

Metodologías o herramientas aplicadas a estudios sobre micronutrientes

Methodologies or tools applied to studies on micronutrients

Rosa M. Salmerón-Campos

¹Universidad Iberoamericana Puebla

Contacto: rosa.salmeron.campos@iberopuebla.mx

Capacidades adquiridas: Al finalizar el artículo, los lectores podrán:

- a. Describir las metodologías clásicas e innovadoras aplicadas al estudio de micronutrientes.
 - b. Describir el avance de cada uno de los nuevos procedimientos implementados.
 - c. Describir los avances, limitaciones y perspectivas de las nuevas metodologías desarrolladas.
-

Resumen

Una ingesta adecuada de micronutrientes es fundamental para realizar procesos como la transcripción génica, reacciones enzimáticas, metabolismo, defensa antioxidante, entre otros; sin embargo, su deficiencia sigue siendo un problema de salud pública. Las deficiencias más comunes son: vitamina A, D, B12, hierro, yodo, zinc y folato. Los métodos clásicos de evaluación incluyen el recordatorio de 24 horas y el cuestionario de frecuencia de consumo. Las herramientas más avanzadas incluyen el uso de inteligencia artificial a través del análisis de imágenes contrastadas con bases de datos. También se pueden encontrar métodos que miden marcadores bioquímicos alterados frente a la presencia de ciertos micronutrientes o la medición directa del micronutriente en sangre. En conclusión, aunque los métodos tradicionales continúan vigentes, el uso de tecnologías emergentes es cada vez más frecuente y aceptado.

Palabras clave: Micronutrientes; evaluación nutricional; biomarcadores; inteligencia artificial; ingesta dietética; tecnologías emergentes.

Abstract

Adequate micronutrient intake is essential for processes such as gene transcription, enzymatic reactions, metabolism, and antioxidant defense, among others; however, micronutrient deficiencies remain a public health problem. The most common deficiencies are those of vitamins A, D, and B12, as well as iron, iodine, zinc, and folate. Traditional assessment methods include the 24-hour dietary recall and the food frequency questionnaire. More advanced tools include the use of artificial intelligence through image analysis compared with databases. Methods that measure altered biochemical markers in response to the presence of certain micronutrients or the direct measurement of micronutrients in blood are also available. In conclusion, while traditional methods remain valid, the use of emerging technologies is becoming increasingly common and accepted.

Keywords: Micronutrients; nutritional assessment; biomarkers; artificial intelligence; dietary intake; emerging technologies.

INTRODUCCIÓN

La nutrición constituye uno de los factores modificables más importantes para promover la salud y reducir riesgos de enfermedad. Una ingesta adecuada de micronutrientes es fundamental para realizar procesos como la transcripción génica, reacciones enzimáticas, metabolismo, defensa antioxidante, entre otros (1,2).

A pesar de los avances tecnológicos y científicos, la deficiencia de micronutrientes es una de las formas más comunes de malnutrición en el mundo. Las deficiencias de vitamina A, D, B12, hierro, yodo, zinc y folato son las más frecuentes. Sus consecuencias principales son salud ocular deficiente, bajo peso al nacer, retraso en el desarrollo físico y cognitivo en la infancia, mayor riesgo de enfermedades crónicas en la adultez e implicaciones negativas en inmunidad. Su impacto "invisible" se manifiesta como fatiga, menor claridad mental, baja productividad laboral y escolar y alta morbilidad (1-4).

Los programas de fortificación y suplementación han contribuido a disminuir su prevalencia, pero los retos persisten, especialmente en la precisión para medir la ingesta y evaluar el estado nutricional de los individuos (2-4). La ponencia tuvo como propósito revisar las metodologías y herramientas clásicas e innovadoras aplicadas en estudios sobre micronutrientes, y analizar sus avances, limitaciones y perspectivas.

El recordatorio de 24 horas, el cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos, y los diarios de alimentos y bebidas/pesos y medidas, son métodos dietéticos clásicos empleados para detectar sujetos en riesgo nutricional o de salud relacionado con la alimentación, cuya información es útil para diseñar e implementar intervenciones preventivas o terapéuticas, a nivel individual o poblacional. Sin embargo, la metodología que emplean suele variar en función de si evalúan la dieta de un individuo o de un grupo, o si recuperan datos cualitativos o cuantitativos. Sus limitaciones son escolaridad, compromiso, memoria, capacidad de descripción, hábitos y condiciones del individuo. La precisión de los

datos recolectados depende de la capacitación del entrevistador, calidad de las instrucciones, selección del método, procedimientos de codificación y vaciado de datos, y estimación de porciones (5).

Para hacer frente a las dificultades descritas previamente, surgieron nuevas metodologías apoyadas en la tecnología. Por ejemplo, las herramientas avanzadas de evaluación dietética asistida por inteligencia artificial, basadas en técnicas como el aprendizaje automático, procesamiento de lenguaje natural, deep learning y visión por computadora, las cuales, a través del entendimiento del lenguaje humano, análisis complejo de datos y reconocimiento de imágenes de alimentos pueden clasificar, segmentar, reconocer y predecir patrones dietéticos. Las herramientas basadas en imágenes, donde a través del reconocimiento automático de platillos en aplicaciones móviles, es posible estimar volumen y contenido nutricional con ayuda de bases de datos. Y las herramientas basadas en sensores de movimiento, como relojes o gafas inteligentes, que pueden detectar movimientos de mano o mandíbula asociados al acto de comer (6).

