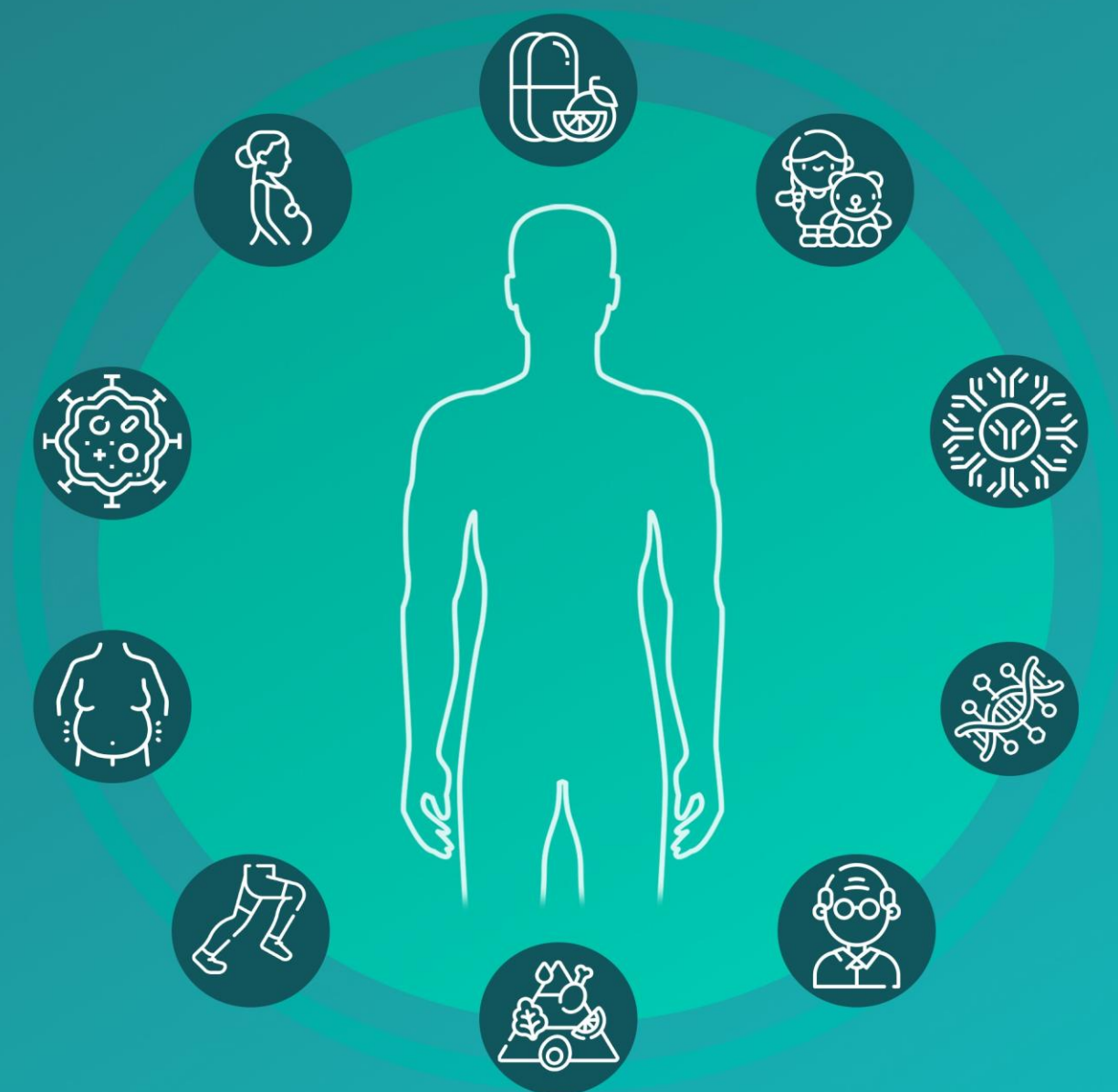




RNC

REVISTA NUTRICIÓN CONTINUA



EQUIPO EDITORIAL**EDITOR GENERAL****Dr. Uriel Alberto Angulo Zamudio**

Doctorado en Biotecnología por la Universidad Autónoma de Sinaloa.
Profesor e Investigador Tiempo Completo.
Facultad de Medicina.
Universidad Autónoma de Sinaloa.
Sistema Nacional de Investigadores I

EDITORA EJECUTIVA**Dra. Maria del Rosario Salomon Benítez**

Doctorado en Gestión de la Educación Superior por
Universidad de Guadalajara.
Coordinadora del Centro de Investigación y Nutrición Continua.

CONSEJO EDITORIAL**Dra. Elisa María Barrón Cabrera**

Doctorado en Ciencias en Biología Molecular en Medicina- Universidad de Guadalajara
Profesora e Investigadora del Posgrado en Nutrición- Universidad Autónoma de Sinaloa
Sistema Nacional de Investigadores I

Dra. Maria Fernanda Salomon Benítez

Docente e Investigadora
Lic. En Nutrición por Universidad Autónoma de Sinaloa
Maestría y Doctorado en Ciencias Biomédicas por la Universidad Autónoma de Sinaloa.

Dra. Nora Angélica De Lira Bustillos

Docente e Investigadora
Lic. en Nutrición por Universidad Autónoma de Sinaloa
Maestría en Nutrición por la Universidad de Durango
Doctora en Biotecnología por la Universidad Autónoma de Sinaloa.

Dra. Alejandra Karam León

Docente e investigadora por Universidad Autónoma de Occidente
Maestría en Ciencias en Biomedicina Molecular, Universidad Autónoma de Sinaloa.
Doctora en Biotecnología, Universidad Autónoma de Sinaloa.

Dr. Jorge Vargas Meza

Nutriólogo, Maestro en Salud pública en Nutrición y Doctor en ciencias en Nutrición poblacional. Estos últimos por la Escuela de Salud Pública de México del Instituto Nacional de Salud Pública.
Investigador en El Poder del Consumidor A.C. y Centro de Investigación en Nutrición (CINyS) del Salud del Instituto Nacional de Salud Pública (INSP).
Sistema Nacional de Investigadores I

EQUIPO DE EDICIÓN**DISEÑO DE REVISTA****Dra. Karina González**

Becerra, Profesora Investigadora de tiempo completo
 Centro Universitario de la Ciénega, Universidad de Guadalajara
 Sistema Nacional de Investigadores I

Dra. Inés Osvely Méndez Guerrero

Departamento de Gastroenterología
 Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán

Lic. Denisse Mireya Rodríguez Ramírez

Lic. en Nutrición Universidad Autónoma de Sinaloa.

LDG. María Fernanda Puga Castaños

RNC Revista Nutrición Continua, Volumen 01, número 2, enero-junio de 2025. Es una publicación electrónica, semestral, editada por el Centro de Investigación y Nutrición Continua, Calle Pedro María Anaya, 294, col. Burócrata, Culiacán, Sinaloa. C.P. 80030. Tel. 6671959895. <https://revistanutricioncontinua.org/>. Editor Responsable: Uriel Alberto Angulo Zamudio nutricioncontinua@gmail.com. **Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2025-070816594600-102**, e-ISSN: (en trámite), ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. DOI:10.70983/rnc240607. Fecha de última modificación 03 de Julio de 2025. Tamaño del archivo 1.36 MB.

RNC Revista Nutrición Continua hace una revisión de trabajos mediante el sistema de arbitraje «doble ciego por pares» a través de especialistas externos a la redacción; por lo que todos los trabajos aquí publicados han sido arbitrados.

Todos los documentos publicados en esta revista se distribuyen bajo una Licencia Creative Commons CC BY 4.0 Copyright: © The Author(s)



Google Scholar

**COMISIÓN DE ARBITRAJE**

Dra. Melissa de Jesús Vega Burqueño
 Universidad Autónoma de Sinaloa

Dra. Ana Laura de la Garza
 Universidad Autónoma de Nuevo León

Dra. Ana Karely Lazcano verduzco
 Universidad Autónoma de Sinaloa.

Dr. Óscar Omar Ramos López
 Universidad Autónoma de Baja California.

Dra. Elcy Yaned Astudillo Muñoz
 Universidad Libre de Colombia.

Dr. Marcos Antonio Pérez Torres
 Universidad Autónoma de Sinaloa

Dr. Feliznando Isidro Cárdenas Torres
 Universidad Autónoma de Sinaloa



ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO

CARTA EDITORIAL	1
Dr. Uriel Alberto Angulo Zamudio	

ARTÍCULOS

<i>Nutrición y Epigenética: Modificaciones epigenéticas influenciadas por nutrimentos y su impacto en la salud y en el desarrollo de enfermedades</i>	3
---	----------

Bryan Tellez Reyes, Gabriel Betanzos Cabrera, Natalia Yazmin González Díaz

<i>Asociación entre anemia en adolescentes embarazadas y peso neonatal al nacer en un hospital de segundo nivel en México.</i>	16
--	-----------

Francisco Javier Castro-Apodaca, Gloria María Peña-García, Ana Rosa Medina-Gutiérrez, Dalia Magaña-Ordorica, Javier Abednego Magaña-Gómez, Jesús Gilberto Arámburo-Gálvez, Eli Terán-Cabanillas, Yuridia Lizet Chaidez-Fernández, Jesús Antonio López-Cervantes, Martha González-Valenzuela, José David Soto-Apodaca, Adrián Canizalez-Roman, Joel Murillo-Llanes.

<i>Asociación entre la composición corporal, parámetros nutricionales y glucemia capilar en adultos jóvenes.</i>	24
--	-----------

Bernardo Daniel Olivas-Ordoñez, Salma Verenice Cristerna-Huerta, Diana Ivedt Reyes-Trujillo, Melissa de Jesús Vega-Burgueño, Dalia Magaña-Ordorica, Marcela de Jesús Vergara-Jiménez, Elisa Barrón-Cabrera.

<i>Recomposición corporal: Revisión de estrategias nutricionales, entrenamiento de fuerza y métodos de evaluación.</i>	39
--	-----------

Abril del Carmen Raygoza-Moreno, Giovanni Isaí Ramírez Torres, María Fernanda Salomón-Benítez



La Nutrición como Pilar de la Salud Global en el Siglo XXI

Es un honor presentarles esta nueva edición de la Revista Nutrición Continua, en un momento en que la nutrición se erige más que nunca como un pilar fundamental para la salud global. Los desafíos contemporáneos, desde la creciente prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles hasta las persistentes brechas en la seguridad alimentaria y nutricional, nos urgen a una comprensión más profunda y a la aplicación efectiva del conocimiento en este campo vital.

En la actualidad, somos testigos de una doble carga de malnutrición que afecta a millones de personas: por un lado, la desnutrición y las deficiencias de micronutrientes, y por otro, el sobrepeso, la obesidad y las enfermedades asociadas como la diabetes y las enfermedades cardiovasculares. Esta compleja realidad demanda enfoques multifacéticos y una investigación rigurosa que trascienda las soluciones simplistas. La nutrición no es solo lo que comemos; es la ciencia de cómo los alimentos interactúan con nuestro cuerpo a nivel molecular, cómo influyen en nuestra genética y epigenética, y cómo se entrelazan con nuestros entornos sociales y económicos.

La relevancia de la composición corporal, por ejemplo, va más allá de la estética. Entender la proporción de masa grasa y masa muscular es crucial para evaluar el riesgo de enfermedades metabólicas y para diseñar intervenciones efectivas. La investigación nos muestra que la optimización de la composición corporal, a través de estrategias nutricionales y de ejercicio, tiene un impacto profundo en la salud a largo plazo. Así mismo, la relación entre nuestra dieta y el control de la glucosa en sangre, incluso en poblaciones jóvenes, subraya la importancia de hábitos alimenticios saludables desde etapas tempranas de la vida para prevenir futuras complicaciones.



Otro aspecto de suma importancia, y que se aborda en nuestra publicación, es la nutrición en etapas vulnerables de la vida. La salud materna y neonatal, por ejemplo, está intrínsecamente ligada al estado nutricional de la madre. Problemas como la anemia en el embarazo, especialmente en adolescentes, pueden tener consecuencias duraderas en el desarrollo del recién nacido, afectando su peso al nacer y, por ende, su trayectoria de salud futura. Estos desafíos nos recuerdan la necesidad de programas de intervención nutricional robustos y accesibles.

En esta revista, estamos comprometidos a fomentar y difundir investigaciones que no solo identifiquen problemas, sino que también ofrezcan soluciones basadas en la evidencia. Creemos firmemente que la nutrición es una herramienta poderosa para promover el bienestar y prevenir enfermedades a nivel individual y comunitario. Nuestro objetivo es ser una plataforma para el intercambio de conocimientos que impulse la innovación y la implementación de políticas de salud pública informadas.

Invitamos a nuestra comunidad de lectores y autores a seguir contribuyendo a este diálogo esencial, explorando nuevas fronteras en la investigación nutricional y aplicando sus hallazgos para construir un futuro más saludable para todos.

ATENTAMENTE

DR. URIEL ALBERTO ANGULO ZAMUDIO

EDITOR GENERAL DE REVISTA NUTRICIÓN CONTINUA.

Nutrición y Epigenética: Modificaciones epigenéticas influenciadas por nutrimentos y su impacto en la salud y en el desarrollo de enfermedades

Nutrition and Epigenetics: Epigenetic modifications influenced by nutrients and their impact on health and disease development

Bryan Tellez Reyes¹, Gabriel Betanzos Cabrera², Natalia Yazmin González Díaz³.

