greatest levels of FI (20). In Australia, the presence of children in the household was associated with lower fruit consumption; it is likely that food choices are made according to children's preferences, and fast food and meals rich in fats and sugars are prioritized. Lower incomes are associated with low educational attainment (38) and FI (39). In urban areas, the association between educational level and food security is mediated by its relationship with employment, income and decision making, directly impacting in the availability of foods, access to them and their consumption. In Chile, FI level were double when a comparison of the illiteracy or literacy of the head of the household was made (19). In this study, participants with higher education had a lower risk of FI.

Among the strategies to improve nutrition and reduce FI is nutrition education, and there is extensive literature that shows that it can generate positive changes in nutrition, including the use of telemedicine (40), which can become an important educational tool during and after the pandemic (41,42).

One of the main limitations of this study is that it is not based on a representative sample. In particular, there is a high proportion of women and individuals with higher education, even though a large part of the Chilean population has only completed secondary education. This composition may influence the interpretation of the findings, as both factors are associated with distinct behavioral patterns, resource access, and health outcomes compared to the general population. In a context of pronounced social inequality, as observed in this study, the overrepresentation of these groups may reflect greater awareness or access to healthy practices, as well as reduced exposure to certain structural barriers. However, it also

limits the generalizability of the results to populations with lower educational attainment or to men, who may face different conditions and social determinants that could alter the observed associations. In addition, the use of the STEPwise method for variable selection in regression modeling is discouraged in modern statistics, as results can vary with small changes in the data and it does not necessarily identify the most parsimonious or best-fitting model. Finally, the cross-sectional design precludes causal inference, though it does allow for the identification of associations. Among the strengths, we may highlight the use of a validated survey. Therefore, it is possible to compare the data with other similar studies performed in the region.

Conclusions

Socioeconomic factors are critical determinants of FI during the COVID-19 crisis. Evidence shows that FI was particularly severe in low-income settings, a situation further aggravated by the economic downturn caused by quarantine measures, which reduced income opportunities and shifted household purchasing decisions toward highly caloric but nutrient-poor foods. The problem was especially pronounced in households with children under 10 years of age, a group requiring special attention due to their heightened vulnerability in terms of nutrition, health, and care. The coexistence of multiple forms of malnutrition alongside FI highlights the urgent need for dual-purpose interventions that simultaneously address child nutrition, diet quality, the food environment, and the broader socioeconomic determinants of health.

Conflict of Interest

The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Funding

1st competition to support scientific publication, Department of Nutrition and Dietetics, School of Health Sciences, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2025

References

1. Lake MA. What we know so far: COVID-19 current clinical knowledge and research. *Clinical Medicine, Journal of the Royal College of Physicians of London*. 2020. <https://doi.org/10.7861/clinmed.2019-coron>
2. World Health Organization. COVID-19 Situation Report. World Heal Organ. 2020;
3. PoliMap – COVID-19. <https://polimap.org/>
4. CEPAL. Coyuntura Laboral en América Latina y el Caribe. El trabajo en tiempos de pandemia: desafíos frente a la enfermedad por coronavirus (COVID-19). 2020. <https://hdl.handle.net/11362/45557>
5. Acute Food Insecurity and Malnutrition Rose for Sixth Consecutive Year in World's Most Fragile Regions. World Food Program, USA https://www.wfpusa.org/news/acute-hunger-malnutrition-rose-sixth-consecutive-year/?utm_source=chatgpt.com
6. World Food Summit. Rome Declaration on World Food Security [Internet]. [cited 2025 september 22]. <https://www.fao.org/4/w3613e/w3613e00.htm>
7. Health TLG. Food insecurity will be the sting in the tail of COVID-19. *The Lancet Global Health*. 2020;8:e737. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32446335/>
8. Mutisya M, Ngware MW, Kabiru CW, Kandala N. The effect of education on household food security in two informal urban settlements in Kenya: a longitudinal analysis. *Food Sec*. 2016;8:743-756. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12571-016-0589-3#:~:text=Using%20longitudinal%20data%20collected%20between,security%20among%20poor%20urban%20households.&text=The%20probability%20of%20being%20food,schooling%20for%20a%20given%20household.>
9. Inequalities in life expectancy in six large Latin American cities from the SALURBAL study: an ecological analysis - *The Lancet Planet Health* [Internet]. [cited 2020 Jun 12]. Available from: [https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196\(19\)30235-9/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196(19)30235-9/fulltext) (accessed September 2020).
10. Cable J, Jaykus LA, Hoelzer K, Newton J, Torero M. The impact of COVID-19 on food systems, safety, and security—a symposium report. *Ann N Y Acad Sci*. 2021;1484(1):3–8. <https://doi.org/10.1111/nyas.14482>
11. Laborde D, Martin W, Swinnen J, Vos R. COVID-19 risks to global food security. *Science*. 2020;369(6503):500–502. <https://doi.org/10.1126/science.abc4765>
12. Parro F, Reyes L. The rise and fall of income inequality in Chile. *Lat Am Econ Rev*. 2017;26:3. <https://doi.org/10.1007/s40503-017-0040-y>
13. Evolución de los indicadores de inseguridad alimentaria antes, durante y después de la pandemia. ENCUESTA CASEN 2017-2022. [Internet]. [cited 2025 september 22]. https://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/storage/docs/casen/2022/Resultados_Inseguridad_Alimentaria_Casen_2022_dic2024.pdf
14. Prada GE, Durán-Aguero S, Moya-Osorio JL. [Confinement and food insecurity during the COVID-19 pandemic in Chile]. *Rev Chil Nutr*. 2021;48(5): 678-686. <http://doi.org/10.4067/S0717-75182021000500678>
15. Lorenzana Dellohain P, Sanjur D. La adaptación y validación de una escala de seguridad alimentaria en una comunidad de Caracas, Venezuela. *Arch Latinoam Nutr*. 2000;50(4). <https://www.alanrevista.org/ediciones/2000/4/art-3>
16. Álvarez MC, Estrada A, Montoya EC, Melgar-Quirón H. Validación escala la Seguridad Alimentaria doméstica en Antioquia, Colombia. *Salud Publica Mex*. 2006;48(6):474–481. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342006000600005
17. Ministerio de Desarrollo Social y Familia. Observatorio Social - Ministerio de Desarrollo Social y Familia [Internet]. [cited 2021 May 23]. Available from: <http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/nueva-serie-cba-2021>
18. Organización Internacional del Trabajo (OIT). Panorama Laboral 2020, América Latina y el Caribe. 2020.
19. CEPAL. El desafío social en tiempos del COVID-19 | Publicación | Comisión Económica para América Latina y el Caribe [Internet]. 2020 [cited 2023 May 22]. Available from: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45527-desafio-social-tiempos-covid-19>
20. Novoa-Sanzana S, Moya-Osorio J, Morejón Terán Y, Ríos-Castillo I, Becerra Granados LM, Prada Gómez G, et al. Food insecurity and sociodemographic factors in Latin America during the COVID-19 pandemic. *Rev Panam Salud Publica*. 2024;48:e21. <https://doi.org/10.26633/rpsp.2024.21>
21. Universidad de Chile. Encuesta Nacional de Consumo Alimentario en Chile. 2010. Available from: http://web.minsal.cl/sites/default/files/ENCA-INFORME_FINAL.pdf (accessed September 2020).
22. WHO. Healthy diet [Internet]. [cited 2021 May 22]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>
23. Wiggins S, Keats S. The rising cost of a healthy diet: changing relative prices of foods in high-income and emerging economies | *odi.org* [Internet]. 2015 [cited 2021 May 22]. Available from: <https://odi.org/en/publications/the-rising-cost-of-a-healthy-diet-changing-relative-prices-of-foods-in-high-income-and-emerging-economies/>
24. Ramphul K, Lohana P, Ramphul Y, Park Y, Mejias S, Dhillion BK, et al. Hypertension, diabetes mellitus, and cerebrovascular disease predispose to a more severe outcome of COVID-19. *Arch Med Sci Atheroscler Dis*. 2021;6: e30-e39. <https://doi.org/10.5114/amsad.2021.105255>
25. Quezada-Acuña L, Duran-Aguero S, Moya-Osorio J, Morejon-Terán Y, Ocampo L, Becerra-Granados L, et al. Food Purchase Prioritization During the COVID-19 Pandemic in Latin America. *J Hunger Environ Nutr*. 2024;19(6), 999–1013. <https://doi.org/10.1080/19320248.2023.2232321>

26. Quezada-Acuña L, Parra-Soto S, Durán-Agüero S, Morejón-Terán Y, Pérez-Ocampo L, Becerra-Granados LM, et al. Stress factors and food purchase prioritization during the pandemic of coronavirus disease 2019. *Clin Nutr ESPEN.* 2024;61:145-150. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2024.03.001>
27. Popkin BM, Corvalan C, Grummer-Strawn LM. Dynamics of the double burden of malnutrition and the changing nutrition reality. *Lancet.* 2020;395(10217):65-74. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(19\)32497-3](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(19)32497-3)
28. Popkin BM, Adair LS, Ng SW. Global nutrition transition and the pandemic of obesity in developing countries. *Nutr Rev.* 2012;70(1):3-21. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2011.00456.x>
29. Prada Gómez GE, Gutierrez MM, Angarita A. [Association between socioeconomic factors and body mass index among low-income preschoolers from an educational institution of Floridablanca, Colombia]. *Rev Chil Nutr.* 2015;42(4):337-344. <http://doi.org/10.4067/S0717-75182015000400003>.
30. INE. Instituto Nacional de Estadísticas. Memoria. CENSO 2017 MEMORIA 2018 https://www.censo2017.cl/memoria/descargas/memoria/libro_memoria_censal_2017_final.pdf
31. Inoue K, Seeman TE, Nianogo R, Okubo Y. The effect of poverty on the relationship between household education levels and obesity in U.S. children and adolescents: an observational study. *Lancet Reg Health Am.* 2023;25:100565. doi: 10.1016/j.lana.2023.100565.
32. Sadhu R, Souza M, Borges C. The effect of food insecurity on the prevalence of adult obesity in New Jersey counties, *Eur J Public Health.* 2020;30(Issue Supplement_5):ckaa166.231. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckaa166.231>
33. Lobstein T, Neveux M, Brown T, Chai LK, Collins CE, Ells LJ, Nowicka P; STOP project consortium. Social disparities in obesity treatment for children age 3-10 years: A systematic review. *Obes Rev.* 2021;22(2):e13153. doi: 10.1111/obr.13153.
34. Harris DE, Aboueissa AM, Walter K, Bampton M. Predictors of Food Insecurity in Lewiston, Maine: A Community-Level Analysis. *J Hunger Environ Nutr.* 2014; 9:96-112. <http://doi.org/10.1080/19320248.2013.840549>
35. Furness BW, Simon PA, Wold CM, Asarian-Anderson J. Prevalence and predictors of food insecurity among low-income households in Los Angeles County. *Public Health Nutr.* 2004; 7:791-794. <https://doi.org/10.1079/phn2004608>
36. Lamidi EO. Household composition and experiences of food insecurity in Nigeria: the role of social capital, education, and time use. *Food Sec.* 2019;11(1):201-218. <https://doi.org/10.1007/s12571-019-00886-2>
37. Tarasuk V, Fafard St-Germain AA, Mitchell A. Geographic and socio-demographic predictors of household food insecurity in Canada, 2011-12. *BMC Public Health.* 2019; 19:12. <https://doi.org/10.1186/s12889-018-6344-2>
38. Seiwright AN, Callis Z, Flatau P. Food insecurity and socioeconomic disadvantage in Australia. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(2):559. <https://doi.org/10.3390/ijerph17020559>.
39. Faye O, Baschieri A, Falkingham J, Muindi K. Hunger and food insecurity in Nairobi's slums: An assessment using IRT models. *J Urban Heal.* 2011;88: suppl 2 (Suppl. 2):235-255. <https://doi.org/10.1007/s11524-010-9521-x>
40. Singh RH, Pringle T, Kenneson A. The Use of Telemedicine and Other Strategies by Registered Dietitians for the Medical Nutrition Therapy of Patients With Inherited Metabolic Disorders During the COVID-19 Pandemic. *Front Nutr.* 2021;8:637868. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.637868>.
41. Neves FJ, Tomita LY, Liu ASLW, Andreoni S, Ramos LR. Educational interventions on nutrition among older adults: A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Maturitas.* 2020;136:13-21. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2020.03>.
42. Li X, Huang Y, Yin R, Pan C, Cai Y, Wang Z. Visualized nutrition education and dietary behavioral change: A systematic review and meta-analysis. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2019;59(12):1976-1985. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1469466>

Recibido: 24/06/2025
Aceptado: 30/07/2025

Validation of an online tool to estimate sodium consumption in the Mexican population

Patricio Benítez-Alday^{1,2} , Paola Vanessa Miranda-Alariste² , Ma. Angeles Espinosa-Cuevas² ,
Ricardo Correa-Rotter² , Gabriela Gutiérrez-Salmeán³ , Brayans Becerra-Luna⁴ , Eloisa Colín-Ramírez⁵ .