Estas innovaciones resultan prometedoras por su facilidad de uso, rapidez, viabilidad en escenarios reales, capacidad para capturar aspectos del contexto y precisión comparable con los métodos tradicionales, pero enfrentan obstáculos como errores en la estimación de porciones, fallas técnicas, pérdida de datos, falta de estandarización, escasa evidencia en entornos clínicos reales, consideraciones éticas y acceso desigual a la tecnología (6).

Por otra parte, los biomarcadores han sido un recurso fundamental para la evaluación objetiva del estado nutricional. Los clásicos abarcan ferritina sérica, 25-hidroxivitamina D, zinc plasmático y yodo urinario. A diferencia del autorreporte dietético, son indicadores objetivos; sus desventajas implican costos, aspectos logísticos, variaciones relacionadas con estacionalidad o procesos inflamatorios (7).

Debido a que ciertas alteraciones metabólicas pueden evidenciar las deficiencias antes de

que aparezcan los signos clínicos clásicos, se ha explorado el uso de biomarcadores funcionales y metabólicos que permitan detectar deficiencias subclínicas, como el aumento de homocisteína (déficit de folato) o de ácido metilmalónico (déficit de vitamina B12) (8).

Dentro de los métodos analíticos avanzados se identifican la espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS), actualmente el más preciso para oligoelementos, con el uso de un material de referencia consensuado internacionalmente; y la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) o espectrometría de masas para vitaminas, aunque las comparaciones entre laboratorios son más difíciles por la falta de un estándar internacional (8).

De manera paralela han surgido plataformas de nutrición personalizada basadas en biomarcadores y algoritmos de inteligencia artificial que, a partir de un análisis de sangre (por automuestreo en casa o toma de muestra en establecimiento), ofrecen planes persona-

lizados de suplementos y consultas con dietistas. Pese a su contribución en la evaluación precisa del estado nutricional y en la intervención personalizada, surgen interrogantes acerca de la evidencia científica que respalda sus protocolos y las implicaciones éticas.

Como conclusión, el estudio de micronutrientes por métodos tradicionales continúa vigente, no obstante, resulta relevante integrar la innovación tecnológica que amplíe la precisión y el alcance para evaluar el estado nutricional, sin perder de vista inconvenientes como la falta de evidencia científica, aspectos éticos y la democratización del acceso.

Recibido el 29 de noviembre de 2025.

Aceptado para publicación el 13 de diciembre de 2025.

Declaración de conflicto de interés

Declaro no tener conflicto de interés.

Referencias bibliográficas

1. Espinosa-Salas S, Gonzalez-Arias M. Nutrition: Micronutrient Intake, Imbalances, and Interventions. [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. National Library of Medicine; 2023 [citado 28 ago 2025]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK597352/>
2. Passarelli S, Free CM, Shepon A, Beal T, Batis C, Golden C. Global estimation of dietary micronutrient inadequacies: a modelling analysis. *Lancet Glob Health* [Internet]. 2024 [citado 28 ago 2025];12:e1590–99. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(24\)00276-6](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(24)00276-6)
3. Temas [Internet]. Washington: Organización Panamericana de la Salud; s/f. Micronutrientes; s/f. [citado 28 ago 2025]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/micronutrientes>
4. Temas de salud [Internet]. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 2025. Micronutrientes; s/f. [citado 28 ago 2025]. Disponible en: https://www.who.int/es/health-topics/micronutrients#tab=tab_1
5. Suverza A, Haua K. El ABCD de la evaluación del estado de nutrición. 2a ed. México: McGraw Hill; 2023. 438 p.
6. Phalle A, Gokhale D. Navigating next-gen nutrition care using artificial intelligence-assisted dietary assessment tools—a scoping review of potential applications. *Front. Nutr.* [Internet]. 2025 [citado 28 ago 2025];12:1518466. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1518466>
7. Höller U, Bakker SJL, Düsterloh A, Frei B, Köhrle J, Konz T, Lietz G, McCann A, Michels AJ, Molloy AM, Murakami H, Rein D, Saris WHM, Schmidt K, Shimbo K, Schumacher S, Vermeer C, Kaput J, Weber P, Eggersdorfer M, Rezzi S. Micronutrient status assessment in humans: Current methods of analysis and future trends. *TrAC*. [Internet]. 2018 [citado 28 ago 2025];102:110–122. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.02.001>
8. Berger MM, Amrein K, Barazzoni R, Bindels L, Bretón L, Calder PC, Cappa S, Cuerda C, D'Amelio P, de Man A, Delzenne NM, Forbes A, Genton L, Gombart AF, Joly F, Laviano A, Matthys C, Phyto P, Ravasco P, Serlie MJ, Shenkin A, Stoffel NU, Talwar D, van Zanten ARH. The science of micronutrients in clinical practice – Report on the ESPEN symposium. *Clin Nutr.* [Internet]. 2024 [citado 28 ago 2025];43(1):268–283. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2023.12.006>