1 Instituto de Ciencias de la Salud-UAEH. Pachuca de Soto, México

2 Instituto de Ciencias de la Salud-UAEH. Profesor Investigador, Pachuca de Soto, México

3 Instituto de Ciencias de la Salud-UAEH. Pachuca de Soto, México.

Correspondencia: gbetanzo@uaeh.edu.mx

Palabras claves	RESUMEN
Epigenética ADN Histona Nutrimentos Enfermedades crónicas	Introducción: La epigenética estudia modificaciones hereditarias que regulan la expresión génica sin alterar el ADN, como la metilación, modificaciones de histonas y ARN no codificante. Estos mecanismos, influenciados por factores como la alimentación, impactan en el riesgo de enfermedades crónicas. El presente artículo tiene como objetivo ofrecer un panorama actualizado sobre el efecto de nutrientes específicos en los mecanismos epigenéticos y su relación con patologías como cáncer, diabetes y trastornos neurodegenerativos. Comprender esta interacción permitirá diseñar estrategias nutricionales preventivas y terapéuticas. Resultados: Nutrientes como el ácido fólico, metionina, colina, vitamina B12, polifenoles y omega-3 modulan procesos epigenéticos. El metabolismo C1, mediado por folatos, es clave para sintetizar grupos metilo, esenciales en la metilación del ADN; su deficiencia se asocia con hipometilación, defectos del tubo neural y desregulación metabólica. La metionina regula la producción de S-adenosilmetionina (SAM), vinculada a estabilidad genómica, y su restricción moderada reduce el crecimiento tumoral. Compuestos bioactivos (polifenoles, omega-3) inhiben enzimas como DNMT y HDAC, regulan microARN y activan sirtuinas (ej. resveratrol), promoviendo expresión génica protectora. Además, la interacción entre colina y microbiota intestinal influye en la conexión intestino-cerebro y trastornos neuropsiquiátricos. Conclusión: La nutrición influye en mecanismos epigenéticos, modulando la expresión génica y afectando el riesgo de enfermedades crónicas (cáncer, diabetes, etc.). Nutrientes y compuestos bioactivos en dietas equilibradas promueven salud epigenética. La nutrición personalizada, integrando investigación básica y clínica, junto con estrategias sostenibles y multidisciplinarias, optimiza intervenciones adaptadas a necesidades individuales.
Keywords	ABSTRACT
Epigenetics DNA Histone Nutrients Chronic diseases	Introduction: Epigenetics investigates heritable modifications that regulate gene expression without altering DNA, such as methylation, histone modifications, and non-coding RNA. Factors like diet influence these mechanisms and impact chronic disease risk. This article aims to provide an updated overview of the effect of specific nutrients on epigenetic mechanisms and their relationship with pathologies like cancer, diabetes, and neurodegenerative disorders. Understanding this interaction will enable the design of preventive and therapeutic nutritional strategies. Results: Nutrients such as folic acid, methionine, choline, vitamin B12, polyphenols, and omega-3s modulate epigenetic processes. C1 metabolism, mediated by folates, is critical for synthesizing methyl groups essential for DNA methylation; its deficiency is linked to hypomethylation, neural tube defects, and metabolic dysregulation. Methionine regulates the production of S-adenosylmethionine (SAM), which is associated with genomic stability, and its moderate restriction reduces tumor growth. Bioactive compounds (polyphenols, omega-3s) inhibit enzymes like DNMT and HDAC, regulate microRNA, and activate sirtuins (e.g., resveratrol), promoting protective gene expression. The interaction between choline and gut microbiota also influences the gut-brain axis and neuropsychiatric disorders. Conclusions: Nutrition influences epigenetic mechanisms, modulating gene expression and affecting chronic disease risk (e.g., cancer, diabetes). Nutrients and bioactive compounds in balanced diets promote epigenetic health. Personalized nutrition, integrating basic and clinical research with sustainable, multidisciplinary strategies, optimizes interventions tailored to individual needs.

INTRODUCCIÓN

La epigenética es una ciencia que estudia los cambios heredables que impactan en la función de los genes pero que no implica la alteración de la secuencia nucleotídica del ADN, sino más bien son cambios que regulan la expresión de genes. (Ceberio *et al.*, 2023) Este campo ha ganado la atención en las últimas décadas debido a que factores externos incluyendo los ambientales,

hacen que los genes se expresen diferencialmente jugando un papel importante en el desarrollo y funcionamiento del organismo pero que además son heredables. Los principales mecanismos epigenéticos incluyen: la metilación del ADN, modificaciones de histonas y la regulación por ARN no codificante, los cuales son cruciales para el mantenimiento de la homeostasis celular y la adaptación a los estímulos externos incluyendo la alimentación (Fitz-James & Cavalli, 2022)

Actualmente, se reconoce a la nutrición como uno de varios factores externos en la modulación de mecanismos epigenéticos. Nutrientes específicos, como el ácido fólico, la metionina, la colina, la vitamina B12, polifenoles y los omega-3, por mencionar algunos, son moléculas involucradas en estos procesos (Ramos-Lopez et al., 2021). Las interacciones entre diversos nutrientes y la regulación génica tienen implicaciones importantes para la salud, puesto que los patrones de modificaciones epigenéticas pueden contribuir a la prevención o desarrollo de diversas enfermedades crónicas, incluyendo el cáncer, enfermedades cardiovasculares, diabetes y otros trastornos metabólicos (D'Aquila et al., 2022).

El presente artículo tiene como objetivo ofrecer un panorama y evidencia actual sobre la influencia de algunos nutrientes específicos (metionina, ácido fólico, Vitamina B12), así como la acción de algunos compuestos bioactivos (polifenoles, omegas-3 y resveratrol) en los mecanismos epigenéticos más conocidos y el impacto que pueda tener en algunas enfermedades crónicas. Al comprender esta relación, se pueden desarrollar estrategias nutricionales que promuevan la salud y reduzcan el riesgo de desarrollo de enfermedades.

EPIGENÉTICA

En 1942 Conrad Waddington introdujo el término de epigenética (del griego epi, 'en' o 'sobre', genética). Se refiere a un conjunto de mecanismos, como la metilación del ADN, la modificación de histonas y el ARN no codificante (Figura 1), que regulan la expresión de genes (Baylin & Jones, 2011, Pathak et al., 2023 & Wu et al., 2023). Los mecanismos epigenéticos pueden ser reversibles y dinámicos, bajo ciertas condiciones como la dieta, el ejercicio, el estrés, exposición a tóxicos y en general al medio externo que rodea o vive cada individuo. Esto hace que los genes se activen o desactiven, dando lugar a una respuesta rápida, pero sin alterar la secuencia nucleotídica (Zhang, Lu, & Chang, 2020).

Mecanismos epigenéticos principales

Metilación del ADN: Involucra la adición de un grupo metilo (-CH₃) en la posición 5 del anillo de citosina, formando la 5-metilcitosina (5mc). Este

proceso ocurre principalmente en dinucleótidos CpG, donde una citosina está seguida por una guanina; sin embargo, también puede observarse en contextos no CpG como en plantas como el maíz (*Zea mays*) y arroz (*Oryza sativa*) y algunos animales con un menor nivel de metilación como la mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*), la metilación abundante en este dinucleótido suele llamarse islas de metilación. (Meijer et al., 2023)

En organismos superiores, la metilación del ADN regula la expresión génica, manteniendo la estabilidad del genoma y se ha identificado que es crucial para mantener patrones estables de expresión a lo largo de generaciones celulares. En células pluripotenciales, se observan niveles bajos de metilación, mientras que en células diferenciadas estos niveles aumentan. (Tompkins, 2022 & Mattei et al., 2022)

Modificación de Histonas: Las histonas son proteínas que sirven para empaquetar al ADN en el núcleo de la célula, formando nucleosomas; Existen diversas modificaciones en las colas N-terminal de las histonas, como la acetilación, metilación, ubiquitinación y fosforilación (Zhang et al., 2023). Estas modificaciones actúan como marcadores que pueden ser reconocidos por otras proteínas reguladoras afectando así, la configuración de la cromatina, haciéndola accesible o no a la actividad transcripcional. (Neganova et al., 2022)

Además de su función en la regulación génica, las histonas también están involucradas en el manejo del metabolismo celular. Por ejemplo, pueden actuar como reservorios de grupos acetilo, utilizados en tiempos de escasez de energía, o como sumideros de grupos metilo, necesarios para prevenir la interrupción de reacciones bioquímicas cruciales. Estas alteraciones pueden influir en la densidad del ADN y reclutar complejos represores o activadores transcripcionales. Las marcas de histonas son colocadas, leídas y eliminadas por enzimas especializadas, como las histonas acetiltransferasas (HAT) y las histonas desacetilasas (HDAC). (Rojano et al., 2023)

ARN no codificante:

Los ARN no codificante o non-coding RNA por sus siglas en inglés (ncRNA) son secuencias de ARN

que no codifican a proteínas, sin embargo, desempeñan funciones reguladoras clave en la expresión génica sin alterar la secuencia del ADN. (Bure et al., 2022) Los tipos más estudiados son los *microRNA* (miRNA), ARN pequeños de interferencia (siRNA) y ARN largos no codificantes (lncRNA). (Panni et al., 2020)

Los ncRNAs son esenciales en el mantenimiento de la identidad celular y en la respuesta a estímulos ambientales, su alteración en la función epigenética puede contribuir a la modificación de la respuesta a factores externos e internos. Dentro de estos, los miRNAs de aproximadamente 22 nucleótidos, regulan la expresión mediante la degradación del ARN mensajero (mRNA) o la inhibición de su traducción, modulan la metilación del ADN al regular la expresión de enzimas como DNMTs (ADN metiltransferasas), responsables de la adición de grupos metilo a las citosinas.

Los RNAs largos no codificantes (lncRNAs) son moléculas de más de 200 nucleótidos que pueden actuar como guías para reclutar complejos epigenéticos que interactúan con proteínas como PRC2 (Polycomb Repressive Complex 2), que cataliza la trimetilación de la histona H3 en la lisina 27 (*H3K27me3*), una marca asociada a la represión génica. Igualmente los RNAs pequeños de interferencia (siRNAs) son moléculas de doble cadena de aproximadamente 21-25 nucleótidos, que median el silenciamiento génico postranscripcional a través del complejo RISC (RNA-induced silencing complex). Estos RNAs pueden dirigir la metilación del ADN en regiones específicas y están contribuyendo en mecanismos de silenciamiento transcripcional (Riaz & Li, 2019; Yamunadevi et al, 2021)

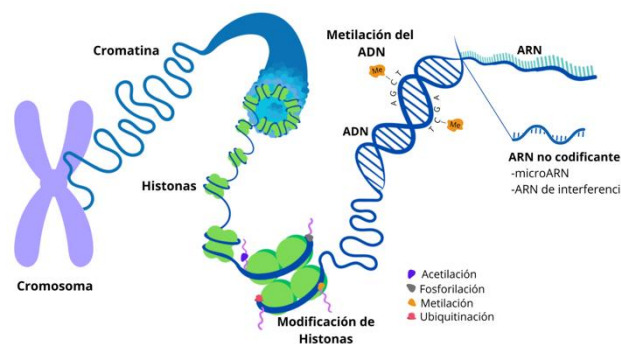
Euromatina y Heterocromatina:

La cromatina es un complejo conformado por la asociación de ADN y proteínas de histonas localizadas en el núcleo en la interfase de las células y determina la accesibilidad de los genes a factores de transcripción. La cromatina, se organiza en dos formas principales: La euromatina la cual es una estructura abierta y menos compactada, asociada con genes transcripcionalmente activos, nutrimentos como los polifenoles promueven la acetilación de histonas de la euromatina, activando genes antioxidantes (Borsoi et al., 2023)

Por otro lado, la heterocromatina, es una forma compactada que silencia genes y protege la integridad del genoma. Incluye la heterocromatina constitutiva (regiones repetitivas como centrómeros) y facultativa (genes regulados según el contexto celular). (Lozano et al., 2024 & Salas, 2023)

Nutrimentos como el ácido fólico, al donar grupos metilo, favorecen la metilación del ADN en regiones de heterocromatina, silenciando genes proinflamatorios. (Wu et al., 2022)

La heterocromatina está marcada por modificaciones epigenéticas como *H3K9me3* (asociada con el silenciamiento génico, recluta proteínas HP1 para mantener la compactación) y *H3K27me3* (relacionado con el silenciamiento transcripcional de genes específicos en respuesta de señales de desarrollo o diferenciación, que reprimen la transcripción), en la actividad de los genes, todas estas marcas tienen un impacto duradero y reversible que sugiere, podría estar mediado gracias a la acción de diversos nutrimentos obtenidos de la dieta, lo que permite la adaptación por factores ambientales o dietéticos. (Fontes, 2024)



Fuente: Elaboración propia creada en canva.com

Figura 1. Organización del genoma humano. Se destacan las principales modificaciones epigenéticas tanto en el ADN como en las histonas. Modificaciones de histonas (acetilación, fosforilación, metilación y ubiquitinación), metilación del ADN y la acción de ARN no codificante (microARN y ARN de interferencia) en la regulación de la expresión génica.

NUTRICIÓN Y SU ASOCIACIÓN CON LA EPIGENÉTICA

Los mecanismos epigenéticos permiten que las células recuerden y respondan de manera diferente a estímulos basados en exposiciones previas, creando una especie de “memoria epigenética”. La relación entre la nutrición y la epigenética es fundamental para entender cómo los patrones dietéticos pueden influir en la expresión génica y también por ello en la predisposición a diversas enfermedades. (Li & Qi, 2022) Después de haber explorado los mecanismos epigenéticos mas conocidos, es importante mencionar que la nutrición, así como otros factores externos (Figura 2) desempeñan un papel importante en la modulación de la expresión de los genes, afectando la accesibilidad del ADN a la maquinaria de transcripción, especialmente a las regiones promotoras de los genes, este proceso puede tener consecuencias en la salud y el desarrollo de enfermedades.

La epigenética permite explicar cómo factores no dependientes de la secuencia nucleotídica, como los nutrientes de la dieta, pueden regular la expresión génica. Esto sugiere que la dieta no solo proporciona nutrientes esenciales, sino que también puede influir en la regulación de nuestros genes, afectando nuestra salud y predisposición a enfermedades. La epigenética también juega un papel en la memoria metabólica de ciertas condiciones. Por ejemplo; se ha observado que la obesidad puede dejar una “memoria” en las células adiposas a través de cambios epigenéticos, lo que predispone a una recuperación más eficiente del peso perdido y puede explicar el efecto rebote observado en algunos individuos después de perder peso. (Hinte et al., 2024)

En un estudio en cultivos adiposos y modelos murinos se ha descrito que, mas allá de la metilación y las histonas, ciertos compuestos bioactivos como la curcumina, quercetina, berberina y EGCG (té verde) pueden inducir la conversión de adipocitos blancos en beige/marrones (browning) a través de la regulación de miARNs específicos y rutas epigenéticas. Este mecanismo representa una estrategia complementaria para contrarrestar este

efecto rebote tras regímenes de restricciones calóricas, al promover un balance energético negativo sostenido. (Lorente et al., 2019)

Comprender la interacción entre la nutrición y la epigenética es esencial para desarrollar estrategias de prevención y tratamiento de enfermedades crónicas, permitiendo intervenciones dietéticas personalizadas que modulen favorablemente la expresión génica y promuevan la salud. (Voruganti, V. 2023)

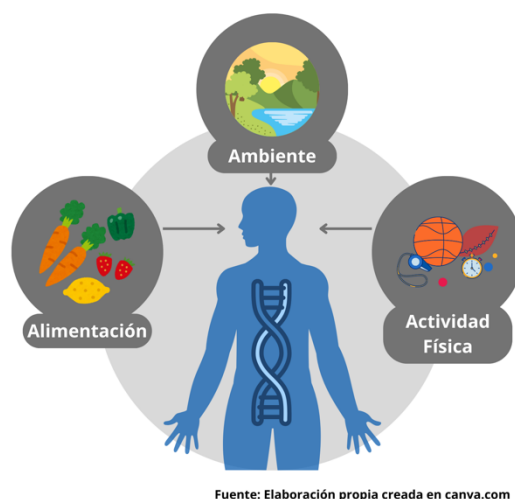


Figura 2: Factores que pueden modular los mecanismos epigenéticos. Estos factores externos pueden alterar la expresión génica, afectando la regulación del genoma y desempeñando un papel crucial en la prevención o el desarrollo de enfermedades.