Abstract: Validation of an online tool to estimate sodium consumption in the Mexican population.

Introduction: A new online, self-administered questionnaire called the "Sodium Calculator" (SC) was developed in Mexico, designed to provide immediate feedback on their sodium intake. **Objective:** This study aimed to evaluate the reliability and concurrent criterion validity of the SC for estimating sodium intake in the Mexican population. **Materials and Methods:** A cross-sectional study was conducted in Mexico City and the State of Mexico with 353 healthy participants. Data collection included 24-hour urine samples for sodium measurement, physical measurements (height and weight), and a three-day food diary. One week later, participants completed the SC again. Statistical analysis involved the intraclass correlation coefficient (ICC), Bland-Altman plots, sensitivity (Sn), specificity (Sp), and binary logistic regression, with significance set at $p < 0.05$. **Results:** The SC tended to overestimate sodium intake by approximately 2524 mg compared to 24-hour urinary sodium. The ICC between SC and urine measurements was 0.18 (95% CI 0.33–0.59), and 0.46 (95% CI 0.31–0.58) for test-retest reliability. The sensitivity of the SC for detecting intake > 2300 mg was 82.87%, but specificity was low at 25.71%. The odds ratio for identifying individuals with intake > 2000 mg was 4.32 (CI = 2.49–7.48, $p < 0.001$). **Conclusions:** The SC showed moderate test-retest reliability. However, the low agreement with 24-hour urinary sodium excretion (UNa), prevents it from being validated as an accurate quantitative measure of daily sodium intake. Despite these limitations, the SC shows promise as a screening tool. **Arch Latinoam Nutr 2025; 75(4): 289-298.**

Keywords: dietary sodium; sodium chloride; biomedical technology; validity; Mexico.

Resumen: Validación de una herramienta en línea para estimar el consumo de sodio en la población mexicana. Introducción:

En México un nuevo cuestionario autoadministrado y en línea llamado "Calculadora de Sodio" (CS), fue diseñado para proporcionar retroalimentación inmediata sobre la ingesta de sodio. **Objetivo:** Evaluar la fiabilidad y la validez concurrente de la CS para estimar la ingesta de sodio en la población mexicana. **Materiales y métodos:** Estudio transversal, en la Ciudad de México y el Estado de México con 353 participantes sanos. La recolección de datos incluyó muestras de orina de 24 horas para la medición de sodio, mediciones físicas (altura y peso) y un diario de alimentos de tres días. Una semana después, los participantes completaron nuevamente la CS. El análisis estadístico involucró el análisis de coeficiente de correlación intraclass (CCI), gráficos de Bland-Altman, sensibilidad (Sn), especificidad (Sp) y regresión logística binaria, con significancia establecida en $p < 0,05$. **Resultados:** La CS tendió a sobreestimar la ingesta de sodio en aproximadamente 2524 mg en comparación con el sodio urinario de 24 horas. El CCI entre la CS y las mediciones de orina fue de 0,18 (IC 95% 0,33–0,59), y 0,46 (IC 95% 0,31–0,58) para la fiabilidad test-retest. La sensibilidad de la CS para detectar ingestas > 2300 mg fue del 82,87%, sin embargo la especificidad fue baja, del 25,71%. La razón de probabilidades para identificar individuos con ingesta > 2000 mg fue de 4,32 (IC = 2,49–7,48, $p < 0,001$). **Conclusiones:** La CS mostró una fiabilidad test-retest moderada. Sin embargo, el bajo acuerdo con la excreción urinaria de sodio de 24 horas (UNa) impide que se valide como una medida cuantitativa precisa de la ingesta diaria de sodio. A pesar de estas limitaciones, la CS muestra potencial como herramienta de tamizaje. **Arch Latinoam Nutr 2025; 75(4): 289-298.**

Palabras clave: sodio dietético, cloruro de sodio, tecnología biomédica, validación, México.

¹Medical School, Universidad Autónoma de Guadalajara; Zapopan, Jalisco; México. ²Nephrology and Mineral Metabolism Department, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, Ciudad de México. ³Escuela Militar de Graduados de Sanidad, Secretaría de la Defensa Nacional, CDMX, México. ⁴ Department of Electromechanical Instrumentation, Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, Ciudad de México. ⁵Epidemiological Surveillance Department, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán; Vasco de Quiroga 15, Colonia Belisario Domínguez Sección XVI Ciudad de México 5554870900 extensión 2800. Autor para la correspondencia: Eloisa Colín Ramírez, e-mail: eloisa.colinr@incmnsz.mx

Introduction

The World Health Organization (WHO) recommends that the population's sodium intake should be less than 2000 mg per day to reduce cardiovascular risk [1]. In Mexico, studies conducted in healthy populations have reported average intakes between 3150 to 3490 mg of sodium per day [2,3], as measured by 24-hour



urinary sodium excretion. According to the Mexican National Health and Nutrition Survey 2016 (ENSANUT 2016), the average daily sodium intake for adults, determined by a 24-hour food recall, was 3132 mg [4]. More recent data from the National Health and Nutrition Survey (ENSANUT) Continua 2020-2022 reveal that the dietary patterns of both adult and adolescent populations in Mexico are characterized by a considerable consumption of diverse food groups. However, a concerning trend is the high intake of non-recommended products. Notably, sodium intake is elevated, linked to both total caloric intake and the prevalence of ultra-processed foods, and this is associated with an increased risk of developing overweight, obesity, and various non-communicable chronic diseases such as insulin resistance, diabetes, dyslipidemia, and hypertension [5]. In Mexico, there has been an increase in the purchase of processed and ultra-processed foods in recent years [4]. A national dietary analysis indicates that these foods contribute 39% to 49% of total sodium intake [4]. Additionally, it has been reported that over 50% of adults dine out three or more times a week, and more than 35% consume fast food more than twice a week [6], which has been identified to be a relevant source of dietary sodium in the diet [7]. However, its sodium content is not declared due to the unpackaged nature of these type of foods.

There are different methods to assess sodium intake, which include biomarkers (24-hour urine sodium as gold standard [8] and single-moment urine sodium, and dietary methods (multi-day food diaries, food recall, and food consumption frequencies) [9].

Currently, several sodium-rich food frequency questionnaires have been developed to estimate sodium intake in different populations [10,11], although their validity has been limited for most of them. Mobile device technology and interactive software are emerging as useful tools for collecting information and assessing dietary intake [12]. These new technologies have the potential to improve dietary assessment as

they are practical and better accepted by participants. However, more research is still needed to determine the validity of these methods for estimating sodium intake especially in populations with a high burden of chronic illnesses,

The "Sodium Calculator" (SC) [13] is an online tool developed in Mexico, adapted from a Canadian model [14], designed to provide users with immediate feedback on their estimated daily sodium intake. The SC assesses the frequency of consumption and serving sizes for 71 questions covering four main categories of sodium-rich foods: meals prepared outside the home, home-cooked meals including Mexican "antojitos", sweets, and processed foods, including discretionary salt use. Currently available to the public at <https://calculadorasodio.github.io/>, the SC questionnaire has demonstrated content and appearance validity by expert criteria, with its development methodology previously published [13]. This study aims to evaluate the SC criterion validity by assessing its test-retest reliability and concurrent validity. Demonstrating concurrent validity is crucial, as it assesses the degree to which the SC estimates of sodium intake align with those obtained from established methods.

Material and methods

1. Type of study sample size

A prospective observational validation study was conducted. The sample size was calculated to achieve adequate power, considering a ratio of 5 participants per item, a benchmark considered "good" in validation studies according to Comrey et al. [15]. This calculation determined a target sample size of 355 participants.

2. Participants

The study included men and women aged 18 years or older who met specific health criteria. Individuals were excluded if they had any of the following: a pre-existing diagnosis of arterial hypertension, a history of cardiovascular, renal, or liver disease, active menstruation, pregnancy, or urinary tract infection at the time of urine collection. Additional exclusion criteria included being over 65 years of age or the inability to complete the Sodium Calculator (SC) questionnaire twice. Participants were recruited from September 2022 to January 2023, encompassing employees of the Instituto Nacional de Ciencias Médicas

y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ), workers at two textile factories (one in Mexico City, the other in the State of Mexico), and the general public (family members or visitors of the INCMNSZ).

3. Procedures

Potential participants underwent initial eligibility verification. Eligible individuals received verbal and written instructions detailing proper 24-hour urine collection and completion of a 3-day food record. After providing written informed consent, participants attended a scheduled study visit at their respective work site (INCMNSZ or textile factory) or, for those recruited from the general public, at the INCMNSZ. At the visit, anthropometric and body composition assessments were performed, and sociodemographic data were collected. Participants then completed the online SC instrument. To assess test-retest reliability, participants completed the SC again one week later. All procedures were reviewed and approved by the INCMNSZ Ethics Committee (REF. 3314).

4. Sodium Calculator Administration

Participants completed the online Sodium Calculator (SC) on a tablet provided by the research team, noting the start and end time of the survey. To ensure understanding, research staff members were present to answer any questions. The SC assesses the frequency of consumption and serving sizes for 71 questions spanning four main categories of sodium-rich foods: meals prepared outside the home, home-cooked meals including Mexican "antojitos" (savory street foods), sweets, and processed foods, including discretionary salt use. The staff then recorded the results.

5. Anthropometric Measurements and Body Composition

Weight was measured using a Seca ®769 mechanical column scale (capacity: 200 kg, accuracy: 0.05 kg). Height was measured with a Seca® 220 stadiometer (accuracy: 1 mm). Both measurements were performed with participants fasting, without shoes, and wearing a hospital gown, following the International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) guidelines [16]. Body composition was assessed via bioelectrical impedance analysis using a RJL® Quantum IV bioimpedance analyzer. Participants fasted for at least four hours and were measured in a decubitus position with four conventional electrodes placed on the right

hand and foot. Resistance and reactance data (collected at 50 kHz) were used to estimate lean mass, fat mass, and total body water using the Body Composition software provided by the impedance equipment manufacturer.

6. Food Consumption Records

Dietary intake was assessed using a detailed 3-day food diary. Participants recorded all foods and beverages consumed from the first intake upon waking until the last intake before sleeping, specifying dishes and quantities. They were instructed to record their intake on two weekdays and one weekend day to ensure a comprehensive representation of their typical eating patterns. Food Processor software was used to analyze the collected data.

7. Blood Pressure Measurement

Blood pressure was measured after a resting phase of at least five minutes. Systolic and diastolic blood pressure were measured in the left arm in a sitting position using a nebuco (State of Mexico, Mexico) brand digital baumanometer

8. 24-Hour Urine Collection

24-hour urine sodium excretion (24hr UNa) served as the reference method for estimating sodium intake. Participants received instructions to discard the first morning urine and collect all subsequent micturitions over 24 hours, including the first urine of the following morning. Participants were provided with a preservative-free container and instructed to store it in a cool place during the collection period. Urinary sodium was determined via the ion-selective electrode method, and urinary creatinine was determined by Jaffe colorimetric assay in the INCMNSZ central laboratory. Completeness of urine samples was assessed based on urinary creatinine concentrations, using established reference ranges for men (15-25 mg/kg/24 hours) and women (10-20 mg/kg/24 hours) [17]. Urine collections with a volume less than 500 ml were excluded, along with those not meeting the creatinine-based completeness criteria.

9. Statistical Analysis

Data are presented as means and standard deviations for quantitative and parametric variables. Medians and interquartile ranges (IQR) were used for non-parametric variables, and the trimmed mean was used for outlier data. Categorical variables are presented as frequencies and percentages. The Kolmogorov-Smirnov test assessed the distribution of variables. Spearman correlation analysis evaluated the relationship between estimated daily sodium intake (SC) and 24-hour urinary sodium excretion. The strength of correlation was interpreted as perfect (± 1), strong (± 0.7 to 0.99), moderate (± 0.4 to 0.69), and weak (± 0.1 to 0.39) [18]. To evaluate test-retest reliability and concurrent criterion validity, the intraclass correlation coefficient (ICC) was calculated. Test-retest reliability was evaluated using the ICC to compare the SC's performance during the first and second assessments. For concurrent criterion validity, the ICC for absolute agreement between the mg of sodium consumed per day estimated by SC and the mg of sodium excreted in 24-hour urine was calculated. The ICCs were interpreted as excellent (above 0.90), good (0.75 to 0.90), moderate (0.5 to 0.75), and poor (below 0.5) [19,20]. Bland-Altman plots estimated the mean difference between sodium intake values obtained by both methods, with 95% limits of agreement (mean difference ± 1.96 standard deviations) calculated. Sensitivity, specificity, positive predictive value (PPV), and negative predictive value (NPV) of the SC for classifying individuals with a daily sodium intake ≥ 2300 mg of sodium (compared to 24hr UNa) were calculated, using the American Heart Association (AHA) recommendation as the cutoff for consumption [21]. Finally, a logistic regression model was employed to estimate the odds ratio (OR) and 95% confidence interval (CI), both crude and adjusted for sex and BMI, for the association between SC sodium estimate and urinary sodium excretion at different levels: $\geq 2,000$ mg/day, $\geq 2,300$ mg/day, $\geq 2,500$ mg/day, $\geq 2,800$ mg/day and $\geq 3,000$ mg/day. A p-value < 0.05 was considered statistically significant. Statistical analysis was performed with SPSS Version 26.0.

Results

1. Study Population and Baseline Characteristics

A total of 353 individuals were initially assessed for eligibility, with 251 participants ultimately meeting inclusion criteria and providing complete datasets for the primary analyses of this validation study (Figure 1). The reasons for exclusion from the study included incomplete urine sample collection, and some of the individuals who had a high value in results were considered to have had extreme values which were ruled as the SC sodium intake estimate. Table 1 presents the demographic and body composition characteristics of the final study sample. The sample was predominantly female (80%), with both male and female participants exhibiting a mean body mass index (BMI) indicative of the overweight category. Systolic and diastolic blood pressure measurements were within normal clinical reference ranges. Body composition analysis further revealed that the percentage of body fat within the cohort was elevated relative to standard age-specific reference values [22].

2. Test-Retest Reliability and Concurrent Criterion Validity

The relationship between estimated sodium intake as assessed by the Sodium Calculator (SC) and 24-hour

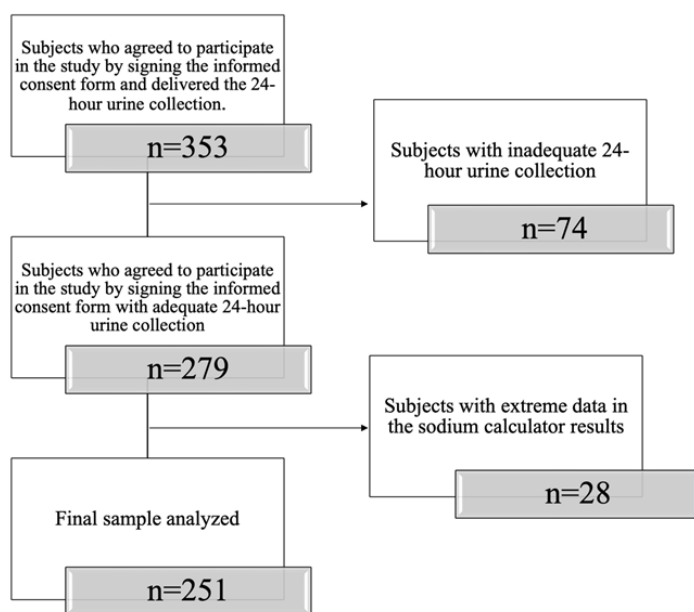


Figure 1. Participant selection flowchart.

Table 1. General characteristics and body composition measurements (n= 251)

	$\bar{x} \pm$ S.D. or Median (IQR)
Sex M/F n (%)	50 (20) / 201(80)
Age (years)	39.00 (22)
Weight(kg)	63.90 (16.22)
Height (m)	1.56 (0.13)
BMI (kg/m ²)	26.22 (6.57)
SBP (mmHg)	124.00 (19)
DBP (mmHg)	78.00 (13)
MBP (mmHg)	93.2 ± 9.45
Total body water (lt)	27.70 (7.70)
Total body water (%)	44.00 (8.02)
Fat mass (kg)	23.20 (11.85)
Fat mass (%)	36.60 (12.25)
Lean mass (kg)	39.30 (10.85)
Lean mass (%)	62.40 (12.15)
Creatinine 24hour urine (mg/dL)	87.24 (56.87)

M=males, F=females, BMI=body mass index, SBP= systolic blood pressure, DBP=diastolic blood pressure, MBP=mean arterial blood pressure.

urinary sodium excretion (24hr UNa), the established gold standard for sodium intake assessment, was examined using Spearman correlation analysis. This analysis revealed a statistically significant, but weak, positive correlation coefficient ($r=0.19$, $p=0.002$) between SC estimates and 24hr UNa. The test-

retest reliability of the SC questionnaire was assessed through calculation of the intraclass correlation coefficient (ICC) comparing sodium intake estimates derived from the initial and subsequent administrations of the instrument. Results indicated moderate agreement between SC administrations (ICC=0.46, 95% CI 0.31-0.58, $p<0.001$). Concurrent criterion validity, reflecting the agreement between SC estimates and 24hr UNa, was evaluated using the intraclass correlation coefficient. This analysis demonstrated poor agreement between the SC and 24hr UNa (ICC=0.18, 95% CI 0.33-0.59, $p=0.05$) (Table 2), suggesting limited concurrent validity.

3. Quantification of Bias in Sodium Intake Estimation

Evaluation of potential bias in sodium intake estimation by the SC relative to 24hr UNa was conducted using Bland-Altman analysis. This analysis revealed a substantial average bias of 2524 mg sodium, indicating a tendency for the SC to systematically overestimate sodium intake compared to measurements obtained by 24hr UNa. Visual inspection of individual data points on the Bland-Altman plot (Plot 2A) identified 14 outlier values that exceeded the pre-defined limits of agreement, providing further evidence of discrepancies between the two methods. Additional Bland-Altman analysis of test-retest reliability, comparing initial and subsequent administrations of the SC, demonstrated a bias of 1180 mg sodium, with lower values observed in the first assessment relative to the second (Figure 2B).

Table 2. Intraclass correlation coefficients SC, 24h Uri-Na and test-retest SC (n = 251)

Method	Sodium (mg)	ICC	(95% CI)	p
SC 1°(test)	4,030.4 (2,780.83 - 6469.58)			
SC 2° result (re-test)	3,073.1 (1,083.16 – 4435.28)	0.46*	(0.31 – 0.58)	<0.001
24h Uri-Na	2,580.6 (1,69.75. - 3342.36)	0.18**	(0.33 - 0.59)	0.053

SC=Sodium calculator, 24h Uri-Na=24-hour urine sodium excretion

*ICC=Intraclass correlation coefficient for first and second dietary sodium intake estimates by SC (test-retest)

** ICC = Intraclass correlation coefficients for SC and 24h Uri-Na.

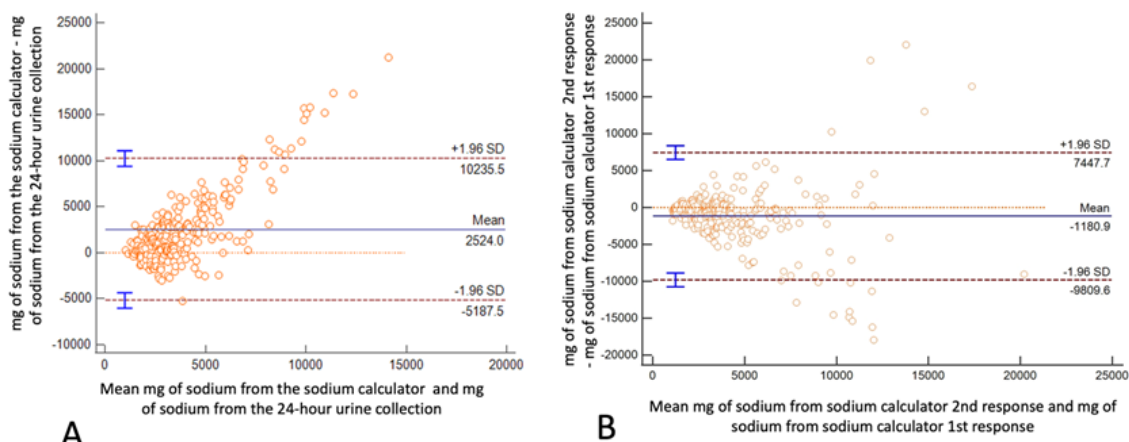


Figure 2. A Bland-Altman plot illustrates the relationship between the differences and the magnitude of the measurements between the sodium mg estimated by the sodium calculator and the 24-hour urine collection. B Bland-Altman plot presents the difference and the mean of variables assessed by the Sodium Calculator on two separate occasions, response 1 and response 2 are considered.

4. Diagnostic Accuracy for Identifying High Sodium Intake

The ability of Sodium Calculator to classify individuals with dietary sodium intake at or above 2300 mg/day, the recommendation established by the American Heart Association (AHA), was determined using the 24hr UNa as the reference standard. Results demonstrated a acceptable sensitivity (82.87%, 95% CI 75.7-88.6%), indicating the SC is capacity to correctly identify individuals with elevated sodium intake. However, specificity was low (25.71%, 95% CI 17.68-35.16%), suggesting a significant proportion of individuals with sodium intake below the 2300 mg/day threshold were incorrectly identified as having elevated intake by the SC (Table 3).

Table 3. Sensitivity and specificity of SC (n = 251)

2300 mg/dL	%	IC 95%
Sensitivity	82.87	75.76- 88.60
Specificity	25.71	17.68- 35.16
Positive predictive value	60.80	57.55- 63.96
Negative predictive value	51.92	39.99- 63.63

5. Predictors of Elevated Sodium Intake

Logistic regression analyses (Table 4) were performed to evaluate the association between SC-estimated sodium intake and 24hr UNa at various intake levels (ranging from 2000 mg/day to 3000 mg/day). All

Table 4. Binary logistic regression between urinary sodium excretion and SC

Determination Urinary Na (24h)	OR [^]	CI 95%	p	OR*	CI 95%	p
>2000 mg/d	4.34	2.52- 7.47	<0.001	4.32	2.49- 7.48	<0.001
>2300 mg/d	3.13	1.86- 5.26	<0.001	3.02	1.78- 5.12	<0.001
>2500 mg/d	2.91	1.73- 4.89	<0.001	2.79	1.65- 4.72	<0.001
>2800 mg/d	2.49	1.46- 4.24	0.001	2.37	1.38- 4.05	0.002
>3000 mg/d	2.41	1.40- 4.15	0.001	2.35	1.36- 4.06	0.002

[^] Raw analysis.