IMPORTANCIA DEL METABOLISMO DE UN CARBONO (C1)

El metabolismo de 1C, es un proceso metabólico universal que contribuye en activar y transferir unidades 1C para procesos biosintéticos que incluyen la síntesis de purinas y timidinas, la defensa redox y la remetilación de homocisteína, lo que repercute en la epigenética y posiblemente también en la salud cardiovascular. (Singh et al., 2021)

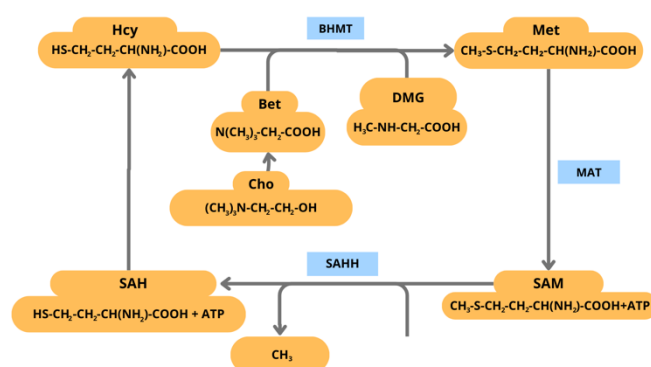
En el metabolismo de 1C, diversos nutrimentos (vitaminas del complejo B, betaína, metionina y colina) están involucrados, pero el metabolismo es mediado por el folato o conocido también como vitamina B9, se considera un nutrimento esencial para el humano, mientras que para la mayoría de las bacterias, levaduras y plantas lo pueden sintetizar (Wu *et al.*, 2022).

El folato juega un papel fundamental en el metabolismo de 1C, la ruta conecta directamente los nutrimentos de la dieta con la regulación epigenética, ya en la ruta, el folato se convierte en su forma activa, el tetrahidrofolato (THF), que sirve como transportador de grupos de un solo carbono provenientes de aminoácidos como la serina y la glicina. (Petrova *et al.*, 2023) Estos grupos son utilizados en la formación de intermediarios clave, como el 5,10-metileno-THF, necesario para la síntesis de nucleótidos, y el 5-metil-THF, que es crítico para la remetilación de la homocisteína a metionina. (Lyon *et al.*, 2020)

La importancia del metabolismo de 1C en la epigenética, radica en que se produce S-adenosilmetionina la cual es la molécula donadora de grupos metilo y que se forma a través de la remetilación de homocisteína para formar metionina. Asimismo, la colina es un nutriente dietético importante que contribuye a la síntesis de metionina independiente del folato, el catabolismo de la colina comienza con su oxidación mitocondrial de dos pasos a trimetilglicina (betaína). En el citosol, la betaína remetila la homocisteína en una reacción independiente del folato catalizada por la BHMT (Figura 3) (Ducker *et al.*, 2017)

fetal, hasta espina bífida con parálisis parcial de las piernas (Copp *et al.*, 2015).

Asimismo, otro reporte señala cómo los niveles de ácido fólico durante el embarazo regulan el comportamiento invasivo de los trofoblastos (células fundamentales para la implantación placentaria) y su posible relación con el desarrollo de la preeclampsia (una complicación en el embarazo en la que la presión arterial alta de la madre reduce el suministro de sangre al feto, reduciendo el suministro de oxígeno y nutrimentos). Los resultados indican que los niveles bajos de ácido fólico en la placenta están asociados con menores niveles de metilación del ADN esto ocasiona que haya una sobreexpresión de genes que codifican para la expresión de ADN metiltransferasas como una acción compensatoria (*DNMT1* y *DNMT3A*). (Rahat *et al.*, 2022 & Li K *et al.*, 2016)



Fuente: Elaboración propia creada en canva.com

Efectos en la salud

La ingesta deficiente conduce a anemia, pero es particularmente importante en el desarrollo del feto en el embarazo ya que la demanda de las unidades de 1C es más alta durante el desarrollo fetal, su deficiencia en esta etapa crea una predisposición a defectos congénitos conocidos como defectos del tubo neural, que implican un fallo del cierre del tubo neural al principio del embarazo provocando malformaciones en el producto que varían en gravedad desde anencefalia, que causa pérdida

Figura 3: Remetilación de la homocisteína. En la ruta mostrada en la imagen, la homocisteína (Hcy) puede convertirse en metionina (Met) a través de la transferencia de un grupo metilo desde la betaína (Bet), mediante la acción de la enzima betaína-homocisteína S-metiltransferasa (BHMT), produciendo también dimetilglicina (DMG). La colina (Cho) es un precursor de la betaína. La metionina se convierte en S-adenosilmetionina (SAM) gracias a la enzima S-adenosilmetionina sintetasa (MAT), utilizando ATP. SAM, como principal donador de grupos metilo en el organismo, al transferir su grupo metilo se convierte en S-

adenosilhomocisteína (SAH). Esta última es hidrolizada por la S- adenosilhomocisteína hidrolasa (SAHH) para liberar nuevamente homocisteína (Hcy), completando así el ciclo.

Metionina

La metionina es un aminoácido esencial, un donante universal de grupos metilo en múltiples reacciones bioquímicas, incluidas la metilación del ADN y de las histonas. Este aminoácido es esencial para la regulación génica y la estabilidad del genoma. (Roy *et al.*, 2020). La mayoría de las células poseen diversas ADN metil transferasas dependientes de SAM, capaces de transferir grupos metilo (-CH₃) a una amplia gama de sustratos esenciales, como, por ejemplo: ácidos nucleicos, proteínas y fosfolípidos. (González-Suárez & Aguilar-Arnal, 2024 & Gonzales, 2024) Se ha observado que cambios en la disponibilidad de metionina modifican la metilación en regiones promotoras de genes implicados en el metabolismo y la inflamación (Guo *et al.*, 2022)

Hallazgos recientes sobre ciertos tipos cáncer, sugieren que la metionina, obtenida mediante la dieta, tiene un impacto directo en la disponibilidad de SAM, a su vez, se sugiere que la restricción moderada de metionina podría servir como una estrategia potencial para influir en mecanismos epigenéticos asociados a la salud metabólica y la prevención de algunos tipos de cáncer pues ha mostrado efectos benéficos tanto en la salud metabólica como en la reducción del crecimiento tumoral en modelos preclínicos al reducir la metilación de oncogenes, aunque es crucial definir la dosis óptima para intervenciones dietéticas que busquen modificar la expresión génica (Sanderson *et al.*, 2019)

Un estudio reciente realizado por Kitada y colaboradores en 2021 sugiere que la metionina puede mejorar la salud metabólica y extender la longevidad a través de la reducción del estrés oxidativo. La restricción moderada de metionina

disminuye la producción de especies reactivas de oxígeno en las mitocondrias y promueve la autofagia, lo que contribuye a la eliminación de mitocondrias dañadas, reduciendo el daño oxidativo y promoviendo la longevidad. (Kitada *et al.*, 2021)

En otro estudio, la restricción moderada de metionina está relacionada con la regulación del equilibrio redox y diversas enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas propias de la longevidad ya que la metionina juega un papel importante en la homeostasis redox, ya que su metabolismo contribuye a la síntesis de glutatión, un antioxidante importante. (Zhang *et al.*, 2022)

Sin embargo, se necesita más investigación sobre los efectos a largo plazo de la metionina y su impacto genético en humanos.

Ácido Fólico

La deficiencia de ácido fólico se asocia con hipometilación del ADN, alterando la expresión génica y aumentando el riesgo de enfermedades como cáncer y defectos del desarrollo fetal, especialmente los defectos del tubo neural. (Nájera *et al.*, 2021)

Evidencias recientes señalan que la deficiencia de ácido fólico podría conducir a un aumento en los niveles de homocisteína, un aminoácido sulfurado cuyo exceso se asocia con disfunción endotelial, estrés oxidativo e inflamación vascular. (Alema & Alema, 2022) Estas alteraciones promueven mecanismos proaterogénicos, tales como la activación de células endoteliales, disrupción de la homeostasis del óxido nítrico, acumulación de macrófagos espumosos y proliferación de células musculares lisas en la íntima arterial. La suplementación adecuada de ácido fólico suele reducir la inflamación y disminuye el progreso de esta enfermedad. (Hou & Zhao, 2021)

Colina

Por su parte, la colina precursora de la betaína, es importante para la metilación del ADN y la regulación de la expresión génica, particularmente en el hígado. La deficiencia se asocia principalmente en genes propios del metabolismo de lípidos y la función hepática. (Colinas *et al.*, 2024)

Se ha observado que la deficiencia de colina durante la gestación podría alterar la expresión génica y aumentar el riesgo de obesidad y desregulación metabólica en la descendencia, mientras que su suplementación puede contrarrestar estos efectos, especialmente en ambientes obesogénicos, además, se ha observado que la suplementación con colina en conjunto del ácido fólico durante el embarazo puede influir en la metilación de genes involucrados en el desarrollo cerebral del feto. (Chen *et al.*, 2023)

Asimismo, la colina es metabolizada en N-óxido de trimetilamina (TMAO), que está relacionada con riesgos cardiovasculares y modula mecanismos epigenéticos que afectan tanto la salud mental como la función cerebral; La colina junto con otros metabolitos producidos por la microbiota intestinal, actúa como regulador epigenético dentro del eje intestino-cerebro, con implicaciones en trastornos neuropsiquiátricos como la depresión. (Begum *et al.*, 2022). En este sentido se sugiere posibles intervenciones dietéticas como estrategias para prevenir o tratar trastornos relacionados con la desregulación epigenética buscando un enfoque importante en el campo de la nutrición y la epigenética. (Nohesara *et al.*, 2023)

Vitamina B12

No menos importante, la vitamina B12 también juega un papel fundamental en la regulación epigenética, se ha observado que la depleción de vitamina B12 reduce la metilación del marcador epigenético *H3K36me3* (asociado con la elongación, en transcripción y en la supresión de la transcripción aberrante), lo que compromete la

fidelidad transcripcional. La suplementación con B12 mejora la eficiencia de este proceso, restaurando los niveles de *H3K36me3* y previniendo la transcripción ilegítima, también acelera la reparación de tejidos, como se ha demostrado en modelos de colitis ulcerativa. (Kovatcheva *et al.*, 2023 & Lyon *et al.*, 2020). Su suplementación prolongada puede modificar la metilación de genes, regulando el riesgo de estas enfermedades. (Matusheski *et al.*, 2021, Zhang *et al.*, 2024 & Liu *et al.*, 2022)

COMPUESTOS BIOACTIVOS QUE AFECTAN MODIFICACIONES EPIGENÉTICAS

La nutrieepigenómica es un campo emergente que estudia cómo compuestos bioactivos presentes en los alimentos, como polifenoles, ácidos grasos omega-3 y otros fitoquímicos, pueden modular la expresión génica a través de mecanismos epigenéticos. Estos cambios epigenéticos no solo son importantes en el desarrollo y progreso de enfermedades, también pueden ser modulados por la dieta, lo que ofrece nuevas oportunidades para la prevención y el tratamiento de diversas enfermedades. (Villagrán-Andrade *et al.*, 2024)

Polifenoles y regulación epigenética

Los polifenoles, reconocidos por sus propiedades antioxidantes, recientemente son asociados con la capacidad de modificar patrones epigenéticos de manera beneficiosa. Estudios recientes han demostrado que ciertos polifenoles pueden inducir la desmetilación de promotores hipermetilados, facilitando la reactivación de genes implicados en la supresión de procesos patológicos (Borsoi *et al.*, 2023). Además, estos compuestos parecen ejercer una acción inhibitoria sobre las ADN metiltransferasas (DNMTs), lo que apoya una reprogramación del perfil de metilación del ADN. Por otro lado, evidencia emergente indica que los polifenoles influyen en la dinámica de las modificaciones de histonas, modulando tanto la acetilación como la metilación y, en consecuencia, la estructura de la cromatina (Divyajani *et al.*,

2023). La capacidad de estos compuestos para alterar la expresión de microARNs y otros ARN no codificantes añade una dimensión adicional a su acción, favoreciendo la regulación post-transcripcional de genes involucrados en mecanismos protectores y de reparación celular (Stockery *et al*, 2021).

En el contexto del cáncer, compuestos como el resveratrol y la epigallocatequina galato (EGCG) de los polifenoles han mostrado capacidad para revertir hipermetilaciones aberrantes en genes supresores de tumores y mejorar la respuesta antioxidante. Esto resalta su potencial en la prevención del cáncer, en particular en poblaciones que siguen patrones dietéticos ricos en alimentos vegetales y antioxidantes. (Moldón *et al.*, 2021 & Sandoval, 2024)

Influencia de los ácidos grasos omega-3 en mecanismos epigenéticos

La suplementación con ácidos grasos omega-3 ha captado la atención en el ámbito de la epigenética debido a su capacidad para modificar tanto la metilación del ADN como las modificaciones de histonas. Investigaciones recientes han mostrado evidencia que la ingesta de omega-3 puede inducir una reducción en la metilación global del ADN en tejidos específicos, correlacionándose con mejoras en la plasticidad sináptica y una respuesta anti-inflamatoria (Abbas *et al*, 2021). Asimismo, estos ácidos grasos parecen modular la actividad de enzimas responsables de las modificaciones en las histonas, tales como las histonas acetiltransferasas (HATs) y desacetilasas (HDACs), lo que se traduce en un entorno epigenético más propicio para la activación de genes protectores y adaptativos (Wu *et al*, 2022). Aunque la influencia sobre ARN no codificantes aún requiere mayor exploración, estudios preliminares sugieren que los omega-3 pueden regular la expresión de microARNs implicados en rutas antiinflamatorias y antioxidantes. (Paladini *et al.*, 2020)

Resveratrol como modulador epigenético

El resveratrol es un estilbeno presente en uvas y cacahuetes, tiene una notable capacidad epigenética para modificar la metilación del ADN y las modificaciones de histonas. A través de la activación de la sirtuina-1 (*SIRT1*), resveratrol favorece la desacetilación de histonas, lo que promueve una cromatina más accesible y activa, facilitando la expresión de genes involucrados en la reparación del ADN y la apoptosis. El resveratrol se ha asociado con la regulación de genes relacionados con la longevidad y la protección contra el estrés oxidativo, mediante su interacción con la *SIRT1*. Esto lo posiciona como un agente promotor en la prevención del envejecimiento y enfermedades crónicas, incluyendo cáncer y trastornos metabólicos. (Meng *et al.*, 2021 & Zhang *et al.*)

CONCLUSIONES

La nutrición está estrechamente relacionada con mecanismos epigenéticos, ya que se ha demostrado que diversos patrones dietéticos pueden modular la expresión génica. Este proceso puede tener impacto en la prevención o el fomento de desarrollo de enfermedades crónicas como el cáncer, enfermedades cardiovasculares, diabetes, y trastornos neurodegenerativos

Resulta clave la influencia de diversos nutrimentos o compuestos bioactivos de los alimentos en los procesos epigenéticos, por lo que una dieta equilibrada y rica en nutrimentos será fundamental para mantener una salud epigenética, lo que constituirá una estrategia de nutrición personalizada, que combine la investigación básica y clínica hacia intervenciones más precisas, adaptadas a las necesidades individuales.