*Adjusted analysis (sex and BMI=body mass index)

levels of dietary sodium intake estimated by the SC were found to be significantly associated with the respective 24hr UNa levels ($p < 0.001$ for all levels), with the strongest association observed for a sodium intake estimate exceeding 2000 mg/day (OR: 4.34, 95% CI: 2.52-7.47). This association was found to remain statistically significant after adjusting for potential confounding effects of BMI and sex.

Discussion

The most reliable method for quantifying dietary sodium intake is 24-hour urinary sodium excretion (UNa), considered the gold standard. However, this method is time-consuming, imposes a high burden on participants, and requires trained healthcare professionals for interpretation. This study evaluated the test-retest reliability and concurrent criterion validity of an online, self-administered tool called the Sodium Calculator (SC) [13]. Participants completed the SC twice, with an average interval of 55 ± 5.3 days between assessments. Although the intended retest period was 7 days, many participants did not adhere to this schedule, which may have influenced the results. Adhering strictly to the 7-day retest interval might have yielded a higher Intraclass Correlation Coefficient (ICC). The SC demonstrated moderate reliability with an ICC of 0.46 ($p < 0.001$), which is lower than the ICC of 0.98 (95% CI 0.95-0.99) reported by Gallani et al. [23], who also assessed test-retest reliability of a food frequency questionnaire by administering it twice. The difference in ICC values may be attributed to the longer interval between tests in the present study compared to 7–15 days in Gallani et al. work. Despite the longer interval, the moderate retest reliability supports the temporal stability of the SC. Moreover, unlike the paper-based questionnaires used by Gallani et al., the SC is an online tool providing instant feedback, which offers the convenience of remote access [23].

The correlation between SC sodium estimates and 24-hour urinary sodium was weak but significant ($r = 0.19$, $p = 0.002$), consistent with findings from Charlton et al. [10], who developed a short questionnaire to classify sodium intake in South Africans and reported a similar weak positive correlation ($r = 0.15$, $p = 0.105$). Similarly, Gallani et al. [23] found a weak yet significant correlation ($r = 0.29$, $p < 0.001$) when combining a food frequency questionnaire and

discretionary salt questionnaire. These weak correlations are common in food frequency questionnaires (FFQs) due to inherent limitations such as self-report biases, including misunderstanding questions, social desirability, misclassification, and dishonesty, all of which may reduce concordance with biomarker-based methods [24–27].

Bland-Altman analysis revealed that the SC overestimated daily sodium intake by approximately 2524 mg compared to 24-hour UNa, a magnitude comparable to the 2300 mg overestimation reported by Gallani et al. [23]. Although FFQs generally tend to overestimate intake [28,29], the bias observed here is less than the 9.1 grams difference noted in another FFQ validation study [28].

While the SC may not be precise for exact quantification, its utility as a screening tool is promising. The SC demonstrated acceptable sensitivity (82.43%) but low specificity (25.71%) for identifying individuals consuming ≥ 2300 mg/day sodium, which differs from the higher specificity reported by Jiménez Rodríguez et al. [30], who found sensitivity and specificity of 91.4% and 96.2%, respectively, using a 24-hour recall and food frequency questionnaire compared against 24-hour UNa. Mason et al. [31] reported a sensitivity of 61% and specificity of 82% for a sodium screening questionnaire (SSQ) in chronic kidney disease patients. Unlike these tools focused primarily on classification, the SC estimates average daily sodium intake by assessing both portion sizes and frequency of consumption. It is important to note that Hosmer and Lemeshow suggest that a test with a sensitivity above 80% is considered “acceptable” [32]. Other authors such as Greiner et al. [33], propose similar ranges, but emphasize that the ideal value depends on the balance between sensitivity and specificity, and on the clinical or public health implications.

Despite overestimation, the SC effectively discriminated individuals exceeding 2000 mg/day sodium intake, aligning with findings by Cooper et al. [34], who validated the SALT tool for identifying high sodium consumers. The SC was developed following rigorous clinimetric methods [13] [35–37],

incorporating frequency of consumption and discretionary salt use, often omitted in other tools. Importantly, it is among the few online sodium assessment tools available in Mexico, accessible anytime at no cost, requiring only internet access.

Limitations include the SC specificity to Mexico City dietary patterns, necessitating numerous questions to capture diverse food choices, including street foods, which may deter accurate responses due to length. The tool also requires users to possess adequate literacy and cognitive skills to complete it reliably. Additionally, participant reluctance to perform 24-hour urine collections posed challenges, underscoring the need for practical tools like the SC as alternatives to biomarker methods. Future studies should aim to reduce the time interval between test and retest to enhance reliability. Although the final sample size of 251 was 70% of the initially calculated 355, it remains adequate for validation purposes per Comrey and Lee criteria [15].

Given the increasing interest in innovative, practical dietary assessment methods, mobile and interactive technologies like the SC offer promising avenues for sodium intake estimation. The SC can facilitate individual awareness, enable healthcare workers to monitor at-risk patients, and serve research and intervention studies in Mexico, where hypertension, cardiovascular, and renal diseases linked to high sodium intake are highly prevalent.

This study was not funded by any organization or agency. For access to the study data, please contact the lead authors.

Conclusions

The Sodium Calculator (SC) showed moderate test-retest reliability and the ability to distinguish between different levels of sodium intake. However, the low agreement with 24-hour urinary sodium excretion (UNa), the established reference method, prevents it from being validated as an accurate quantitative measure of daily sodium intake.

Therefore, the findings do not support the widespread use of the SC as a continuous measure of sodium consumption. Nonetheless, we did find that it can identify increased risk, indicating potential utility like a screening tool in the same population.

Future studies should focus on the potential of the tool as a screening design and also the data with those methods.

Acknowledgments

The authors wish to express their sincere gratitude to all study participants for their valuable collaboration and time. Appreciation is also extended to the staff involved from the Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ) and to the workers of the textile factories in Mexico City and the State of Mexico for their invaluable support in the data collection process.

Conflict of Interest

The authors declare no competing financial or personal interests that could have influenced the results or interpretation of this study. The absence of direct external funding ensures the independence of the researchers in the study design, data collection, analysis, and interpretation, as well as in the preparation and publication of the manuscript.

References

1. World Health Organization /Volkov. Sodium reduction. 2025. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/sodium-reduction>
2. Vallejo M, Colín-Ramírez E, Rivera Mancía S, Cartas Rosado R, Madero M, Infante Vázquez O, et al. Assessment of Sodium and Potassium Intake by 24 h Urinary Excretion in a Healthy Mexican Cohort. *Arch Med Res.* 2017;48 (2):195–202. <https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2017.03.012>
3. Vega-Vega O, Fonseca-Correa JI, Mendoza-De la Garza A, Rincón-Pedrero R, Espinosa-Cuevas A, Baeza-Arias Y, et al. Contemporary Dietary Intake: Too Much Sodium, Not Enough Potassium, yet Sufficient Iodine: The SALMEX Cohort Results. *Nutrients.* 2018;10 (7): 816. <https://doi.org/10.3390/nu10070816>
4. Vargas-Meza J, Cervantes-Armenta MA, Campos-Nonato I, Nieto C, Marrón-Ponce JA, Barquera S, et al. Dietary Sodium and Potassium Intake: Data from the Mexican National Health and Nutrition Survey 2016. *Nutrients.* 2022;14(2):281. <https://doi.org/10.3390/nu14020281>

5. 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. Salud Publica Mex.* 2023;65 (Supl 1): s248-s258. <https://doi.org/10.21149/14785>
6. Ju SY. Changes in Eating-Out Frequency according to Sociodemographic Characteristics and Nutrient Intakes among Korean Adults. *Iran J Public Health.* 2020;49(1):46-55. <https://doi.org/10.18502/ijph.v49i1.3051>
7. Morales-Guerrero JC, Miranda-Alatraste PV, Villafuerte-Salazar MG, Espinosa-Cuevas Á, Cassis-Nosthas L, Colín-Ramírez E. Determination of the chemical compositions of Mexican antojitos and dishes in Mexico City. *J Food Compos Anal.* 2023;118:105156. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105156>
8. Colín-Ramírez E, Arcand J, Ezekowitz JA. Estimates of Dietary Sodium Consumption in Patients With Chronic Heart Failure. *J Card Fail.* 2015;21(12):981-988. <https://doi.org/10.1016/j.cardfail.2015.08.345>
9. Bentley B. A review of methods to measure dietary sodium intake. *J Cardiovasc Nurs.* 2006;21(1):63-67. <https://doi.org/10.1097/00005082-200601000-00012>
10. Charlton KE, Steyn K, Levitt NS, Jonathan D, Zulu JV, Nel JH. Development and validation of a short questionnaire to assess sodium intake. *Public Health Nutr.* 2008;11(1):83-94. <https://doi.org/10.1017/s1368980007000146>
11. Miranda-Alatraste PV, Colín Ramírez E, Guillén Hernández M, Rivera Mancía S, Rosado RC, Espinosa-Cuevas Á, et al. Nutrición Hospitalaria Trabajo Original Valoración nutricional Development of a screening tool for a high sodium intake in an adult Mexican population. 2018; 35 (5): 1163-1173. <http://doi.org/10.20960/nh.1789>
12. Zhu F, Bosch M, Woo I, Kim S, Boushey CJ, Ebert DS, et al. The Use of Mobile Devices in Aiding Dietary Assessment and Evaluation. *IEEE J Sel Top Signal Process.* 2010;4(4):756-766. <https://doi.org/10.1109/jstsp.2010.2051471>
13. Colín-Ramírez E, Cartas-Rosado R, Miranda Alatraste PV, Espinosa Cuevas Á, Arcand J, Morales Guerrero JC, et al. Development of an online tool for sodium intake assessment in Mexico. *Rev Panam Salud Pública.* 2019;43:1-6. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2019.90>
14. Arcand J, Abdulaziz K, Bennett C, L'abbé MR, Manuel DG. Developing a Web-based dietary sodium screening tool for personalized assessment and feedback. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2014;39(3):413-414. <https://doi.org/10.1139/apnm-2013-0322>
15. Comrey AL, Lee HB. *A First Course in Factor Analysis.* Taylor and Francis; 2013. <https://doi.org/10.4324/9781315827506>
16. Stewart A, Markfell-Jones M, Olds T, Ridder H. Protocolo Internacional para la valoración antropométrica. *Isak.* 2011;82:1-117.
17. Naser AM, He FJ, Rahman M, Venkat Narayan KM, Campbell NRC. Urinary Sodium Excretion and Blood Pressure Relationship across Methods of Evaluating the Completeness of 24-h Urine Collections. *Nutrients.* 2020;12(3):2772. <https://doi.org/10.3390/nu12092772>
18. Akoglu H. User's guide to correlation coefficients. *Turk J Emerg Med.* <https://doi.org/10.1016/j.tjem.2018.08.001>
19. Koo TK, Li MY. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *J Chiropr Med.* 2016;15 (2):155-163. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>
20. Hove D ten, Jorgensen TD, van der Ark LA. Updated guidelines on selecting an intraclass correlation coefficient for interrater reliability, with applications to incomplete observational designs. *Psychol Methods.* 2024;29(5): 967-979. <https://doi.org/10.1037/met0000516>
21. Eckel RH, Jakicic JM, Ard JD, de Jesus JM, Houston Miller N, Hubbard VS, et al. 2013 AHA/ACC guideline on Lifestyle management to reduce cardiovascular risk: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol.* 2014;63 (25 Pt B):2960-2984. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.11.003>
22. Gallagher D, Heymsfield SB, Heo M, Jebb SA, Murgatroyd PR, Sakamoto Y. Healthy percentage body fat ranges: An approach for developing guidelines based on body mass index. *Am J Clin Nutr.* 2000;72(3):694-701. <https://doi.org/10.1093/ajcn/72.3.694>
23. Gallani MC, Proulx-Belhumeur A, Almeras N, Després JP, Doré M, Giguère JF. Development and Validation of a Salt Food Frequency Questionnaire (FFQ-Na) and a Discretionary Salt Questionnaire (DSQ) for the Evaluation of Salt Intake among French-Canadian Population. *Nutrients.* 2020;13(1):105. <https://doi.org/10.3390/nu13010105>
24. Aaby D, Siddique J. Effects of differential measurement error in self-reported diet in longitudinal lifestyle intervention studies. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2021;18: 125 <https://doi.org/10.1186/s12966-021-01184-x>
25. Kipnis V, Midthune D, Freedman LS, Bingham S, Schatzkin A, Subar A, Carroll RJ. Empirical evidence of correlated biases in dietary assessment instruments and its implications. *Am J Epidemiol.* 2001;153(4):394-403. <https://doi.org/10.1093/aje/153.4.394>
26. Kipnis V, Midthune D, Freedman L, Bingham S, Day NE, Riboli E, Ferrari P, Carroll RJ. Bias in dietary-report instruments and its implications for nutritional epidemiology. *Public Health Nutrition.* 2002;5(6a):915-923. <https://doi.org/10.1079/PHN2002383>
27. Whitton C, Ramos-García C, Kirkpatrick SI, Healy JD, Dhaliwal SS, Boushey CJ, et al. A Systematic Review Examining Contributors to Misestimation of Food and Beverage Intake Based on Short-Term Self-Report Dietary Assessment Instruments Administered to Adults. *Adv Nutr.* 2022;13 (6):2620-2665. <https://doi.org/10.1093/advances/nmac085>
28. Kelly C, Geaney F, Fitzgerald AP, Browne GM, Perry IJ. Validation of diet and urinary excretion derived estimates of sodium excretion against 24-hour urine excretion in a worksite sample. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2015;25 (8):771-779. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2015.04.010>

29. Vijay A, Mohan L, Taylor MA, Grove JI, Valdes AM, Aithal GP, et al. The evaluation and use of a food frequency questionnaire among the population in Trivandrum, south Kerala, India. *Nutrients.* 2020;12 (2): 383. <https://doi.org/10.3390/nu12020383>
30. Jiménez Rodríguez A, Palomo Cobos L, Rodríguez-Martín A, Fernández del Valle P, Novalbos-Ruíz JP. Design of a Nutritional Survey to Detect High Dietary Salt Intakes and Its Usefulness in Primary Care Compared to 24-Hour Urine Sodium Determination. *Nutrients.* 2023;15 86):1542 <https://doi.org/10.3390/nu15061542>
31. Mason B, Ross L, Gill E, Healy H, Juffs P, Kark A. Development and Validation of a Dietary Screening Tool for High Sodium Consumption in Australian Renal Patients. *J Ren Nutr* 2014;24 (2):123-134.e3. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2013.10.004>
32. Hosmer DW, Lemeshow S. *Applied Logistic Regression.* New York: John Wiley & Sons; 2000. <https://pzs.dstu.dp.ua/DataMining/mls/bibl/logistic.pdf>
33. Greiner M, Two-graph receiver operating characteristic (TG-ROC): a Microsoft-EXCEL template for the selection of cut-off values in diagnostic tests. *J Immunol Methods.* 1995;185 (81):145-146. [https://doi.org/10.1016/0022-1759\(95\)00078-O](https://doi.org/10.1016/0022-1759(95)00078-O)
34. Cooper M, Simpson JR, Klutka R. Development and validation of a sodium Analysis tool (SALT). *Nutr J.* 2020, 19 (1):55. <https://doi.org/10.1186/s12937-020-00555-7>
35. Taylor SJC, Carnes D, Homer K, Pincus T., Kahan BC., Hounsome N., et al. Improving the self-management of chronic pain: Coping with persistent Pain, Effectiveness Research in Self-management (COPERS). *Programme Grants for Applied Research* 2016; 4 (14): Appendix 3, Clinimetric study of outcome measures. <https://doi.org/10.3310/pgfar04140>
36. Cruz-Avelar A, Sinaí Cruz-Peralta E. Metodología para la construcción de instrumentos de medición en salud. *Artículo de Revisión* 2017;26(3):100-105. <https://www.medigraphic.com/pdfs/alergia/al-2017/al173d.pdf>
37. Colín-Ramírez E, Espinosa-Cuevas Á, Miranda-Alatríste P, Tovar-Villegas V, Arcand J, Correa-Rotter R. Food Sources of Sodium Intake in an Adult Mexican Population: A Sub-Analysis of the SALMEX Study. *Nutrients.* 2017;9(8):810. <https://doi.org/10.3390/nu908081>

Recibido: 22/05/2025
Aceptado: 08/11/2025

Prebiotic Probiotic Postbiotic Evolution in Food: Latin America Caribbean Trends Regulations

Claudia Verónica Gómez Gómez¹ , Ismael Gastón Castillo Cortéz² .

Abstract: Prebiotic Probiotic Postbiotic Evolution in Food: Latin America Caribbean Trends Regulations.

Introduction. In recent years, Latin America and the Caribbean (LAC) has experienced growth in the demand for functional foods, particularly those with prebiotic, probiotic, and postbiotic (PPPs) properties, which are not subject to special regulation in the region. Prebiotics are defined as non-digestible ingredients or fibers. Probiotics are defined as harmless microorganisms incorporated into food with health benefits. Postbiotics are defined as substances derived from these microorganisms. **Objective.** The purpose of study is to identify products as PPPs that have been manufactured or marketed in LAC and to evaluate the health and content claims indicated on their labels according to available international scientific evidence.

Materials y methods. The article attempts to fill this gap by conducting a document content analysis (DCA) and a systematic literature review (SLR) of three main sources: the institutional national and international regulation platforms; the information on distribution channels of them in the World and LAC; finally, the literature reviews on formal databases Google Scholar and Scielo covering the period 2010–2025. This review will be applied with precision to three general food marketing regulations: Food safety declarations/regulations/government policies; inspections by product/market/raw materials and food manufacturing/marketing/labeling. **Results.** Findings indicate a lack of specific legislation for prebiotic, probiotic, and postbiotic foods in LAC. Opportunities for commercializing PPP products in the region are increasing, based on an exhaustive analysis of marketing strategies and the current regulatory framework. **Conclusions.** Better control of labeling information for these products aimed at consumers is needed, ensuring the clarity of their content globally.

Arch Latinoam Nutr 2025; 75(4): 299-309.

Keywords: functional foods, prebiotics, probiotics, postbiotics, food industry, regulation, claims.

Resumen: Prebiótico Probiótico Postbiótico Evolución en Alimentos: América Latina Caribe tendencias regulaciones. Introducción.

En los últimos años, América Latina y el Caribe (ALC) ha mostrado un notable aumento en la demanda de alimentos funcionales especialmente con propiedades prebióticas, probióticas y postbióticas (PPPs), productos que actualmente no están sujetos a una regulación especial en la región. El estudio define a los prebióticos como fibras no digeribles; a los probióticos como microorganismos inoocuos con beneficios para la salud; y a los postbióticos como sustancias derivadas de ellos. **Objetivo.** Identificar los productos PPPs fabricados o comercializados en ALC y evaluar las declaraciones de propiedades y contenido en sus etiquetas, contrastándolas con la evidencia científica internacional disponible.

Materiales y métodos. Para llenar el vacío regulatorio existente, el artículo emplea una metodología dual: un análisis de contenido documental (DCA) y una revisión sistemática de la literatura (SLR). Las fuentes analizadas son plataformas de regulación institucionales (nacionales e internacionales), canales de distribución en el mundo y ALC, y bases de datos académicas (Google Académico y Scielo) para el período 2010–2025, asegurando la validez del estudio. Esta revisión se centra en tres áreas regulatorias clave: inocuidad alimentaria (políticas), inspecciones (por producto, mercado y materias primas) y el etiquetado.

Resultados. Indican una clara ausencia de legislación específica para los alimentos con PPPs en ALC. A pesar de esto, las oportunidades comerciales persisten actualmente y están creciendo, impulsadas por las estrategias de marketing y el marco regulatorio actual. **Conclusiones.** Es fundamental mejorar urgentemente la supervisión de la información en el etiquetado, garantizando su claridad para la protección global del consumidor. **Arch Latinoam Nutr 2025; 75(4): 299-309.**

Palabras clave: alimentos funcionales, prebióticos, probióticos, postbióticos, industria de alimentos, regulaciones, declaraciones.

¹Universidad Católica de Temuco, Chile. Facultad de Ciencias Jurídicas, Económicas y Administrativas. Departamento de Ciencias Económicas y Administrativas- Ingeniería Comercial. Campus San Francisco. Montt# 56 La Araucanía, Chile. ²Empresas IANSA, Km 687 Ruta 5 Sur. Quepe – La Araucanía. Autor para la correspondencia: Claudia Gomez, e-mail: claudia.gomez@uct.cl

Introduction

The functional food market is expanding due to rising demand for digestive and Immune health



products, particularly prebiotics, probiotics, and postbiotics (PPPs) (1).

The prebiotic health market (USD 2.99B in 2024) is driven by inulin use in dairy and infant formula, with a 5.15% Compound Annual Growth Rate (CAGR) (2024–2029) (2). Probiotic (USD 113.43B by 2029, CAGR: 7.53%) dominate Asia-Pacific, offering gut and immune benefits (3, 4) and is the fastest-growing region, with probiotic products available in 196 countries (2, 5). Postbiotics (e.g., microbial metabolites) gain traction for stability and clinical applications (6). This study analyzes regulatory gaps in LAC's PPP market using Asymmetric Information Theory (7,8,9), highlighting: misleading claims from producer-consumer information gaps, lagged standards vs. global frameworks (WHO, EFSA) and policy needs: transparent labeling, verified health claims, and safety protocols. Methods include a literature review (2010–2025, Google Scholar/Scielo) and internet market analysis of LAC distribution channels. In this analysis, information on prebiotics, probiotics, and postbiotics is analyzed for each continent and country only in the market where information on them was found.

Theoretical and Legal foundations review in the commercialization of the PPPs products in international markets PPPs regulation faces a “market for lemons” risk where low-quality products may substitute high-quality ones due to information asymmetry. Manufacturers exploit regulatory gaps by lowering standards post-market, while consumers struggle to verify label claims about strains and concentrations (10).

The functional food market addresses this through certifications, scientific studies and traceability technologies like blockchain. The Pan American Health Organization defines functional foods as containing bioactive components that offer health benefit beyond nutrition (10), supporting the shift from “adequate” to “optimal” nutrition (11). These foods must demonstrate safety and efficacy at normal consumption levels, though regulatory rigor varies globally.

Prebiotics (inulin, Fructooligosaccharides (FOS), Galactooligosaccharides (GOS) selectively nourish beneficial gut bacteria (12-13). While WHO/FAO (14) and EFSA provide guidelines, regulatory harmonization remains challenging.

Marketed in infant foods (improving stool quality and gut flora) (15), they now include innovative formats like pectin-derived oligosaccharides (POS) (16). However, high R&D costs and strict labeling requirements in developed countries hinder market growth.

Comparative international regulation PPPs food and distribution channels in the world Prebiotic food in the world and market and regulatory authority Prebiotic production has expanded significantly due to gut health awareness (17). Inulin, FOS, and GOS are widely used in functional foods, supported by evidence of microbiota benefits (18-19). Market share leaders: Asia-Pacific (44%), North America (28%), Europe (19%) (20). EFSA/FDA approvals drive innovation (21), but cost and education challenges persist (22).