Además, comprender cómo todos estos factores influyen en la adherencia a patrones dietéticos epigenéticamente favorables será clave para implementar soluciones inclusivas y sostenibles,

cerrando brechas en salud global desde un enfoque multidisciplinario.

REFERENCIAS

1. Abbas, A., Witte, T., Patterson III, W. L., Fahrman, J. F., Guo, K., Hur, J., ... & Georgel, P. T. (2021). Epigenetic reprogramming mediated by maternal diet rich in omega-3 fatty acids protects from breast cancer development in F1 offspring. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 9, 682593
2. Alema, C., y Alema, E. (2022). Papel de la epigenética en la aterosclerosis y sus enfermedades consecuentes. *Revista Cubana de Salud Pública*, 48.
3. Baylin, S. B., & Jones, P. A. (2011). A decade of exploring the cancer epigenome - biological and translational implications. *Nature Reviews Cancer*, 11(10), 726-734. <https://doi.org/10.1038/nrc3130>
4. Begum, N., Mandhare, A., Tryphena, K. P., Srivastava, S., Shaikh, M. F., Singh, S. B., & Khatri, D. K. (2022). Epigenetics in depression and gut-brain axis: A molecular crosstalk. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 14, 1048333. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.1048333>
5. Borsoi, F. T., Neri-Numa, I. A., de Oliveira, W. Q., de Araújo, F. F., & Pastore, G. M. (2023). Dietary polyphenols and their relationship to the modulation of non-communicable chronic diseases and epigenetic mechanisms: A mini-review. *Food Chemistry: Molecular Sciences*, 6, 100155. <https://doi.org/10.1016/j.fochms.2022.100155>
6. Bure, I. V., Nemtsova, M. V., & Kuznetsova, E. B. (2022). Histone modifications and non-coding RNAs: mutual epigenetic regulation and role in pathogenesis. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(10), 5801. <https://doi.org/10.3390/ijms23105801>
7. Ceberio, M. R., & Berardino, B. G. (2023). Contexto, ser humano y epigenética. *Interdisciplinaria*, 40(1), 81-97. <https://dx.doi.org/10.16888/interd.2023.40.1.5>
8. Chen, V., Schwartz, J. L., & Cho, C. E. (2023). Folate and Choline: Does It Take Two to Tango in Early Programming of Disease. *Lifestyle Genom*, 16, 177-191. <https://doi.org/10.1159/000534452>
9. Colinas, N., Montero-Pau, J., Carmona, M.J. et al. Transgenerational expression profiles of a sex related and an epigenetic control gene in the rotifer *Brachionus plicatilis* in relation to environmental predictability. *Hydrobiologia* 851, 2861–2873 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10750-023-05316-1>
10. D'Aquila, P., De Rango, F., Paparazzo, E., Mandalà, M., Bellizzi, D., & Passarino, G. (2022). Impact of nutrition on age-related epigenetic RNA modifications in rats. *Nutrients*, 14(6), 1232. <https://doi.org/10.3390/nu14061232>
11. Divyajanani, S., Harithpriya, K., Ganesan, K., & Ramkumar, K. M. (2023). Dietary polyphenols remodel DNA methylation patterns of NRF2 in chronic disease. *Nutrients*, 15(15), 3347. <https://doi.org/10.3390/nu15153347>
12. Ducker, G. S., & Rabinowitz, J. D. (2017). One-Carbon Metabolism in Health and Disease. *Cell Metabolism*, 25(1), 27-42. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2016.08.009>
13. Fitz-James, M. H., & Cavalli, G. (2022). Molecular mechanisms of transgenerational epigenetic inheritance. *Nature Reviews Genetics*, 23(6), 325-341. <https://doi.org/10.1038/s41576-021-00438-5>
14. Fontes Otero, E. A. (2024). Efecto epigenético de ZO-2 (Tesis de maestría, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN – Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias).
15. Girón López, J. J. (2022). Influencia de la disponibilidad de folatos, metionina, serina y glicina en el metabolismo y actividad de linfocitos T CD8+ efector (Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València). <http://hdl.handle.net/10251/185375>
16. González-Suárez, M., & Aguilar-Arnal, L. (2024). Histone methylation: at the crossroad

between circadian rhythms in transcription and metabolism. *Frontiers in Genetics*, 15, 1343030. <https://doi.org/10.3389/fgene.2024.1343030>

17. Guo, J., Buettner, R., Du, L., Yang, Y., Li, Z., & Rosen, S. T. (2022). Targeting the Methionine-MAT2A-SAM Axis of Acute Myeloid Leukemia with a Combination of Venetoclax and 8-Chloro-Adenosine or 8-Amino-Adenosine. *Blood*, 140(Supplement 1), 3056-3057. <https://doi.org/10.1182/blood-2022-167606>

18. Hou, H., & Zhao, H. (2021). Epigenetic factors in atherosclerosis: DNA methylation, folic acid metabolism, and intestinal microbiota. *Clinica Chimica Acta*, 512, 7-11. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2020.11.013>

19. Hinte, L. C., Castellano-Castillo, D., Ghosh, A., Melrose, K., Gasser, E., Noé, F., ... & von Meyenn, F. (2024). Adipose tissue retains an epigenetic memory of obesity after weight loss. *Nature*, 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-08165-7>

20. Kitada, M., Ogura, Y., Monno, I., Xu, J., & Koya, D. (2021). Effect of methionine restriction on aging: its relationship to oxidative stress. *Biomedicines*, 9(2), 130. <https://doi.org/10.3390/biomedicines9020130>

21. Korsmo, H. W., & Jiang, X. (2021). One carbon metabolism and early development: A diet-dependent destiny. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, 32(8), 579-593. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2021.05.011>

22. Kovatcheva, M., Melendez, E., Chondronasiou, D. et al. Vitamin B₁₂ is a limiting factor for induced cellular plasticity and tissue repair. *Nat Metab* 5, 1911–1930 (2023). <https://doi.org/10.1038/s42255-023-00916-6>

23. Li, K., Wahlqvist, M. L., & Li, D. (2016). Nutrition, One-Carbon Metabolism and Neural Tube Defects: A Review. *Nutrients*, 8(11), 741. <https://doi.org/10.3390/nu8110741>

24. Li, X., & Qi, L. (2022). Epigenetics in precision nutrition. *Journal of Personalized*

Medicine, 12(4), 533. <https://doi.org/10.3390/jpm12040533>

25. Lozano Jiménez, Y. Y., Ochoa Cabezas, D. C., & Sanchez Mora, R. M. (2024). Regulación de la expresión génica de eucariotas: Principios básicos. Ediciones Unisalle.

26. Lorente-Cebrián, S., Herrera, K., I. Milagro, F., Sánchez, J., de la Garza, A. L., & Castro, H. (2019). miRNAs and Novel Food Compounds Related to the Browning Process. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(23), 5998. <https://doi.org/10.3390/ijms20235998>

27. Lyon, P., Strippoli, V., Fang, B., & Cimmino, L. (2020). B vitamins and one-carbon metabolism: implications in human health and disease. *Nutrients*, 12(9), 2867. <https://doi.org/10.3390/nu12092867>

28. Mattei, A. L., Bailly, N., & Meissner, A. (2022). DNA methylation: a historical perspective. *Trends in Genetics*, 38(7), 676-707. <https://doi.org/10.1016/j.tig.2022.03.010>

29. Matusheski, N. V., Caffrey, A., Christensen, L., Mezgec, S., Surendran, S., Hjorth, M. F., ... & Péter, S. (2021). Diets, nutrients, genes and the microbiome: recent advances in personalised nutrition. *British Journal of Nutrition*, 126(10), 1489-1497. <https://doi.org/10.1017/S0007114521000374>

30. Meijer, M., Franke, B., Sandi, C., & Klein, M. (2023). Epigenome-wide DNA methylation in externalizing behaviours: a review and combined analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 145, 104997. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2022.104997>

31. Meng, T., Xiao, D., Muhammed, A., Deng, J., Chen, L., & He, J. (2021). Anti-inflammatory action and mechanisms of resveratrol. *Molecules*, 26(1), 229. <https://doi.org/10.3390/molecules26010229>

32. Moldón, Y. R., Lara, A. E., Cárdenas, J. A. H., & Cabodevilla, R. C. V. (2021). Tratamiento del cáncer basado en la epigenética. *Correo Científico Médico de Holguín*, 25(3).

33. Morellato, A. E., Umansky, C., & Pontel, L. B. (2021). The toxic side of one-carbon metabolism and epigenetics. *Redox Biology*, 40, 101850. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2020.101850>
34. Nájera, H., Mannucci, D., & González, W. (2021). Defecto en el cierre del tubo neural: encefalocele nasofrontal. *Revista Médica (Colegio de Médicos y Cirujanos de Guatemala)*, 160(3), 266-269. <https://doi.org/10.36109/rmq.v160i3.391>
35. Neganova, M. E., Klochkov, S. G., Aleksandrova, Y. R., & Aliev, G. (2022, agosto). Histone modifications in epigenetic regulation of cancer: Perspectives and achieved progress. En *Seminars in Cancer Biology*, 83, 452-471. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/j.semcancer.2020.07.015>
36. Nohesara, S., Abdolmaleky, H. M., Zhou, J. R., & Thiagalingam, S. (2023). Microbiota-induced epigenetic alterations in depressive disorders are targets for nutritional and probiotic therapies. *Genes*, 14(12), 2217. <https://doi.org/10.3390/genes14122217>
37. Paladini, A. M., Lopes, T. D., & Machado, K. E. (2020). Benefícios do resveratrol como ativo cosmético na prevenção do envelhecimento cutâneo. *Infarma-Ciências Farmacêuticas*, 32(4), 319-328.
38. Panni, S., Lovering, R. C., Porras, P., & Orchard, S. (2020). Non-coding RNA regulatory networks. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Gene Regulatory Mechanisms*, 1863(6), 194417. <https://doi.org/10.1016/j.bbqrm.2019.194417>
39. Pathak, A., Tomar, S., & Pathak, S. (2023). Epigenetics and Cancer: A Comprehensive Review. *Asian Pacific Journal of Cancer Biology*, 8(1), 75-89. <https://doi.org/10.31557/apjcb.2023.8.1.75-89>
40. Petrova, B., Maynard, A. G., Wang, P., & Kanarek, N. (2023). Regulatory mechanisms of one-carbon metabolism enzymes. *Journal of Biological Chemistry*, 105457. <https://doi.org/10.1016/j.jbc.2023.105457>
41. Pham, V. N., Bruemmer, K. J., Toh, J. D., Ge, E. J., Tenney, L., Ward, C. C., ... & Chang, C. J. (2023). Formaldehyde regulates S-adenosylmethionine biosynthesis and one-carbon metabolism. *Science*, 382(6670), eabp9201. <https://doi.org/10.1126/science.abp9201>
42. Rahat, B., Hamid, A., Bagga, R., & Kaur, J. (2022). Folic acid levels during pregnancy regulate trophoblast invasive behavior and the possible development of preeclampsia. *Frontiers in Nutrition*, 9, 847136. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.847136>
43. Ramos-Lopez, O., Milagro, F. I., Riezu-Boj, J. I., & Martinez, J. A. (2021). Epigenetic signatures underlying inflammation: An interplay of nutrition, physical activity, metabolic diseases, and environmental factors for personalized nutrition. *Inflammation Research*, 70, 29-49. <https://doi.org/10.1007/s00011-020-01425-y>
44. Riaz, F., & Li, D. (2019). Non-coding RNA associated competitive endogenous RNA regulatory network: novel therapeutic approach in liver fibrosis. *Current Gene Therapy*, 19(5), 305-317. <https://doi.org/10.2174/1566523219666191107113046>
45. Roy, D. G., Chen, J., Mamane, V., Ma, E. H., Muhire, B. M., Sheldon, R. D., ... & Jones, R. G. (2020). Methionine metabolism shapes T helper cell responses through regulation of epigenetic reprogramming. *Cell Metabolism*, 31(2), 250-266. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2020.01.006>
46. Rojano Rada, J., Fernández Mestre, M., & Ramírez Morales, C. (2023). Efecto de la epigenética en la artritis reumatoide. *Medwave*, e2619-e2619.
47. Sanderson, S. M., Gao, X., Dai, Z., & Locasale, J. W. (2019). Methionine metabolism in health and cancer: a nexus of diet and precision medicine. *Nature Reviews Cancer*. <https://doi.org/10.1038/s41568-019-0187-8>
48. Sandoval, S. D. C. D. (2024). Epigenética y nutrición personalizada. *Revista Científica de Salud*

y Desarrollo Humano, 5(3), 562-577.
<https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v5i3.277>

49. Stockert, A. L., Hall, S., Stockert, A. L., & Hall, S. (2021). Therapeutic potential of dietary polyphenols. In *Functional Foods – Phytochemicals and Health Promoting Potential*.

50. Singh, M., Hardin, S. J., George, A. K., Eyob, W., Stanisis, D., Pushpakumar, S., & Tyagi, S. C. (2021). Epigenetics, 1-carbon metabolism, and homocysteine during dysbiosis. *Frontiers in Physiology*, 11, 617953.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2020.617953>

51. Tompkins, J. D. (2022). Discovering DNA methylation, the history and future of the writing on DNA. *Journal of the History of Biology*, 55(4), 865-887. <https://doi.org/10.1007/s10739-022-09691-8>

52. Villagrán-Andrade, K. M., Núñez-Carro, C., Blanco, F. J., & de Andrés, M. C. (2024). Nutritional Epigenomics: Bioactive Dietary Compounds in the Epigenetic Regulation of Osteoarthritis. *Pharmaceuticals*, 17(9), 1148.
<https://doi.org/10.3390/ph17091148>

53. Voruganti, V. S. (2023). Precision nutrition: recent advances in obesity. *Physiology*, 38(1), 42-50. <https://doi.org/10.1152/physiol.00014.2022>

54. Wu, J., Zhao, Y., Wang, X., Kong, L., Johnston, L. J., Lu, L., & Ma, X. (2022). Dietary nutrients shape gut microbes and intestinal mucosa via epigenetic modifications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(3), 783-797.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1828813>

55. Wu, Y. L., Lin, Z. J., Li, C. C., Lin, X., Shan, S. K., Guo, B., ... & Li, Z. H. (2023). Epigenetic regulation in metabolic diseases: mechanisms and advances in clinical study. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 8(1), 98.
<https://doi.org/10.1038/s41392-023-01333-7>

56. Yamunadevi, A., Pratibha, R., Rajmohan, M., Mahendrapurumal, S., & Ganapathy, N. (2021). Basics of epigenetics and role of epigenetics in diabetic complications. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 13(Suppl 1), S336-S343.
https://doi.org/10.4103/jpbs.JPBS_771_2

57. Yang, C., Zhang, J., Liao, M., Yang, Y., Wang, Y., Yuan, Y., & Ouyang, L. (2021). Folate-mediated one-carbon metabolism: a targeting strategy in cancer therapy. *Drug Discovery Today*, 26(3), 817-825.
<https://doi.org/10.1016/j.drudis.2020.12.006>

58. Zhang, L., Lu, Q., & Chang, C. (2020). Epigenética en Salud y Enfermedad. En: Chang, C., Lu, Q. (eds) *Epigenética en Alergia y Autoinmunidad. Avances en Medicina Experimental y Biología*, vol. 1253. Springer, Singapur. https://doi.org/10.1007/978-981-15-3449-2_1

59. Zhang, S., & Kiarasi, F. (2024). Therapeutic effects of resveratrol on epigenetic mechanisms in age-related diseases: A comprehensive review. *Phytotherapy Research*, 38(5), 2347-2360.
<https://doi.org/10.1002/ptr.8176>

60. Zhang, Y., Jelleschitz, J., Grune, T., Chen, W., Zhao, Y., Jia, M., ... & Höhn, A. (2022). Methionine restriction-association with redox homeostasis and implications on aging and diseases. *Redox Biology*, 57, 102464.
<https://doi.org/10.1016/j.redox.2022.102464>

61. Zhang, Y., Zhang, Q., Zhang, Y., & Han, J. (2023). The role of histone modification in DNA replication-coupled nucleosome assembly and cancer. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(5), 4939.
<https://doi.org/10.3390/ijms24054939>

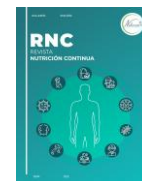
62. Zhang, Y., Zhang, Y., Miao, R., Fang, X., Yin, R., Guan, H., & Tian, J. (2024). The MTHFR C677T/A1298C polymorphism is associated with increased risk of microangiopathy in type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *Nutrition Research*.
<https://doi.org/10.1016/j.nutres.2024.08.004>

Contribución de los autores.

Investigación, Borrador original y redacción: revisión y edición, análisis formal, B.T.-R. y G.B.-C; metodología, validación, N.Y. G.-D; Conceptualización supervisión, G.B.-C.

Financiamiento.

El presente trabajo no obtuvo financiamiento del sector público o privado para su realización.



Asociación entre anemia en adolescentes embarazadas y peso neonatal al nacer en un hospital de segundo nivel en México.

Association between anemia in pregnant adolescents and neonatal birth weight in a secondary-level hospital in Mexico.

Francisco Javier Castro-Apodaca^{1,3*}, Gloria María Peña-García², Ana Rosa Medina-Gutiérrez², Dalia Magaña-Ordorica³, Javier Abednego Magaña-Gómez³, Jesús Gilberto Arámburo-Gálvez³, Eli Terán-Cabanillas³, Yuridia Lizet Chaidez-Fernández³, Jesús Antonio López-Cervantes³, Martha González-Valenzuela³, José David Soto-Apodaca⁴, Adrián Canizalez-Roman^{3,5}, Joel Murillo-Llanes⁵

1 Residente de Urología Ginecológica, Hospital Civil Viejo de Guadalajara "Fray Antonio Alcalde, Jalisco. (Autor Correspondencia)

2 Hospital General Dr. Martiniano Carvajal, Mazatlán Sinaloa.

3 Facultad de Ciencias de la Nutrición y Gastronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa.

4 Residente de Neonatología, Hospital de la Mujer Culiacán, Sinaloa.

5 Departamento de Investigación del Hospital de la Mujer de Culiacán Sinaloa

Correspondencia: francisco.castroapodaca@uas.edu.mx

Palabras claves	RESUMEN
Anemia Embarazo Bajo peso al nacer Salud materna Adolescentes	Introducción: La anemia durante el embarazo es un factor de riesgo para resultados perinatales adversos, especialmente en adolescentes, quienes presentan mayor vulnerabilidad biológica y social. Este estudio evaluó la asociación entre anemia materna en el tercer trimestre y el peso al nacer en una muestra de adolescentes embarazadas en México. Método: Se realizó un transversal, retrospectivo y analítico, mediante la revisión de expedientes clínicos en un hospital público de segundo nivel en Culiacán, Sinaloa. Se incluyeron adolescentes (≤ 19 años) con parto a término entre enero y abril de 2023. La anemia se definió como hemoglobina < 11 g/dL. Se compararon variables neonatales entre madres con y sin anemia, y se analizó la relación entre hemoglobina materna y peso neonatal. Resultados: Se analizaron 276 adolescentes embarazadas. La prevalencia de anemia fue del 28.98%. El peso promedio al nacer fue significativamente menor en neonatos de madres con anemia (3,254 g vs. 3,353 g; $p=0.0397$), aunque no se observó asociación con bajo peso al nacer ($< 2,500$ g; $p > 0.05$). No se encontró correlación significativa entre los niveles de hemoglobina y el peso neonatal. Las adolescentes de 13-16 años presentaron mayor riesgo de anemia en comparación con las de 17-19 años (OR: 3.234; $p<0.001$). Conclusión: La anemia en adolescentes embarazadas se asoció con una reducción significativa en el peso promedio neonatal, sin aumentar la proporción de bajo peso al nacer. Se destaca la necesidad de fortalecer el tamizaje y tratamiento oportuno de anemia durante la gestación adolescente para evitar resultados neonatales adversos.
Keywords	ABSTRACT
Anemia Pregnancy Low birth weight Maternal health Adolescents	Introduction: Anemia during pregnancy is a risk factor for adverse perinatal outcomes, especially among adolescents, a group facing greater biological and social vulnerabilities. This study aimed to assess the association between third-trimester maternal anemia and neonatal birth weight in a sample of pregnant adolescents in Mexico. Method: A cross-sectional, retrospective, and analytical study was conducted through a review of clinical records from a secondary-level public hospital in Culiacán, Sinaloa. Adolescents (≤ 19 years) with full-term deliveries between January and April 2023 were included. Anemia was defined as hemoglobin < 11 g/dL. Neonatal outcomes were compared between mothers with and without anemia, and the relationship between maternal hemoglobin and birth weight was analyzed. Results: A total of 276 pregnant adolescents were analyzed. The prevalence of anemia was 28.98%. The mean birth weight was significantly lower in neonates born to mothers with anemia compared to those without (3,254 g vs. 3,353 g; $p = 0.0397$), although no association was found with low birth weight ($< 2,500$ g; $p > 0.05$). No significant correlation was found between maternal hemoglobin levels and neonatal weight. Adolescents aged 13–16 years had a higher risk of anemia compared to those aged 17–19 years (OR: 3.234; $p < 0.001$). Conclusion: Anemia in pregnant adolescents was associated with a significant reduction in mean neonatal birth weight, without increasing the proportion of low birth weight. These findings highlight the need to strengthen screening and timely treatment of anemia during adolescent pregnancy to prevent adverse neonatal outcomes.

INTRODUCCIÓN

La anemia es un trastorno hematológico caracterizado por una disminución de la concentración de hemoglobina (Hb) en sangre, lo que compromete el transporte de oxígeno a los tejidos (WHO, 2025). Clínicamente puede manifestarse con fatiga, cansancio, debilidad, dificultad para respirar, dolor de cabeza, mareos y latidos cardíacos irregulares (NHLBI, 2022). Según

estimaciones globales, su prevalencia alcanza el 24.3% y afecta a aproximadamente 2 mil millones de personas, con mayor frecuencia en países en desarrollo, donde puede superar el 40.0% (Gardner et al., 2023; McLean et al., 2009).

Durante el embarazo, esta condición cobra especial relevancia, ya que las demandas fisiológicas de hierro aumentan considerablemente para sostener la expansión del volumen

plasmático, el crecimiento fetal y el desarrollo placentario (Karami et al., 2022). Aunque existen múltiples causas de la anemia la deficiencia de hierro es la más frecuente en gestantes, debido a un requerimiento adicional aproximado de 1 gramo de hierro durante todo el embarazo (Gardner et al., 2023; Picciano, 2003). Además, la hemodilución fisiológica del segundo y tercer trimestre puede disminuir los niveles de Hb incluso en mujeres con reservas normales (Gonzales & Olavegoya, 2019).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define anemia durante el embarazo como una concentración de Hb <11 g/dL, con umbrales específicos por trimestre (WHO, 2011). La anemia en el embarazo se ha asociado con una mayor incidencia de desenlaces adversos, como parto prematuro, bajo peso al nacer (BPN), puntuación de Apgar baja, y aumento de la morbilidad materna y neonatal (Karami et al., 2022; Rani et al., 2014; Sun et al., 2017).

Entre estos desenlaces, el BPN se ha consolidado como uno de los indicadores clave de salud neonatal. Se define como un peso inferior a 2,500 g al momento del nacimiento y se asocia con un mayor riesgo de morbilidad y mortalidad infantil (Cutland et al., 2017). Se estima que su prevalencia global es del 14.6%, lo que representa aproximadamente 20.5 millones de neonatos cada año, siendo más frecuente en países de ingresos medios y bajos (Blencowe et al., 2019). Diversos estudios han reportado una asociación significativa entre la anemia durante el embarazo y un mayor riesgo de BPN en neonatos (Dane et al., 2013; Engidaw et al., 2022; Figueiredo et al., 2018; Rana et al., 2013).

Además, la edad materna (≤ 16 o > 35 años) también ha demostrado ser un factor determinante de riesgo (Blencowe et al., 2019). Particularmente, las adolescentes embarazadas enfrentan mayores probabilidades de presentar deficiencias nutricionales, menor acceso a servicios de salud, embarazos no planificados y escasa adherencia al control prenatal, lo que incrementa su vulnerabilidad a complicaciones como anemia y BPN (Maheshwari y col. 2022).

En México, aunque se ha descrito la prevalencia de anemia en mujeres embarazadas, la evidencia

sobre su impacto específico en adolescentes gestantes es limitada. La falta de datos limita el diseño de intervenciones específicas para esta población, a pesar de que representa un grupo prioritario en salud pública. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue analizar la asociación entre anemia materna en el tercer trimestre del embarazo y el peso al nacer en una cohorte de adolescentes atendidas en un hospital público de segundo nivel en el noroeste de México.

METODOLOGÍA

Se realizó un estudio transversal, retrospectivo y analítico, mediante la revisión de expedientes clínicos Hospital de la Mujer (HM) de Culiacán, Sinaloa, correspondientes al periodo del 1 de enero al 22 de abril del 2023. Se extrajeron los siguientes datos: concentración de hemoglobina en el tercer trimestre, edad materna, edad gestacional, tipo de parto, peso y talla neonatal.

La población de estudio estuvo conformada por adolescentes embarazadas, definidas como mujeres con edad ≤ 19 años al momento del parto, conforme a los criterios de OMS (Chandra-Mouli et al., 2013). Se incluyeron únicamente los casos con parto a término (≥ 37 semanas de gestación), con recién nacido vivo, que acudieron a valoración obstétrica e ingresaron por trabajo de parto y que contaban con biometría hemática durante el tercer trimestre de embarazo. Se excluyeron del análisis los casos de embarazo múltiple, recién nacidos con malformaciones congénitas, óbitos fetales y expedientes con información incompleta sobre las variables de interés.

La anemia en el embarazo se definió como una concentración de hemoglobina menor a 11.0 g/dL durante el tercer trimestre y se clasificó en leve (10.0–10.9 g/dL), moderada (7.0–9.9 g/dL) y severa (<7.0 g/dL). El peso al nacer se extrajo del expediente clínico y se clasificó como: BPN: $<2,500$ g, adecuado (2,500–3,999 g) y macrosomía ($\geq 4,000$ g).

No se realizó un cálculo de tamaño muestral a priori, dado que se empleo un muestreo censal, incluyendo la totalidad de los expedientes que cumplieran con los criterios de inclusión durante el periodo de estudio.

Aspectos éticos. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética del Hospital de la Mujer, Secretaría de Salud (No. 202310-22). Al tratarse de una investigación retrospectiva basada en expedientes clínicos, no se requirió consentimiento informado individual. Se garantizó en todo momento la confidencialidad y el anonimato de las pacientes, en conformidad con los principios éticos de la Declaración de Helsinki.

Análisis estadístico. Los datos fueron analizados utilizando el software GraphPad Prism Versión 8.0 (GraphPad Software, San Diego, CA, USA). Las variables categóricas se describieron mediante frecuencias absolutas y relativas. Las variables continuas se expresaron como medias y desviaciones estándar o medianas y rangos intercuartílicos, según la distribución de los datos. La normalidad de la distribución se evaluó mediante la prueba de D'Agostino-Pearson. Para la comparación entre grupos (anemia vs. sin anemia), se utilizó la prueba t de Student para variables con distribución normal y la prueba U de Mann-Whitney para variables con distribución no normal. Las variables categóricas se compararon mediante prueba de chi cuadrado o la prueba exacta de Fisher, según el tamaño de las muestras. La asociación entre la concentración de Hb y el peso al nacer se evaluó mediante el coeficiente de correlación de Pearson. Un valor de $p < 0.05$ fue considerado estadísticamente significativo.