Asia Prebiotic Market

Asia Pacific's feed prebiotics market grows due to antibiotic restrictions, with India's FSSAI implementing new veterinary drug rules (2025) (23). Indonesia's National Agency of Food Control BPOM approved “prebiotic” for chicory-root inulin/oligofructose ($\geq 4.5\text{g/L}$, 30:70 ratio) in milk powder for ages 3+ (24), reflecting demand for digestive health solutions.

North America Prebiotic Market

United States: FDA regulates PPPs as food additives (21 CFR 172), GRAS substances (25), and dietary supplements (DSHEA) (26), requiring clinical studies for health claims (27). Canada classifies prebiotics as functional foods/NHPs under Food and Drug Regulations (28).

Europe Prebiotic Market- European Commission (EC)- Directorate General for Health and Consumers. Directive on Food Supplements (Directive 2002/46/EC)

The EU regulates prebiotics under multiple frameworks: food supplements must meet Safety standards (29), Regulation (EU) No. 432/2012 authorizes EFSA-backed health claims (31-32), and novel foods require safety assessments (34). Key points: “prebiotic” claims are unauthorized (30,35); approved ingredients like GOS and 3-Fucosyllactose (3-FL) undergo strict

evaluations (33-34). Regulation (EC) No 1924/2006 governs claims (33). Market leaders include Tereos Group and Royal Cosun (2). EFSA approves specific claims (e.g., gut health) but requires strong evidence (32,35). Recent approvals expand GOS uses (33-34).

Probiotic Food in the World and Market

Probiotics, live microorganisms providing health benefits when consumed adequately,

Have evolved from niche supplements to mainstream products. Growing awareness of the Gut microbiome's health role has driven scientific and commercial interest. Research Supports their benefits for gut health, immunity, and mental well-being (35,36).

FAO/WHO established probiotic evaluation guidelines in 2002 (37). Market leaders: Asia Pacific (36%), North America (25%), Europe (20%), LAC (15%), and MEA (5%). This growth reflects strong scientific validation and consumer demand for microbiome-supporting products.

North America Probiotic Market.

USA – FDA and Canada- HC. Food Directorate

It is possible to consider “functional foods” in any of the aforementioned food and supplement categories, based on their natural origin. From a legislative perspective, foods with probiotics could fit into several of the four food categories described by the FDA; however, in the United States, the health benefits of dairy products with added probiotics, prebiotics, or cultures are not explicitly recognized. The main probiotic strains in USA are: *L. acidophilus*. Source: Rhodia, Inc. (Madison, WI. USA.); *L. acidophilus* DDS-1. Source: Nebraska Cultures, Inc. (Lincoln, NE. USA); *L. crispatus* CTV05. Source: Gynelogix, (Boulder, CO, USA) and *S. boulardii*. Source: Biocodex Inc. (Seattle, WA. USA).

In Canada are: *L. fermentum* RC-14. Source: Urex Biotech Inc. (London, Ontario,

Canada); *L. acidophilus* R0011. Source: Institut Rosell (Montreal, Canada) (38).

European Union Probiotic Market

Global definitions of functional foods vary: Europe/U.S. classify them as GRAS, while LAC countries regulate them as supplements. Prebiotic/probiotic claims differ; postbiotics

Show promise for gut health (39). Key strains include *L. acidophilus* LA-1 (Chr. Hansen), *L. rhamnosus* GG (Valio Dairy), and others (38). Regulatory gaps persist, urging Standardized frameworks. Postbiotics gain traction for stability and clinical benefits.

Asia and Australian Prebiotic /Probiotic Market

China (MOH): Prebiotics/probiotics fall under multiple categories (40). GOS/FOS are fortifiers; inulin—novel food; lactulose—additive. “Prebiotic” claims restricted in infant foods. Approval: 1–2 years. Japan (MHLW/CAA): Regulates via FOSHU (41,42) & FFC (43). FFC updates mandate GMP by 2026 (43). Key strain: *L. casei* Shirota (Yakult) (38). Australian continent (FSANZ/TGA): Guides probiotics/postbiotics in medicines (44). Market strain: *B. lactis* HN019 (38).

Latin America and the Caribbean - (LAC) Prebiotic/ Probiotic Market

Latin America regulates prebiotics under varied frameworks, often overlapping with probiotics. Argentina (ANMAT): Functional ingredients/additives under Food Code Articles 1383 (approved prebiotics) & 1385 (claims) (45), plus Disposition 4980/2005 for Functional foods (46). Brazil (ANVISA): Classified as functional ingredients/additives under RDC16/1999 (48), RDC 18/2008 (scientific proof required) (49), and IN 60/2016 (Approved claims) (50). Chile: Prebiotics are additives (RSA Art. 120) (51,52) or supplements (Decree 309/2015) (52) but lack legal definition (53). Claims require evidence (54), facing classification challenges (55). Market includes products like NUP! Pylori OFF (56). Colombia (INVIMA): Functional ingredients under Res. 333/2011 (health benefits) (58) And 810/2021 (labeling) (59). Mexico (COFEPRIS): Regulated as Functional ingredients/additives under NOM-086 (functional foods) (60) and NOM-218 (supplements) (61), requiring premarket approval (62). Peru (DIGESA): Governed by Supreme Decree 007-98-SA (safety) (63) and Resolution 546-2013 (claims) (64), mandating scientific evidence. Regional challenges include inconsistent definitions despite growing demand.

Postbiotic Food in the World and Market

Postbiotics, derived from probiotic activity, enhance gut health (65) and immune function.

The global market is growing at 12-15% CAGR (2023-2030) due to gut health awareness and postbiotic stability (66)(67). North America (15-20% share): Largest market (U.S./Canada), led by ADM(USA) and Lallemand (Canada (2, 68). Europe (25-30% share): Strong in Germany/France, with Nestlé (Switzerland) and Danone (France) leading (67) (69). Asia-Pacific (40-45% share): Fastest-growing (Japan/China/India), driven by Morinaga Milk (Japan) (70). LAC (5%) & MEA (2%): Emerging markets (71). Applications: Supplements (40%), functional foods (30%), infant nutrition (15%), animal feed (10%) (72). Advantages: Shelf stability, proven efficacy (73, 74). Regulatory approvals (FDA/EFSA/FSSAI) boost adoption (75).

Methodology in the normative economic analysis of food regulations

This study employs a sequential mixed-methods design, utilizing DCA to examine food regulatory frameworks (75,76) as the primary methodology and as a complementary analytical technique, the SLR was conducted following PRISMA guidelines, with a protocol registered in PROSPERO that defined PICOS/S inclusion/exclusion criteria. The search across key databases utilized controlled vocabulary and AI tools to prioritize relevant records and control for selection bias. The selection process was documented in a PRISMA flow diagram. Evidence quality was assessed using an adapted GRADE approach, integrating Asymmetric Information Theory with economic/social science concepts. The DCA analyzed the SLR corpus, employing a deductive-inductive coding matrix. Deductive categories integrated Asymmetric Information Theory to identify power structures and the FAIR (Findability, Accessibility, Interoperability, Reusability) and

DEIA (Diversity, Equity, Inclusion, and Accessibility) principles to examine discursive treatment. Inductive categories captured emergent themes. The resulting narrative synthesis intertwines the thematic findings from the SLR with the discursive analysis from the DCA. The FAIR/DEIA principles transversally guided methodological ethics, ensuring equity through the inclusion of grey literature and bias mitigation. Thus, this framework critically articulates “what is known” (SLR) with “how it is stated and what relations are configured” (DCA). The approach involves: (1) reviewing prior studies; (2) systematically analyzing regulatory documents; and (3) organizing data into three themes: food safety policies, product/market inspections, and manufacturing/labeling rules. Data sources include Google Scholar/Scielo (2010–2025), comparing Latin American (LAC) and international standards. DCA follows four phases: document selection, logical analysis, scientific abstraction, and multi-source synthesis (bibliographic/digital/institutional). Systematic Literature Review (SLR) principles enhance rigor (77), with an 8-step qualitative design. Step 5 includes: academic searches, snowballing, and gray literature collection. The protocol begins with: Stage 1 PICOS-guided research questions: “What regulatory advances exist in PPPs commercialization in LAC (2010–2025) vs. North America/Asia/Europe?”. Implementation: Stage 2 applied the SLR protocol (78), analyzing LAC regulations via Scielo/Google Scholar and GEMINI AI (English/Spanish/Portuguese). Keywords: “pre/pro/postbiotics,” “regulations,” “LAC” (Table 1). Cultural contexts were addressed, focusing on three regulatory dimensions with narrative synthesis. Data Retrieval: Stage 3 extracted data from Google Scholar (global) and Scielo (LAC-specific), using: (1) database searches, (2) snowballing, and (3) gray literature. Screening followed FAIR/DEIA principles: abstract review → full-text analysis. No yield limits were set; gray literature supplemented peer-reviewed sources.

Test evaluation and analysis

Research was evaluated using: publication metrics (year/location); GRADE system (social science adaptation); 9-point relevance scale. Narrative synthesis compared evidence quality/quantity, employing three legislative-focused qualitative codes to streamline analysis. Methodological choices balanced rigor with resource optimization in regulatory literature examination.

Table 1. Search equations for PPP food in Human Health

SEARCH WORDS	(KEY ("prebiotic" OR "probiotic" OR "postbiotic") AND "safety regulations" "claims regulations") OR (KEY ("food security AND/OR ("government policies") (KEY "declarations and inspections by product/market") AND ("raw materials) AND/ OR (KEY "food manufacturing) AND/OR ("labeling") ("marketing") AND/OR/IN KEY ("LAC"). Spanish, English and Portuguese.
DIMENSIONS 1/2/3	1 Regulaciones de declaraciones de seguridad alimentaria y Políticas gubernamentales. 1 Food Safety Claims Regulations and Government Policies. 1 Regulamentos de Declarações de Segurança Alimentar e Políticas Governamentais. 2 Regulaciones de declaraciones e inspecciones por producto/mercados vinculados como materias primas. 2 Regulations of declarations and inspections by product/ market linked as raw materials. 2 Regulamentos de declarações e inspeções por produto/ mercados vinculados como matérias-primas. 3 Regulaciones de declaraciones que afectan a manufacturas de alimentos y etiquetado. 3 Regulations of declarations that affect food manufactures and labeling. 3 Regulamentos de declarações que afetam a fabricação e rotulagem de alimentos
LITERATURE TYPE	Journal- All
PUBLICATION YEAR	2010-2025
TEMATIC AREA	Applied social sciences- Social sciences – Law- Multidisciplinary

Source: Own elaboration, 2025

Results

The analysis of PPPs literature reveals a predominant focus on nutritional, medical, and biotechnological aspects rather than legal/regulatory frameworks. Despite using Scielo and Google Scholar - comprehensive databases for LAC publications in Spanish, English, and Portuguese - minimal documentation exists on PPPs regulations in the region. The study examined basic PPPs commercialization rules, tracking regulatory specifications and their evolution across countries. Methodological consistency was maintained through systematic citation management and comprehensive content analysis (beyond abstracts). Findings indicate ongoing global disagreement about defining functional foods/PPPs, with Economic organizations adopting varied conceptualizations.

While some nations update

Food regulations with technological advances, others resist adoption of PPPs, resulting in Scarce publications about regional regulatory progress.