RESULTADOS

Se incluyeron en el estudio un total de 276 adolescentes embarazadas. La mediana de la edad materna fue de 18 años (RI: 16–19), y la edad gestacional al momento del parto fue de 39.1 semanas (RI: 38.5–40). El 54.7% ($n=151$) de los partos fueron por vía vaginal y el 45.3% ($n = 125$) por cesárea.

La prevalencia de anemia en el tercer trimestre del embarazo fue del 28.98% ($n = 80$). La concentración promedio de Hb fue de 11.69 ± 1.44 g/dL. Entre las embarazadas con anemia, el 62.5% ($n = 50$) presentó anemia leve y el 37.5% ($n = 30$) anemia moderada. No se registraron casos de anemia severa.

En cuanto a los recién nacidos, el peso promedio al nacer fue de $3,316 \pm 439.5$ g y la talla media fue de 50.17 ± 2.31 cm. Según la clasificación de peso al nacer, el 2.2% ($n=6$) correspondió a bajo peso, el 93.5% ($n=258$) a peso adecuado y el 4.3% ($n=12$) fueron macrosomía (Tabla 1).

Al comparar las características clínicas entre gestantes con y sin anemia, se observó que las adolescentes con anemia presentaban una edad significativamente menor que aquellas sin anemia (mediana: 17.0 vs. 18.0 años; $p = 0.0012$), así como una edad gestacional ligeramente menor (39.0 vs. 39.2 semanas; $p < 0.0001$) (Tabla 2.). El peso al nacer fue significativamente menor en los neonatos de madres con anemia en comparación con los de madres sin anemia (3,254 vs. 3,353 g; $p = 0.0397$). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la proporción de neonatos con BPN entre ambos grupos (2.5% vs. 2.0%; $p = 0.967$). ni en la talla neonatal (50.03 cm vs. 50.37 cm; $p = 0.2523$), ni en el tipo de parto ($p = 0.3152$). Tampoco se encontró una asociación entre el grado de anemia (leve vs. moderada) y el riesgo de bajo peso al nacer ($p > 0.05$).

La correlación entre la concentración de hemoglobina materna y el peso al nacer no fue estadísticamente significativa ($r = 0.0104$; $p = 0.8633$). Finalmente, se observó que las adolescentes más jóvenes (13-16 años) presentaron un mayor riesgo de anemia en comparación con el grupo de 17 años (OR: 3.234, IC 95%: 1.80–5.59; $p < 0.001$).

DISCUSIÓN.

En este estudio, la prevalencia de anemia en adolescentes embarazadas durante el tercer trimestre fue del 28.93%. Esta cifra es inferior a la prevalencia global reportada para mujeres gestantes en el tercer trimestre (48.0%) (Karami et al., 2022), así como a lo documentado en mujeres adultas embarazadas de Nigeria (69.6%) Australia (54.5%), Nepal (46.2%), Sudáfrica (42.7%) y Ecuador (31.8%) (Díaz Granda & Díaz Granda, 2019; Leonard et al., 2018; Okoh et al., 2016; Rana et al., 2013; Tunkyi & Moodley, 2018). Sin embargo, fue superior a la estimada por OMS para mujeres embarazadas en México (21.0%), y a lo reportado en otros países como Países bajos

(18.5%), Suiza (18.3%), Canadá (12.8%), Etiopia (16.1%) y Nepal (24.0%) (Bencaiova et al., 2012; Bencaiova & Breymann, 2014; Engidaw et al., 2022; Sah et al., 2022; Smith et al., 2019; WHO, 2017). Estas variaciones podrían atribuirse a diferencias en el acceso a suplementos prenatales, estado nutricional previo al embarazo, adherencia a controles médicos y condiciones socioeconómicas.

En nuestra muestra de adolescentes embarazadas, no se encontró una asociación estadísticamente significativa entre la anemia materna y el BPN. Estos resultados contrastan con los reportados en otros estudios que identifican a la anemia como un factor de riesgo importante para BPN, tanto en gestantes adolescentes como adultas (Engidaw et al., 2022; Figueiredo et al., 2018; Rana et al., 2013; Sah et al., 2022; Villalva-Luna & Prado, 2020).

Una explicación fisiopatológica propuesta es que los niveles bajos de Hb podrían comprometer la capacidad de transporte de oxígeno y nutrientes al feto, o que resultaría en una restricción del crecimiento intrauterino (Stangret et al., 2017). En nuestro estudio, aunque no se encontró una asociación significativa con el BPN clínico, se observó un peso promedio significativamente menor en neonatos de madres con anemia (-98.66 ± 56.0 g), en comparación con aquellos de madres sin anemia. Estos hallazgos coinciden parcialmente con lo reportado por Urdaneta y et al. (2015) en Venezuela, donde se observó un menor peso promedio en recién nacidos de madres con anemia (2,970 g vs. 3,390 g), sin una mayor incidencia de BPN. Esta diferencia de peso podría representar un impacto subclínico de la anemia en el crecimiento fetal, insuficiente para modificar la categoría clínica de peso, pero potencialmente relevante en contextos de mayor vulnerabilidad o comorbilidad.

En cuanto al momento de aparición de la anemia, algunos autores han sugerido que el impacto sobre el crecimiento fetal puede variar dependiendo del trimestre en que se presente. Por ejemplo, Rahmati et al. (2017) encontraron mayor asociación entre anemia en el primer trimestre y el riesgo de BPN, mientras que Madrid-Pérez et al., (2021) reportaron una correlación significativa únicamente en el

tercer trimestre. Por su parte, Ahankari et al. (2015), en un metaanálisis, concluyeron que tanto la anemia en el primer como en el tercer trimestre se asocian con un mayor riesgo de BPN. Nuestro estudio, enfocado exclusivamente en la anemia durante el tercer trimestre, muestra un efecto negativo sobre el peso promedio neonatal. Estos hallazgos resaltan la importancia de monitorear esta condición a lo largo de toda la gestación para reducir riesgos perinatales adversos.

Respecto a la severidad de la anemia, no se identificó una asociación significativa entre el grado de anemia (leve vs. moderada) y el riesgo de BPN. Sin embargo, estudios previos como los de Sacramento & Panta (2017) han documentado una asociación significativa entre la anemia moderada durante el tercer trimestre de gestación con un peso menor para la edad gestacional. Asimismo, Kurami et al. (2019) reportaron una asociación estadísticamente significativa entre la anemia materna y un elevado riesgo de BPN que aumenta con la severidad de la anemia. La ausencia de esta tendencia en nuestra muestra podría explicarse por el tamaño reducido del subgrupo con anemia moderada y a la ausencia de casos de anemia severa, lo que redujo la capacidad para detectar diferencias significativas. En conjunto, estos hallazgos refuerzan la hipótesis de que la concentración de hemoglobina materna puede ser un factor determinante del crecimiento fetal. Esto tiene implicaciones clínicas importantes, ya que resalta la necesidad de monitorear y tratar de forma oportuna los niveles hematológicos durante el embarazo para prevenir efectos adversos en la salud neonatal.

Nuestro estudio también identificó que las adolescentes de 13 a 16 años presentaron un mayor riesgo de desarrollar anemia en comparación con las de 17 a 19 años (OR: 3.234; IC 95%: 1.80–5.59). Este resultado coincide con estudios que señalan que la edad materna joven es un factor de riesgo independiente para anemia y desenlaces adversos como el BPN (Maheshwari et al., 2022). Las gestantes adolescentes más jóvenes suelen enfrentar una inmadurez biológica, deficiencias nutricionales, embarazos no planificados, y menor acceso a servicios de salud, lo que incrementa su vulnerabilidad.

Por último, reconocemos que este estudio presenta ciertas limitaciones. Primero, no se analizaron variables que podrían influir en la aparición de anemia o en el peso neonatal, como nivel socioeconómico, área de residencia, educación materna, número de partos, estado nutricional previo, suplementación con hierro y ácido fólico, o la adherencia al control prenatal. La ausencia de estas variables impide ajustar los resultados por posibles factores de confusión. Segundo, el reducido número de casos de BPN y la ausencia de anemia severa limitan la capacidad estadística para establecer asociaciones contundentes. Finalmente, el uso de datos provenientes de un solo hospital limita la generalización de los resultados. A pesar de estas limitaciones, nuestro estudio aporta evidencia relevante sobre el impacto potencial de la anemia materna en adolescentes sobre el peso neonatal.

CONCLUSIONES.

En esta muestra de adolescentes embarazadas atendidas en un hospital público de segundo nivel en el noroeste de México, no se encontró una asociación estadísticamente significativa entre la anemia materna en el tercer trimestre y el bajo peso al nacer. Sin embargo, se observó una diferencia significativa en el peso promedio de los neonatos, siendo menor en hijos de madres con anemia, lo que podría reflejar un efecto subclínico sobre el crecimiento fetal, aun sin alcanzar el umbral clínico de bajo peso.

La prevalencia de anemia en esta población (28.93%) resalta la importancia de fortalecer los programas de detección oportuna, prevención y tratamiento de la anemia durante el embarazo adolescente. Esto incluye intervenciones integrales que consideren el seguimiento hematológico continuo, la educación nutricional, el acceso a suplementos de hierro y ácido fólico, y la promoción de hábitos alimentarios saludables, con un enfoque prioritario en adolescentes más jóvenes.

REFERENCIAS.

1. Ahankari, A., & Leonardi-Bee, J. (2015). Maternal hemoglobin and birth weight: Systematic review and meta-analysis. *Int J Med Sci Public Health*, 4(4), 435–445.

2. Bencaiova, G., & Breymann, C. (2014). Mild anemia and pregnancy outcome in a Swiss collective. *Journal of pregnancy*, 2014(1), 307535.

3. Bencaiova, G., Burkhardt, T., & Breymann, C. (2012). Anemia—Prevalence and risk factors in pregnancy. *European journal of internal medicine*, 23(6), 529–533.

4. Blencowe, H., Krusevec, J., De Onis, M., Black, R. E., An, X., Stevens, G. A., Borghi, E., Hayashi, C., Estevez, D., Cegolon, L., & others. (2019). National, regional, and worldwide estimates of low birthweight in 2015, with trends from 2000: A systematic analysis. *The Lancet global health*, 7(7), e849–e860.

5. Chandra-Mouli, V., Camacho, A. V., & Michaud, P.-A. (2013). WHO guidelines on preventing early pregnancy and poor reproductive outcomes among adolescents in developing countries. *Journal of adolescent health*, 52(5), 517–522.

6. Cutland, C. L., Lackritz, E. M., Mallett-Moore, T., Bardají, A., Chandrasekaran, R., Lahariya, C., Nisar, M. I., Tapia, M. D., Pathirana, J., Kochhar, S., & others. (2017). Low birth weight: Case definition & guidelines for data collection, analysis, and presentation of maternal immunization safety data. *Vaccine*, 35(48), 6492–6500.

7. Dane, B., Arslan, N., Batmaz, G., & Dane, C. (2013). Does maternal anemia affect the newborn. *Özgün Araştırma*, 5, 195–199.

8. Diaz Granda, R. C., & Diaz Granda, L. E. (2019). *Estudio transversal: Anemia materna del tercer trimestre y su relación con prematuridad y antropometría neonatal en el Hospital Vicente Corral Moscoso, Cuenca-Ecuador, 2016–2017*.

9. Engidaw, M. T., Eyayu, T., & Tiruneh, T. (2022). The effect of maternal anaemia on low birth weight among newborns in Northwest Ethiopia. *Scientific Reports*, 12(1), 15280. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-19726-z>

10. Figueiredo, A. C., Gomes-Filho, I. S., Silva, R. B., Pereira, P. P., Mata, F. A. D., Lyrio, A. O., Souza, E. S., Cruz, S. S., & Pereira, M. G. (2018). Maternal anemia and low birth weight: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, 10(5), 601.
11. Gardner, W. M., Razo, C., McHugh, T. A., Hagins, H., Vilchis-Tella, V. M., Hennessy, C., Taylor, H. J., Perumal, N., Fuller, K., Cercy, K. M., Zoeckler, L. Z., Chen, C. S., Lim, S. S., Aali, A., Abate, K. H., Abd-Elsalam, S., Abdurehman, A. M., Abebe, G., Abidi, H., ... Kassebaum, N. J. (2023). Prevalence, years lived with disability, and trends in anaemia burden by severity and cause, 1990–2021: Findings from the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet Haematology*, 10(9), e713–e734. [https://doi.org/10.1016/S2352-3026\(23\)00160-6](https://doi.org/10.1016/S2352-3026(23)00160-6)
12. Gonzales, G. F., & Olavegoya, P. (2019). Fisiopatología de la anemia durante el embarazo: ¿anemia o hemodilución? *Revista peruana de ginecología y obstetricia*, 65(4), 489–502.
13. Karami, M., Chalesghar, M., Salari, N., Akbari, H., & Mohammadi, M. (2022). Global prevalence of anemia in pregnant women: A comprehensive systematic review and meta-analysis. *Maternal and child health journal*, 26(7), 1473–1487.
14. Kumari, S., Garg, N., Kumar, A., Guru, P. K. I., Ansari, S., Anwar, S., Singh, K. P., Kumari, P., Mishra, P. K., Gupta, B. K., & others. (2019). Maternal and severe anaemia in delivering women is associated with risk of preterm and low birth weight: A cross sectional study from Jharkhand, India. *One Health*, 8, 100098.
15. Leonard, D., Buttner, P., Thompson, F., Makrides, M., & McDermott, R. (2018). Anaemia in pregnancy among Aboriginal and Torres Strait Islander women of Far North Queensland: A retrospective cohort study. *Nutrition & Dietetics*, 75(5), 457–467.
16. Madrid-Pérez, C., Restrepo-Mesa, S. L., Tirado, J. A., Sierra, D. C. L., Ospina, A. C., & Parra-Sosa, B. E. (2021). Relación de la hemoglobina materna y el peso al nacer en Antioquia-Colombia. *Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil*, 21, 187–195.
17. McLean, E., Cogswell, M., Egli, I., Wojdyla, D., & Benoist, B. de. (2009). Worldwide prevalence of anaemia, WHO Vitamin and Mineral Nutrition Information System, 1993–2005. *Public Health Nutrition*, 12(4), 444–454. <https://doi.org/10.1017/S1368980008002401>
18. NHLBI. (2022). *What Is Anemia?* | NHLBI, NIH. <https://www.nhlbi.nih.gov/es/salud/anemia>
19. Okoh, D. A., Iyalla, C., Omunakwe, H., Iwo-Amah, R. S., & Nwabuko, C. (2016). A retrospective study of the prevalence of anaemia in pregnancy at booking in Niger Delta, Nigeria. *Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 36(5), 594–597.
20. Picciano, M. F. (2003). Pregnancy and lactation: Physiological adjustments, nutritional requirements and the role of dietary supplements. *The Journal of nutrition*, 133(6), 1997S-2002S.
21. Rahmati, S., Delpishe, A., Azami, M., Ahmadi, M. R. H., & Sayehmiri, K. (2017). Maternal Anemia during pregnancy and infant low birth weight: A systematic review and Meta-analysis. *International journal of reproductive biomedicine*, 15(3), 125.
22. Rana, S. S., Sharma, S., Chand, A., & Malla, R. (2013). Relationship between maternal Haemoglobin and fetal weight. *Nepal Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 8(1), 37–40.
23. Rani, K. U., Gupta, J., Gupta, R., & Aggarwal, K. C. (2014). Maternal anaemia and its severity: An independent risk factor for preterm delivery and adverse neonatal outcome. *Int J Reprod Contracept Obstet Gynecol*, 3(2), 325–329.
24. Sacramento, H., & Panta, O. (2017). Relación entre los niveles de hemoglobina durante la gestación con el peso del recién nacido en el Hospital II Chocope, ESSALUD. *Revista Ciencia y Tecnología*, 13(4), 21–32.
25. Sah, S. K., Sunuwar, D. R., Baral, J. R., Singh, D. R., Chaudhary, N. K., & Gurung, G. (2022). Maternal hemoglobin and risk of low birth

weight: A hospital-based cross-sectional study in Nepal. *Heliyon*, 8(12).

26. Smith, C., Teng, F., Branch, E., Chu, S., & Joseph, K. (2019). Maternal and perinatal morbidity and mortality associated with anemia in pregnancy. *Obstetrics & Gynecology*, 134(6), 1234–1244.

27. Stangret, A., Wnuk, A., Szewczyk, G., Pyzlak, M., & Szukiewicz, D. (2017). Maternal hemoglobin concentration and hematocrit values may affect fetus development by influencing placental angiogenesis. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*, 30(2), 199–204.

28. Sun, D., McLeod, A., Gandhi, S., Malinowski, A. K., & Shehata, N. (2017). Anemia in pregnancy: A pragmatic approach. *Obstetrical & gynecological survey*, 72(12), 730–737.

29. Tunkyi, K., & Moodley, J. (2018). Anemia and pregnancy outcomes: A longitudinal study. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*, 31(19), 2594–2598.

30. Urdaneta Machado, J. R., Lozada Reyes, M., Cepeda de Villalobos, M., García, J., Villalobos, N., Contreras Benítez, A., Ruíz, A. G., & Briceño Polacre, O. (2015). Anemia materna y peso al nacer en productos de embarazos a término. *Revista chilena de obstetricia y ginecología*, 80(4), 297–305.

31. Villalva-Luna, J. L., & Prado, J. J. V. (2020). Relación entre gestantes con anemia en edad materna de riesgo y bajo peso al nacer en un hospital de la seguridad social del Perú. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 20(4), 581–588.

32. World Health Organization. (2011). *Haemoglobin concentrations for the diagnosis of anaemia and assessment of severity*. (p. 6 p.) [Technical documents]. <https://iris.who.int/handle/10665/85839>

33. World Health Organization. (2017). The global prevalence of anaemia in 2011. Geneva: World Health Organization; 2015. *Preprint at*.

34. World Health Organization. (2025). *Anemia*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/anaemia>

Contribución de los autores.

Idea, FJCA, JALC, MG.V.; Revisión de literatura (estado del arte), FJCA, ARMG, DMO, JAMG, JGAG.; Metodología, JGAG, JMLI, FJCA.; Análisis de datos, JGAG, ACR, ELC.; Resultados, JGAG, FJCA, JDSA.; Discusión y conclusiones, FJCA, JGAG, JAMG.; Redacción (borrador original), FJCA, JGAG.; Revisiones finales, JGAG, FJCA; Diseño del Proyecto y patrocinios, FJCA, JGAG.

Agradecimientos.

Se contemplan en agradecimientos a toda aquella persona o institución que apoyó durante la investigación, pero sus aportaciones no fueron las suficientes para ser parte de los autores del manuscrito de acuerdo con las contribuciones de los autores.

Financiamiento.

El presente trabajo no obtuvo financiamiento del sector público o privado para su realización.

Tabla 1. Características clínicas de las madres adolescentes y sus neonatos (N=276).

Datos de las madres	
Variable	Valor
Edad materna (años)	18 (RI 16–19)
Semanas de gestación	39.1 (RI 38.5-40)
37.0 – 38.9	84 (30.4%)
39.0 – 40.9	163 (59.1%)
41.0 – 41.9	25 (9.1%)
≥ 42.0	4 (1.4%)
Hemoglobina (g/dL)	11.69 ± 1.44
Grado de anemia	n (%)
Normal (Hb ≥ 11.0 g/dL)	196 (71.0)
Leve (Hb 10.0–10.9 g/dL)	50 (18.1)
Moderada (Hb 7.0–9.9 g/dL)	30 (10.9)
Tipo de parto	(n, %)
Cesárea	125 (45.3)
Vaginal	151 (54.7)
Datos de los neonatos	
Peso al nacer (g)	3316 ± 439.5
Talla al nacer (cm)	50.17 ± 2.314
Clasificación de peso	(n, %)
Bajo peso	6 (2.2)
Normal	258 (93.5)
Macrosómico	12 (4.3)

RI: Rango intercuartílico; DE: Desviación estándar; Hb: Hemoglobina

Tabla 2. Comparación de variables clínicas y neonatales entre gestantes adolescentes con y sin anemia.

Variable	Grupo		p
	con anemia (n = 80)	Sin anemia (n = 196)	
Hemoglobina (mg/dL)	10.1 (RI 9.6–10.60)	12.4 (RI 11.8–13.0)	<0.0001†
SDG	39.0 (RI 38.0–39.9)	39.2 (RI 38.7–40.1)	0.0012†
Edad (años)	17.0 (RI 16–18)	18.0 (RI 17–19)	<0.0001†
Peso al nacer (g)	3,254 ± 393.9	3,353 ± 433.3	0.0397‡
Talla al nacer (cm)	50.03 ± 2.26	50.37 ± 2.22	0.2523‡
Tipo de parto	(n, %)	(n, %)	p
Cesárea (n = 125)	40 (32.0)	85 (68.0)	0.3152
Vaginal (n = 151)	40 (26.5)	111 (73.5)	
Peso al nacer	(n, %)	(n, %)	p
Bajo peso	2 (2.5)	4 (2.0)	0.967
Adecuado	76 (95.0)	182 (92.9)	
Macrosómico	2 (2.5)	10 (5.1)	
Clasificación de las embarazadas por edad	(n, %)	(n, %)	p
13-16	35 (47.9)	38 (52.1)	<0.0001
17-19	45 (22.2)	158 (77.8)	

SDG: semanas de gestación; † Prueba U de Mann-Whitney; ‡Prueba T de student; RI: Rango intercuartílico.

Asociación entre la composición corporal, parámetros nutricionales y glucemia capilar en adultos jóvenes

Association between body composition, nutritional parameters, and capillary blood glucose in young adults

Bernardo Daniel Olivas-Ordoñez¹, Elisa Barrón-Cabrera^{1*} Salma Verenice Cristerna-Huerta¹, Diana Ivedt Reyes-Trujillo¹, Melissa de Jesús Vega-Burgueño¹, Dalia Magaña-Ordorica¹, Marcela de Jesús Vergara-Jiménez²,

¹Facultad de Ciencias de la Nutrición y Gastronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, Sinaloa, México.

Correspondencia: elisabarron@uas.edu.mx

Palabras claves	RESUMEN
Glucosa Masa magra Masa grasa Nutrimentos	Introducción: La obesidad es un factor de riesgo importante para el desarrollo de diabetes mellitus tipo 2, en parte debido al desequilibrio entre masa grasa y masa magra, lo cual afecta la regulación de la glucosa, la sensibilidad a la insulina y el estado inflamatorio. Este estudio analizó la asociación entre la composición corporal, el consumo dietético y los niveles de glucosa capilar en adultos jóvenes de Culiacán, Sinaloa, México. Metodología: Participaron 27 adultos jóvenes (edad de 27.63 ± 8.48 años). Se evaluaron variables antropométricas, composición corporal por bioimpedancia, niveles de glucosa capilar en ayuno (8–10 h) y consumo dietético mediante un recordatorio de 24 horas. Los participantes fueron clasificados en dos grupos: normoglicemia (<100 mg/dL) e hiperglicemia (≥ 100 mg/dL). Resultados: Los individuos con hiperglicemia presentaron mayor porcentaje de grasa corporal y menor masa muscular, además de una menor ingesta de vitaminas B6 y E. Se encontraron correlaciones significativas entre la glucosa capilar y el porcentaje de grasa ($r = 0.483$, $p = 0.014$), masa muscular ($r = -0.475$, $p = 0.016$), agua corporal ($r = -0.505$, $p = 0.010$), circunferencia de cadera ($r = 0.483$, $p = 0.014$), vitamina B6 ($r = -0.444$, $p = 0.017$) y vitamina E ($r = -0.345$, $p = 0.044$). Conclusión: Un mayor porcentaje de grasa corporal, menor masa muscular y una ingesta inadecuada de vitaminas B6 y E se asocian con niveles elevados de glucosa capilar. Promover una composición corporal saludable y una dieta rica en micronutrientes puede ser clave en la prevención temprana de alteraciones metabólicas.
Keywords	ABSTRACT
Glucose Lean mass Fat mass Nutrients	Introduction: Obesity is a major risk factor for the development of type 2 diabetes mellitus, partly due to the imbalance between fat mass and lean mass, which negatively affects glucose regulation, insulin sensitivity, and inflammatory status. This study aimed to analyze the association between body composition, dietary intake, and capillary glucose levels in young adults from Culiacan, Sinaloa, Mexico. Methods: A total of 27 young adults (mean age 27.63 ± 8.48 years) were included. Anthropometric variables, body composition by bioelectrical impedance, fasting capillary glucose levels (8–10 h), and dietary intake via a 24-hour dietary recall were assessed. Participants were classified into two groups according to their glucose levels: normoglycemia (<100 mg/dL) and hyperglycemia (≥ 100 mg/dL). Results: Participants in the hyperglycemic group showed a higher percentage of body fat, lower muscle mass, and lower intake of vitamins B6 and E compared to those in the normoglycemic group. Significant correlations were found between capillary glucose levels and body fat percentage ($r = 0.483$, $p = 0.014$), muscle mass ($r = -0.475$, $p = 0.016$), total body water ($r = -0.505$, $p = 0.010$), hip circumference ($r = 0.483$, $p = 0.014$), vitamin B6 intake ($r = -0.444$, $p = 0.017$), and vitamin E intake ($r = -0.345$, $p = 0.044$). Conclusion: Higher body fat percentage, lower muscle mass, and inadequate intake of vitamins B6 and E are associated with elevated capillary glucose levels. Promoting healthy body composition and micronutrient-rich diets may play a key role in the early prevention of metabolic disturbances.

INTRODUCCIÓN

El sobrepeso y la obesidad representan una problemática de salud pública en constante crecimiento a nivel mundial. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), hasta el 70% de la población adulta en algunos países enfrenta exceso de peso (OMS 2023). En México, datos recientes de la Encuesta Nacional de Salud

y Nutrición (ENSANUT 2022) revelaron que cerca de 50 millones de adultos viven con sobrepeso u obesidad, con una prevalencia de 38.3% y 36.9%, respectivamente. Además, el 12.6% de quienes presentan exceso de peso también padecen diabetes, y en el estado de Sinaloa se ha reportado una prevalencia de esta enfermedad del 10.4% en adultos (Instituto Nacional de Salud Pública, 2023)

Diversos factores contribuyen a esta problemática, incluyendo estilos de vida marcados por largas jornadas laborales, menor actividad física y hábitos alimentarios poco saludables, por mencionar algunos. Estos cambios han favorecido el incremento del sedentarismo y, con ello, un deterioro del estado metabólico, especialmente conforme avanza la edad (Campos-Nonato et al., 2023; Costello et al., 2022). Las consecuencias de este desequilibrio incluyen hipertensión, dislipidemia, enfermedades cardiovasculares, ciertos tipos de cáncer, depresión y, particularmente, diabetes mellitus tipo 2 (Chacón Zenteno et al., 2019).

La obesidad, especialmente cuando predomina la acumulación de grasa visceral, es un factor determinante en la resistencia a la insulina. La composición corporal, en particular la proporción entre masa muscular y masa grasa, influye directamente en el metabolismo de la glucosa. El tejido muscular constituye un sitio clave para la captación de glucosa y el almacenamiento de glucógeno. Una mayor proporción de masa magra favorece la sensibilidad a la insulina y la homeostasis glucémica. En contraste, un exceso de tejido adiposo puede generar un entorno inflamatorio, aumentar los ácidos grasos libres en plasma y alterar la señalización de la insulina, favoreciendo la resistencia a esta hormona (Rodelo et al., 2017; Rubio-Almanza et al., 2019).

Por otro lado, el sedentarismo y los malos hábitos alimenticios contribuyen a una menor utilización de la glucosa por los tejidos, aumentando su acumulación y empeorando la resistencia a la insulina (Herrero y David, 2024). En este contexto, la grasa visceral, almacenada alrededor de los órganos internos, se asocia de forma más significativa con disfunciones metabólicas que la grasa subcutánea (Patel y Abate, 2013). Para evaluar estos riesgos, herramientas como el índice de masa corporal (IMC), la circunferencia de cintura y la bioimpedancia permiten estimar la composición corporal e inclusive el grado de obesidad (Kaess et al., 2012).

Un estudio reciente en Culiacán, Sinaloa, encontró que el 54.1% de los adultos con síndrome metabólico padecían diabetes y además, que la mayoría presentaba un IMC mayor a 25 kg/m²

(91.1%) así como un incremento significativo en la circunferencia de cintura (84.2%), evidenciando de esa manera la estrecha relación entre obesidad abdominal y riesgo metabólico (Plaza-lópez et al., 2023). Sin embargo, además de la presencia de grasa abdominal e IMC fuera de los parámetros saludables, existen otros elementos de la composición corporal que podrían cobrar relevancia en el control de la glicemia, tales como el porcentaje de masa grasa y el de masa muscular, así como el de algunos componentes puntuales de la dieta, como pudieran ser los micronutrientes.