LAC literature primarily addresses PPPs conceptualization, innovation, and applications rather than legislative aspects. Both databases show limitations: articles typically discuss general food characteristics or health/nutrition aspects without consistent legislative or public policy approaches. Google Scholar provided information across all three established search dimensions (food safety policies, product/market inspections, manufacturing/labeling), while Scielo mainly covered dimension 1 (food safety policies). This regulatory gap persists despite PPPs' growing commercial importance, highlighting the need for standardized definitions and region-specific legal frameworks that address both technological advancements and public health considerations. In both databases, bibliographic reviews reveal a paucity of peer-reviewed articles on the topic, as well as comparative studies between similar products in various Latin American topic,

as well as comparative studies between similar products in various LAC countries. The results indicate a lack of information on the legislative and marketing management of PPP food products. What they do share individually as a country and collectively is the use of the *Codex Alimentarius*. The initial results of the analysis in the Scielo database for the areas of social sciences, health, multidisciplinary and law, are shown in Table 2. Regulations on the types of foods addressed are more related to product quality controls and their production certifications for marketing—such as ISO 9000 or HACCP—

than to the identification of their content, nutrients, or special or differentiating characteristics. The Scielo database has indexed peer review; however, the Google Scholar database, although it finds a greater number of articles published in the three dimensions of the study indicated, the types of arbitration for their publication are different. Analysis reveals international PPPs regulations focus on certification, while LAC lacks value-based standards. Most cover only general food safety rules. Scielo yielded just one article (Dimension 1), versus Google Scholar's 14 (6-D1, 3-D2, 5-D3). See Table 2. Developed Nations (Japan/US/EU) have advanced PPPs frameworks, while LAC relies on *Codex Alimentarius* (WHO/FAO/WTO). Argentina,

Table 2. Scielo and Google Scholar Database Search of PPPs - LAC 2010-2025

Search Criteria Dimension	No. of Items Found 2010-2025	Number Database (Articles) Scielo Indexing Magazines	Main Area Research Study Objective in Human Health and country:
1.- Food safety declaration regulations/ government policies.	2023	1	-Applied social sciences -Social Sciences -Law- Brazil. -Multidisciplinary
2.- Regulations of declarations and inspections by product/market linked as raw materials.	None found	There are no articles related to PPP food legislation in inspections product / raw materials in LAC.	-Applied social sciences -Social Sciences -Law -Multidisciplinary
3.-Declaration regulations affecting food manufacturing/marketing/ labeling.	None found	There are no articles related to PPP food legislation affecting manufacturing labeling in LAC.	-Applied social sciences -Social Sciences -Law -Multidisciplinary
Search criteria	No. of items found 2010-2025	Database Google Scholar Articles	Main Area Research Study objective:
1.- Food safety declaration regulations/ government policies.	2024	1	Social Sciences and Law and Economics. Mexico.
	2023	3	Multidisciplinary. México, Argentina, Ecuador.
	2022	1	
2.- Regulations of declarations and inspections by product/market linked as raw materials.	2015	1	Social Sciences and Law and Economics
	2022	1	Argentina, Colombia.
	2021	1	Multidisciplinary.
3.-Declaration regulations affecting food manufacturing/ marketing and labeling	2015	1	Argentina.
	2023	1	Social Sciences and Law and Economics
	2021	1	Argentina, Colombia, México
	2011	1	Multidisciplinary
		Scielo: 1 Google Scholar:14 Total: 15 articles	

Source: Own elaboration, 2025

Brazil, Mexico, Chile, and Colombia dominate regional PPPs literature, but lack legislative proposals. Unlike US/Asia/Europe, no regulatory progress exists in LAC, with minimal research on policy changes for PPPs.

The study identified a small number of articles on regulatory aspects, partly due to the nature of the platforms consulted. Google Scholar and Scielo have a broad and universal scope, with a strong emphasis on scientific literature produced mainly in Latin America and the Caribbean, Spain, and Portugal, where regulatory debate is limited, and it was precisely for this reason that they were selected. The results indicate that there is global disagreement regarding the definition of functional foods/PPP, and that economic organizations adopt diverse conceptualizations.

Methodological consistency was maintained through systematic citation management and in-depth content analysis. This shows that developed countries update food regulations in line with technological advances, while developing countries only adopt PPPs, resulting in few publications on the evolution of regional regulations. The literature from Latin America and the Caribbean mainly addresses the conceptualization, innovation, and applications of PPPs, but not the legislative aspects of public policies.

Policy implications LAC and global markets show a legislative gap for PPPs regulation, with more research in nutrition/biotechnology than policy. Analysis focused on: (1) food safety policies, (2) product/market inspections, and (3) labeling rules. PPPs lack a universal definition but include health-enhancing foods. As a growing market segment, they require specific regulations and public health integration.

This study implemented a sequential mixed-methods framework to analyze regulatory frameworks for PPP products in LAC. The systematic review, conducted following PRISMA guidelines with a protocol registered in PROSPERO, identified and evaluated evidence on regulatory developments (2010-2025). The use of controlled vocabulary, AI tools (GEMINI AI), and an adapted GRADE approach integrating asymmetric information theory minimized selection biases. The inclusion of gray literature following FAIR/DEIA principles incorporated underrepresented perspectives. The DCA employed a deductive-inductive coding matrix. Deductive categories, based on asymmetric information theory and FAIR/DEIA principles, deconstructed regulatory discourse to

identify related structures. The inductive categories captured emerging themes. The narrative synthesis integrated the thematic findings of the SLR (food safety policies, inspections, and labeling regulations) with the discursive analysis of the DCA. This approach confirmed a critical regulatory gap in Latin America and the Caribbean, characterized by dependence on the Codex Alimentarius and the predominance of technoscientific approaches over normative ones. The study demonstrates that addressing this gap requires not only legislative proposals but also a discursive shift that prioritizes regulatory sovereignty, equity, and transparency.

Discussion

The obtained results confirm the existence of a critical gap in the regional scientific Literature concerning the regulatory framework for PPPs. This discussion is structured around three main axes derived from the findings: First, the dominance of techno-scientific approaches over regulatory ones. The overwhelming preference for research on nutritional, medical, and biotechnological aspects reflects a global trend in PPP literature.

However, within the LAC context, this disparity is more acute, marginalizing legal and public policy research. This suggests that technological innovation and scientific research are advancing at a much faster pace than the regulatory capacity of countries in the region. The direct consequence is a legal vacuum that can hinder intra-regional commercialization, fail to protect consumers, and stifle R&D investment by creating an environment of legal uncertainty. Second, the dependence on the *Codex Alimentarius* and the lack of regulatory sovereignty. The finding that LAC countries share an almost exclusive use of the *Codex Alimentarius* as a normative reference is a double-edged sword. While it provides a harmonized and internationally recognized foundation, it also highlights a lack of endogenous regulatory development tailored to the region's specific

realities. The frameworks of Japan, the U.S., and the EU are proactive and integrated with their innovation and public health policies. In contrast, Latin America's reliance on general Codex standards, often focused on safety and quality certifications (ISO, HACCP), leaves crucial aspects of PPPs unaddressed, such as health claims, labeling veracity, and definition standardization. This lack of "regulatory sovereignty" places the region in a reactive position and makes it vulnerable to importing foreign regulations that may not be suitable. Third, the limitations of databases and the publication ecosystem. The methodological choice to use Scielo and Google Scholar was intentional to capture the intellectual production of LAC, but the results also expose the inherent limitations of this publication ecosystem. The scarcity of peer-reviewed articles on legislative aspects is not merely a search problem but a symptom of a larger research deficit. The predominance of grey literature and the lack of in-depth comparative studies indicate that regulatory knowledge may be dispersed in government reports, theses, or unindexed technical documents, making access and systematization difficult.

Furthermore, Google Scholar's superiority in retrieving information across all dimensions underscores its utility for comprehensive searches on emerging topics where formal literature is scarce, although it requires more rigorous screening. This translation maintains a formal American English academic tone, using precise terminology and complex sentence structures appropriate for scholarly discourse. It faithfully conveys the original Spanish meaning while adhering to conventions of English academic writing.

Acknowledgments

We appreciate the financial support provided by the Catholic University of Temuco for the publication of this article. We also thank the experts who validated the relevance and qualitative content of this material.

Conflict of Interest

The authors declare they have no financial interests or personal relationships that could have influenced the work presented in this article. This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

References

1. Mordor Intelligence. Tamaño de mercado de ingredientes prebióticos y análisis de acciones. 2025. <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/prebiotic-ingredient-market>
2. Mordor Intelligence. Tamaño de mercado de prebióticos para piensos. Análisis de tamaño y participación. Tendencias de crecimiento y pronósticos 2029. 2025. <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/global-prebiotics-market-industry>.
3. Gul S, Durante-Mangoni E. Unraveling the Puzzle: Health Benefits of Probiotics-A Comprehensive Review. *J Clin Med* 2024;13(5):1436. <https://doi.org/10.3390/jcm13051436>
4. Mordor Intelligence. Mercado de probióticos - Tamaño, análisis, crecimiento de la industria y tendencias. 2025. <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/probiotics-market>
5. World Gastroenterology. Probióticos y prebióticos. 2023. <https://www.worldgastroenterology.org/guidelines/probiotics-and-prebiotics/probiotics-and-prebiotics-spanish>
6. Salminen S, Collado MC, Endo A, Hill C, Lebeer S, Quigley EM, et al. The International Scientific Association of Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of postbiotics. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* 2021;18(9):649-67. <https://doi.org/10.1038/s41575-021-00440-6>
7. Akerlof, G. A. The market for "Lemons": Qualitative uncertainty and the market mechanism, 1970; 86 (3): 488-500. <https://doi.org/10.2307/1879431>
8. Spence, M. Product Selection, Fixed Costs, and Monopolistic Competition, *The Review of Economic Studies*, 1976; 43(2): 217-235. <https://doi.org/10.2307/2297319>
9. Stiglitz, J. Incentives and Risk Sharing in Sharecropping. *Rev. Econ. Stud.* 1974; 41 (2): 219-255. <https://doi.org/10.2307/2296714>
10. Organización Panamericana de la Salud (OPS). Reducción de la sal. 2025. <https://www.paho.org/es/temas/reduccion-sal>.
11. Ponomarev S, Mack I, Chouker A. Editorial: Microbiota, nutrition, and stress: Modulators of immunity. *Front. Nutr.* 2023; 10: 1328346. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1328346>
12. Gibson GR, Roberfroid MB. Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. *J Nutr* 1995; 125(6): 1401-1412. <https://doi.org/10.1093/jn/125.6.1401>
13. Slavin J. Fiber and prebiotics: Mechanisms and health benefits. *Nutrients*, 2013; 5(4): 1417-1435. <https://doi.org/10.3390/nu5041417>

14. World Health Organization & Food and Agriculture Organization. Guidelines for the evaluation of probiotics in food.2007. <https://isappscience.org/probiotic-guidelines>
15. Yoo S, Jung SC, Kwak K, Kim JS. The Role of Prebiotics in Modulating Gut Microbiota: Implications for Human Health. *Int J Mol Sci* 2024;25(9):4834. <https://doi.org/10.3390/ijms25094834>.
16. Cullón B, Gómez M, Martínez-Sabajanes, R, Yáñez, J.C, Parajó, J.L, Alonso. Pectic oligosaccharides: Manufacture and functional properties. *Trends Food Sci Technol* 2013; 30 (2):153-161. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.01.006>.
17. Holscher HD. Dietary fiber and prebiotics and the gastrointestinal microbiota. *Gut Microbes*.2017;8(2):172-184. <https://doi.org/10.1080/19490976.2017.1290756>
18. Jubair HR, Abbas FK, Ali BH, Akool HM, Dhahir TM. Nutritional effects of polyphenols, dietary fiber, prebiotic effect, compounds associated with dietary fiber and impact of polyphenols on human intestinal microbiota and their health benefits. *Current Clinical Med Edu* 2025; 3(3): 24-38. <https://www.visionpublisher.info/index.php/ccme/article/view/217>
19. Swanson KS, Gibson GR, Hutkins R. et al. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of synbiotics. 2020. <https://doi.org/10.1038/s41575-020-0344-2>
20. GlobeNewswire. Research and Markets. Global Prebiotics (FOS, Inulin, GOS, MOS) Market Report 2022-2030: Rising Demand in Dietary Supplements in Infant Foods is Expected to Propel Market Growth.19, 2022. <https://www.globenewswire.com/news-release/2022/08/19/2501577/28124/en/Global-Prebiotics-FOS-Inulin-GOS-MOS-Market-Report-2022-2030-Rising-Demand-in-Dietary-Supplements-in-Infant-Foods-is-Expected-to-Propel-Market-Growth.html>
21. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific and technical guidance for the preparation and presentation of an application for authorisation of a health claim (revision 1). *EFSA J* 2011; 9(5):2170. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2170>.
22. Pandey KR, Naik SR, Vakil BV. Probiotics, prebiotics and synbiotics- a review. *J Food Sci Technol*. 2015;52(12):7577-7587. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1921-1>
23. Mordor Intelligence. Asia-Pacific Feed Prebiotics Market Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2025 - 2030). 2025. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/asia-pacific-feed-prebiotics-market-industry>.
24. Nutraceutical Business Review. Indonesia approves prebiotic claim for inulin and oligofructose. 2025. <https://nutraceuticalbusinessreview.com/indonesia-approves-prebiotic-claim-for-inulin-and-oligofructose-176744>.
25. U.S. Food and Drug Administration. GRAS notices for prebiotic substances. 2018. <https://www.fda.gov/food/generally-recognized-safe-gras/gras-notice-inventory>.
26. National Institutes of Health. Dietary Supplement Health and Education Act of 1994. PublicLaw.103417103rd.Congress. https://ods.od.nih.gov/About/DSHEA_Wording.asp x.
27. U.S. Food and Drug Administration. Labeling & nutrition guidance documents & regulatory information.2019. <https://www.fda.gov/food/guidance-documents-regulatory-information>
28. Health Canada. Regulations for natural health products. 2020. <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/drugs-health-products/natural-non-prescription/regulation.html>.
29. European Food Safety Authority (EFSA). Safety of extension of use of galacto oligosaccharides (GOS) as a novel food. *EFSA J* 2021;19(6):6844. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6844>
30. European Commission. Regulation (EU) 2015/2283 on novel foods. OJEU. 2015. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2015/2283/oj/eng>
31. European Food Safety Authority. Scientific opinion on the substantiation of health Claims related to prebiotics. 2011. *EFSA J*, 9(6), 2207. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2207>
32. European Food Safety Authority. Scientific opinion on the substantiation of a health claim related to “native chicory inulin” and maintenance of normal defecation. 2015.*EFSA J* 13(1), 3951. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.3951>
33. Hill C, Guarner F, Reid G, Gibson GR, Merenstein DJ, Pot B, et al. Expert consensus document. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. 2014;11(8):506-514. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>
34. Guarner F, Schaafsma GJ. Probiotics. *Int J Food Microbiol*.1998;39(3):237-238. [http://doi.org/10.1016/S0168-1605\(97\)00136-0](http://doi.org/10.1016/S0168-1605(97)00136-0)
35. European Commission. Commission Implementing Regulation (EU) 2021/900 of 3 June 2021 authorizing the placing on the market of galacto oligosaccharides (GOS) as a Novel food. Official Journal of the European Union. 2021. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2021/900/oj/eng
36. European Commission. Regulation (EC) No 1924/2006 on nutrition and health claims made on foods. Official Journal of the European Union. 2006. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2006/1924/oj/eng>
37. Food and Agriculture Organization of the United Nations; World Health Organization. Guidelines for the evaluation of probiotics in food. London, ON: Joint FAO/WHO Working Group on Drafting Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food. International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP).2002. <https://isappscience.org/probiotic-guidelines>.
38. Nagpal R, Kumar A, Kumar M, Behare PV, Jain S, Yadav H. Probiotics, their health benefits and applications for developing healthier foods: a review. *FEMS Microbial Lett*. 2012;334(1):1-15. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2012.02593.x>

39. European Parliament and Council. Directive 2002/46/EC on the approximation of the laws of the Member States relating to food supplements. OJEU 2002. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2002/46/oj/eng>
40. Global Prebiotic Association. China Regulatory Status.2025. <https://prebioticassociation.org/prebiotic-regulatory-guide/china/>
41. Shimizu T. Newly established regulation in Japan: foods with health claim. *Asia Pac J Clin Nutr.* 2002;11(2): S94-96. <https://doi.org/doi: 10.1046/j.1440-6047.2002.00007.x>.
42. Global Prebiotic Association. Japan Regulatory Status. 2025. <https://prebioticassociation.org/prebiotic-regulatory-guide/japan/>.
43. Food Navigator-Asia. Japanese functional foods businesses legally bound to four new rules from Sep. 2024. Jul 8. <https://www.foodnavigator-asia.com/Article/2024/07/08/japanese-functional-foods-businesses-legally-bound-to-four-new-rules-from-sep>
44. ISAPP 2025. <https://isappscience.org/postbiotics-a-global-perspective-on-regulatory-progress/>.
45. Código Alimentario Argentino (CAA). Capítulo XVIII: Alimentos funcionales. Artículos 1383 y 1385. 2023. <https://www.argentina.gob.ar/anmat/codigoalimentario>
46. Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT). Disposición 4980/2005. Regulación de alimentos funcionales y suplementos dietarios.2005.<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/disposici%C3%B3n-4980-2005-109568>
47. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. ANVISA (2010). Resolução RDC N° 27/2010.<https://es.scribd.com/document/760418307/RDC-27-2010>
48. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (1999). Resolução RDC n° 16, de 30 de abril de 1999. Dispõe sobre o regulamento técnico de procedimentos para registro de alimentos com alegações de propriedades funcionais e ou de saúde em sua rotulagem. *Diário Oficial da União.* 1999. <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/fiscalizacao-e-monitoramento/propaganda/legislacao/legislacao>
49. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC n° 18, de 30 de abril de 2008. Aprova o regulamento técnico sobre probióticos e prebióticos. *Diário Oficial da União.* 2008. https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2008/rdc0018_24_03_2008.html
50. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Instrução Normativa IN n° 60, De 23 de dezembro de 2016. Lista de alegações de propriedade funcional aprovadas. *Diário Oficial da União.* 2016. <https://www.gov.br/inspecao/produtos-vegetal>
51. Ministerio de Salud. Reglamento Sanitario de los Alimentos (Decreto N° 977/96).2020. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=71271>
52. Ministerio de Salud. Decreto N° 309: Reglamento de suplementos alimentarios. 2015. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=194668>
53. Instituto de Salud Pública. Informe técnico sobre regulación de prebióticos en Chile.2021. <https://www.ispch.cl/uploads/resoluciones>
54. Instituto de Salud Pública. Requisitos para declaraciones de propiedades saludables en alimentos.2022. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?i=1105664&f=2018-01-27>
55. European Commission Codex Alimentarius, EFSA. 2025. https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/international-affairs/international-standards/codex-alimentarius_en
56. Meteored. ¡Primer probiótico hecho en Chile sale al mercado! Y fue elaborado en startup liderada por mujeres.2025. <https://www.meteored.cl/noticias/ciencia/primer-probiotico-chileno-sale-al-mercado-y-fue-elaborado-en-startup-liderada-por-mujeres.html>
57. Mercado Libre. Probióticos y Prebióticos. 2025. <https://listado.mercadolibre.cl/probioticos-y-prebioticos>
58. Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA). Resolución 333/2011. Alimentos con propiedades saludables. 2011. https://scj.gov.co/files/R_MPS_0333_2011
59. Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA). Resolución 810/2021. Actualización de requisitos para declaraciones nutricionales. 2021. [https://www.minsalud.gov.co/Resolución No. 81.](https://www.minsalud.gov.co/Resolución%20No.%2081)
60. Secretaría de Salud. México. Norm Oficial Mexicana NOM-086-SSA1-1994. Alimentos con propiedades funcionales. 1994. https://dof.gob.mx/hota_detalle.php?codigo=4890075&fecha=26/06/1996#gsc.tab=0
61. Secretaría de Salud. México. Norma Oficial Mexicana NOM-218-SSA1-2011. Suplementos alimenticios. 2011. <https://dof.gob.mx/normasOficiales/4643/salud/salud.htm>
62. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). Reglamento de Control Sanitario de Productos y Servicios. 2023. <https://salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/compi/rcsps.html>
63. Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) Perú. Decreto Supremo 007-98-SA. Reglamento sobre vigilancia sanitaria de alimentos. 1998. [http://www.digesa.minsa.gob.pe/Codex/Ministerio de Salud \(Perú\). Resolución Ministerial 546-2013. Declaraciones de propiedades saludables en alimentos. 2013. <https://www.gov.pe/institucion/minsa/normas-legales/239538-665-2013->](http://www.digesa.minsa.gob.pe/Codex/Ministerio%20de%20Salud%20(Peru).Resolucion%20Ministerial%20546-2013.Declaraciones%20de%20propiedades%20saludables%20en%20alimentos.2013)
64. Mishra B, Mishra AK, Mohanta Y.K. et al. Postbiotics: the new horizons of microbial functional bioactive compounds in food preservation and security. *Food Prod Process Nutr* 2024; 6: 28. <https://doi.org/10.1186/s43014-023-00200-w>.
65. Grand View Research. Postbiotics Market Size, Share & Trends Analysis Report. 2024. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/probiotics-market>
66. Lucintel. Postbiotic Market Report: Trends, Forecast and Competitive Analysis to 2030. 2025. <https://www.lucintel.com/postbiotic-market.aspx>

67. Grand View Research. North America Digestive Health Supplement Market Size & Outlook. 2024. <https://www.grandviewresearch.com/horizon/outlook/digestive-health-supplements-market/north-america>
68. European Food Safety Authority (EFSA). Postbiotic Safety and Efficacy Review. 2023. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2023.7746>
69. Meticulous Research. Postbiotics Market Size, Share, Forecast and Trends Analysis by Source-Global Forecast to 2032. 2025. <https://www.meticulousresearch.com/product/postbiotics-market-5380>
70. Kerry Group. Emerging Markets in Functional Ingredients. 2023. [https://www.kerry.com/kerry › pdf › investors](https://www.kerry.com/kerry%20pdf%20investors)
71. Lallemand Health Solutions. Postbiotic Commercialization Strategies. 2024. <https://www.lallemand-health-solutions.com/en/>
72. Morinaga Milk Industry. Clinical Applications of Postbiotics in Infant Nutrition. 2023. <https://morinagamilk-ingredients.com/>
73. Szydłowska A, Sionek, B. Probiotics and Postbiotics as the Functional Food Components Affecting the Immune Response. *Microorganisms* 2023; 11(1): 104. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11010104>
74. U.S. FDA. Dietary Supplements on Foreign and Domestic Inspections. 2024. <https://www.fda.gov/food/guidance-documents-regulatory-information-topic-food-and-dietary-supplements/dietary-supplement>.
75. Rodríguez B. El análisis documental de documentos digitales y/o multimedia. *Revista Códice* 2005; 1 (2): 19-20. <https://core.ac.uk/download/pdf/290487308.pdf>.
76. Bowen GA. Naturalistic inquiry and the saturation concept: a research note. *Qual Res* 2008; 8(1): 137-152. <https://doi.org/10.1177/1468794107085301>.
77. Bowen GA. Document Analysis as a Qualitative Research Method. *Qual Res J* 2009, (9)2: 27-40. <https://doi.org/10.3316/QRJ0902027>.
78. Hagen-Zanker J, Mallett R. How to do a rigorous, evidence-focused literature review in international development: A Guidance Note. 2013. London: ODI. (www.alnap.org/help-library/how-to-do-a-rigorous-evidence-focused-literature-review-in-international-development).

Recibido: 10/06/2025
Aceptado: 18/09/2025