Ante este panorama, el presente proyecto tiene como objetivo evaluar la relación entre la composición corporal (principalmente el porcentaje de masa grasa y masa muscular), la dieta y los niveles de glucosa capilar en adultos jóvenes. Con el fin de aportar evidencia científica que permita diseñar estrategias personalizadas de prevención, tratamiento y manejo de enfermedades relacionadas con la alteración de la glucosa.

METODOLOGÍA

Características de los sujetos de estudio

Se realizó un estudio transversal en la Facultad de Ciencias de la Nutrición y Gastronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa en la ciudad de Culiacán, Sinaloa. El estudio se llevó a cabo de enero a agosto del 2024. Un total de 27 participantes cumplieron con los criterios de elegibilidad que consideró los siguientes criterios de inclusión: hombres y mujeres, edad ≥ 18 hasta 50 años y no tomar medicamentos hipoglucemiantes, hipolipemiantes, antiinflamatorios, para la pérdida de peso y antitiroideos. Todos los participantes firmaron la carta de consentimiento informado previo al inicio del estudio. Este proyecto fue aprobado por el comité de ética de la Facultad de Ciencias de la Nutrición y Gastronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa (número de registro CE-FCNYG-2022-FEB-001).

Evaluación Nutricional

Se aplicó una historia clínica nutricional estandarizada dónde se recolectaron datos

personales, antecedentes patológicos personales y familiares, consumo de fármacos, alcohol y tabaco, hábitos de estilo de vida, alimentación y actividad física. Para la evaluación dietética se aplicó un recordatorio de 24 horas, utilizando réplicas de alimentos marca Nasco® (USA) y utensilios de referencia. Todos los recordatorios fueron analizados en el software Nutritionist Pro® (Axxya, System, USA). Se proporcionó a todos los participantes una guía de nutrición y recomendaciones generales para adquirir hábitos saludables.

Análisis de Composición Corporal

Las mediciones antropométricas se realizaron siguiendo las recomendaciones del Protocolo ISAK (International Society for the advancement of the Kinanthropometry, por sus siglas en inglés) (Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría, 2001) después de un periodo de 8 a 12 horas de ayuno, se instruyó a los participantes a usar ropa ligera y evacuar los intestinos y la vejiga antes de la medición. El peso corporal fue determinado mediante una báscula electrónica digital (BEURER BF 1000, Alemania). La talla/estatura se midió con un estadímetro portátil (SECA, Alemania). Se les pidió a los participantes que permanecieran con los pies juntos, asegurando el contacto de talones, glúteos y la parte superior de la espalda con el estadímetro. La cabeza se posicionó en el plano de Frankfort para garantizar una medición precisa. Con estos datos, se calculó el IMC utilizando la ecuación estándar: $(\text{IMC} = \text{peso [kg]} / \text{talla [m}^2\text{]})$. Las mediciones de circunferencia se realizaron con una cinta metálica Lufkin (Apex Tool Group, EE. UU.). Todas las mediciones fueron realizadas por un evaluador entrenado, asegurando la precisión y repetibilidad de los datos.

Toma de Glucosa Capilar

La toma de glucosa capilar se realizó después de un periodo de ayuno de entre 8 y 12 horas utilizando un glucómetro calibrado y tiras reactivas de la marca Accucheck Performa (USA) siguiendo las especificaciones del fabricante. De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-015-SSA2-2010, se consideraron niveles de glucosa normal cuando los registros fueron menor o igual a 100 mg/dL,

mientras que los niveles superiores a los 100 mg/dL se clasificaron como hiperglucemia.

Medición de la presión arterial

Se utilizó un esfigmomanómetro digital Beurer Medical BM 27 (Beurer GmbH, Alemania). Antes del procedimiento, se indicó al participante que adoptara una posición sentada y permaneciera en reposo para minimizar variaciones inducidas por el estrés o el movimiento. El brazalete fue colocado en el brazo izquierdo, posicionándolo aproximadamente 2 cm por encima de la fosa antecubital, siguiendo las recomendaciones del fabricante y las guías internacionales para la medición de la presión arterial. Una vez asegurado el brazalete, el dispositivo fue activado, registrándose los valores de presión arterial sistólica (PAS) y diastólica (PAD) en la bitácora para su posterior análisis.

Análisis Estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el programa SPSS versión 25 (Armonk, NY: IBM Corp.). Se calcularon las medias y desviaciones estándar de las variables nutricionales, antropométricas y composición corporal. Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para analizar la normalidad de las variables. Para evaluar la correlación entre las concentraciones de glucosa capilar y las variables nutricionales, antropométricas y de composición corporal, se aplicó la correlación de Pearson. Cuando se compararon las medias entre los grupos de estudio, se utilizó la prueba t de Student para muestras independientes cuando las variables presentaron distribución normal y la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney cuando las variables no presentaron una distribución normal. Se utilizaron los niveles de glucosa capilar para clasificar en dos grupos a los participantes: normo glucemia (<100 mg/dL) e hiperglucemia (≥ 100 mg/dL). Se consideró un nivel de significancia de $p < 0.05$ y un intervalo de confianza del 95%.

RESULTADOS.

Se incluyó un total de 27 participantes, de los cuales 33% (n = 9) eran hombres y 67% (n = 18)

eran mujeres. Los participantes fueron categorizados según el sexo. En la **Tabla 1** se presentan las características generales de la población, las variables antropométricas, de composición corporal y niveles de glucosa capilar de la población general y según el sexo. Los datos se expresan como media $\pm$ desviación estándar (DE).

Características generales y variables antropométricas de la población de estudio.

En la población de estudio, la media de edad fue de 27.63 ± 8.48 años. El peso corporal promedio fue de 70.1 ± 16.85 kg; al agrupar por sexo, se observó una media de 81.47 ± 15.48 kg en hombres y de 64.41 ± 13.00 kg en mujeres. El índice de masa

corporal (IMC) mostró una media general de 25.22 ± 4.94 kg/m², con valores promedio de 26.07 ± 5.65 kg/m² en hombres y 24.79 ± 4.66 kg/m² en mujeres.

La estatura media fue de 165.05 ± 7.73 cm, con diferencias notables entre sexos: 173.16 ± 5.48 cm en hombres y 161.00 ± 5.02 cm en mujeres. En cuanto a la composición corporal, el porcentaje de grasa total fue de $31.92 \pm 9.83\%$, siendo de $24.46 \pm 7.33\%$ en hombres y de $36.01 \pm 7.48\%$ en mujeres, ambos rangos considerados elevados para el promedio de edad observado. La media de agua corporal fue de $48.69 \pm 8.07\%$, con $51.44 \pm 7.33\%$ en hombres y $47.24 \pm 8.26\%$ en mujeres, situándose en rangos esperados para una población joven.

Tabla 1. Características generales, antropométricas, de composición corporal y niveles de glucosa capilar de la población de estudio, según sexo.

Variab	Total (n=27)	Hombres (n=9)	Mujeres (n=18)
Edad (años)	27.63 $\pm$ 8.48	28.89 $\pm$ 8.11	27.00 $\pm$ 8.81
Peso (kg)	70.10 $\pm$ 16.85	81.47 $\pm$ 15.48	64.41 $\pm$ 13.00
IMC (kg/m2)	25.22 $\pm$ 4.94	26.07 $\pm$ 5.65	24.79 $\pm$ 4.66
Talla (cm)	165.05 $\pm$ 7.73	173.16 $\pm$ 5.48	161.00 $\pm$ 5.02
Grasa (%)	31.92 $\pm$ 9.83	24.46 $\pm$ 7.33	35.65 $\pm$ 8.86
Agua (%)	48.69 $\pm$ 8.07	51.44 $\pm$ 7.33	47.24 $\pm$ 8.26
Músculo (%)	33.70 $\pm$ 6.70	35.60 $\pm$ 5.85	32.75 $\pm$ 7.05
Masa Ósea (kg)	2.73 $\pm$ 0.49	3.18 $\pm$ 0.33	2.50 $\pm$ 0.04
Circunferencia de cintura (cm)	81.67 $\pm$ 13.06	90.72 $\pm$ 12.55	77.15 $\pm$ 11.04
Circunferencia de cadera (cm)	100.44 $\pm$ 9.46	101.65 $\pm$ 8.81	99.83 $\pm$ 9.95
Circunferencia de abdomen (cm)	89.16 $\pm$ 11.19	92.34 $\pm$ 11.73	87.57 $\pm$ 10.90
Circunferencia media de brazo (cm)	30.43 $\pm$ 4.33	33.52 $\pm$ 3.90	28.88 $\pm$ 3.75
Glucosa capilar (mg/dL)	96.12 $\pm$ 8.58	96.00 $\pm$ 5.43	96.19 $\pm$ 10.11

Kilogramos (kg), índice de masa corporal (IMC), metros (m), centímetros (cm), porcentaje (%), miligramos (mg), decilitros (dL), saturación de oxígeno (SpO2), porcentaje de saturación de oxígeno (%SpO2)

Respecto al porcentaje de masa muscular, la media general fue de $33.70 \pm 6.70\%$; en hombres fue de $35.60 \pm 5.85\%$ y en mujeres de $32.75 \pm 7.05\%$. Estos valores reflejan una tendencia a niveles subóptimos en ambos sexos, considerando la edad de los participantes. La masa ósea promedio fue de 2.73 ± 0.49 kg, con una media de 3.18 ± 0.33 kg en hombres y de 2.50 ± 0.04 kg en mujeres.

En cuanto a las medidas antropométricas de circunferencia, la medición de la cintura fue de 81.67 ± 13.06 cm (90.72 ± 12.55 cm en hombres y 77.15 ± 11.04 cm en mujeres), mientras que la circunferencia de cadera alcanzó un promedio de 100.44 ± 9.46 cm (101.65 ± 8.81 cm en hombres y 99.83 ± 9.95 cm en mujeres). La circunferencia abdominal presentó una media de 89.16 ± 11.19

cm, con valores de 92.34 ± 11.73 cm en hombres y 87.57 ± 10.90 cm en mujeres. Finalmente, la circunferencia media de brazo fue de 30.43 ± 4.33 cm, con diferencias marcadas entre sexos: 33.52 ± 3.90 cm en hombres y 28.88 ± 3.75 cm en mujeres. En relación con la glucosa capilar en ayuno, se registró una media de 96.12 ± 8.58 mg/dL, sin diferencias significativas entre sexos (96.00 ± 5.43 mg/dL en hombres y 96.16 ± 10.11 mg/dL en mujeres).

Variables generales, de composición corporal y antropométricas en relación con los niveles de glucosa capilar.

En la **Tabla 2** se muestran los resultados de las variables generales, de composición corporal y antropométricas agrupadas según los niveles de glucosa capilar. Se identificaron diferencias estadísticamente significativas en varios indicadores corporales, lo que permite establecer asociaciones relevantes entre la composición corporal y el estado glucémico.

El porcentaje de grasa corporal fue significativamente mayor en el grupo con hiperglucemia ($38.46 \pm 7.52\%$) en comparación con quienes presentaron niveles normales de glucosa

Tabla 2. Comparación de variables generales, antropométricas y de composición corporal según niveles de glucosa capilar.

Variables	Glucosa normal (n=17)	Hiperglucemia (n=8)	P
Talla (cm)	166.30 ± 8.34	163.18 ± 7.23	0.954
Peso (Kg)	68.70 ± 17.49	71.43 ± 13.22	0.134
IMC (Kg/m²)	24.04 ± 4.93	26.75 ± 4.46	0.113
Grasa (%)	27.18 ± 7.74	38.46 ± 7.52	0.014
Agua (%)	51.83 ± 6.46	44.15 ± 6.94	0.010
Músculo (%)	35.65 ± 6.41	29.52 ± 3.32	0.016
Masa ósea (Kg)	2.75 ± 0.53	2.70 ± 0.49	0.477
Circunferencia de cintura (cm)	80.52 ± 14.42	82.60 ± 10.04	0.096
Circunferencia de cadera (cm)	97.38 ± 8.80	104.66 ± 8.50	0.014
Circunferencia de abdomen (cm)	86.77 ± 11.26	92.18 ± 7.07	0.063
Circunferencia media de brazo (cm)	30.14 ± 4.62	30.81 ± 4.07	0.158
Glucosa (mg/dL)	91.41 ± 5.31	106.13 ± 4.48	<0.001

Kilogramos (Kg), índice de masa corporal (IMC), metros (m), centímetros (cm), porcentaje (%), miligramos (mg), decilitros (dL).

($27.18 \pm 7.74\%$), con una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0.014$). De forma inversa, el porcentaje de agua corporal fue más alto en el grupo con glucosa normal ($51.83 \pm 6.46\%$) frente al grupo con hiperglucemia ($44.15 \pm 6.94\%$), también con significancia estadística ($p = 0.010$). Asimismo, el porcentaje de masa muscular fue considerablemente mayor en los sujetos con glucosa normal ($35.65 \pm 6.41\%$) en comparación con aquellos que presentaron hiperglucemia ($29.52 \pm 3.32\%$), diferencia que resultó significativa ($p = 0.016$). Por otro lado, la circunferencia de cadera mostró una diferencia significativa, con valores promedio

de 97.38 ± 8.80 cm en el grupo normoglucémico y 104.66 ± 8.50 cm en el grupo con hiperglucemia ($p = 0.014$), lo que podría sugerir una relación con la acumulación de tejido adiposo central en este último grupo.

En la **figura 1** se muestran las correlación estadísticamente significativa entre los niveles de glucosa capilar con el porcentaje de masa grasa ($r= 0.483$, $p= 0.014$), con la masa muscular ($r= -0.475$, $p=0.016$), el porcentaje de agua (-0.505 , $p=0.01$) y la circunferencia de cadera ($r= 0.483$, $p=0.014$). Estos hallazgos refuerzan la evidencia sobre el papel de la composición corporal en la regulación

glucémica y subrayan la importancia de evaluar indicadores antropométricos y de composición corporal como parte del abordaje integral en personas con riesgo metabólico.

Con respecto a la toma de presión arterial, la PAS fue de 116.44 ± 12.35 mm Hg en el grupo normoglucémico y de 119.13 ± 13.88 mm Hg en el grupo con hiperglucemia ($p = 0.154$). Por su parte, la PAD presentó valores similares entre ambos grupos, con 73.94 ± 8.94 mm Hg en normoglucemia y 72.50 ± 7.05 mm Hg en hiperglucemia ($p = 0.914$).

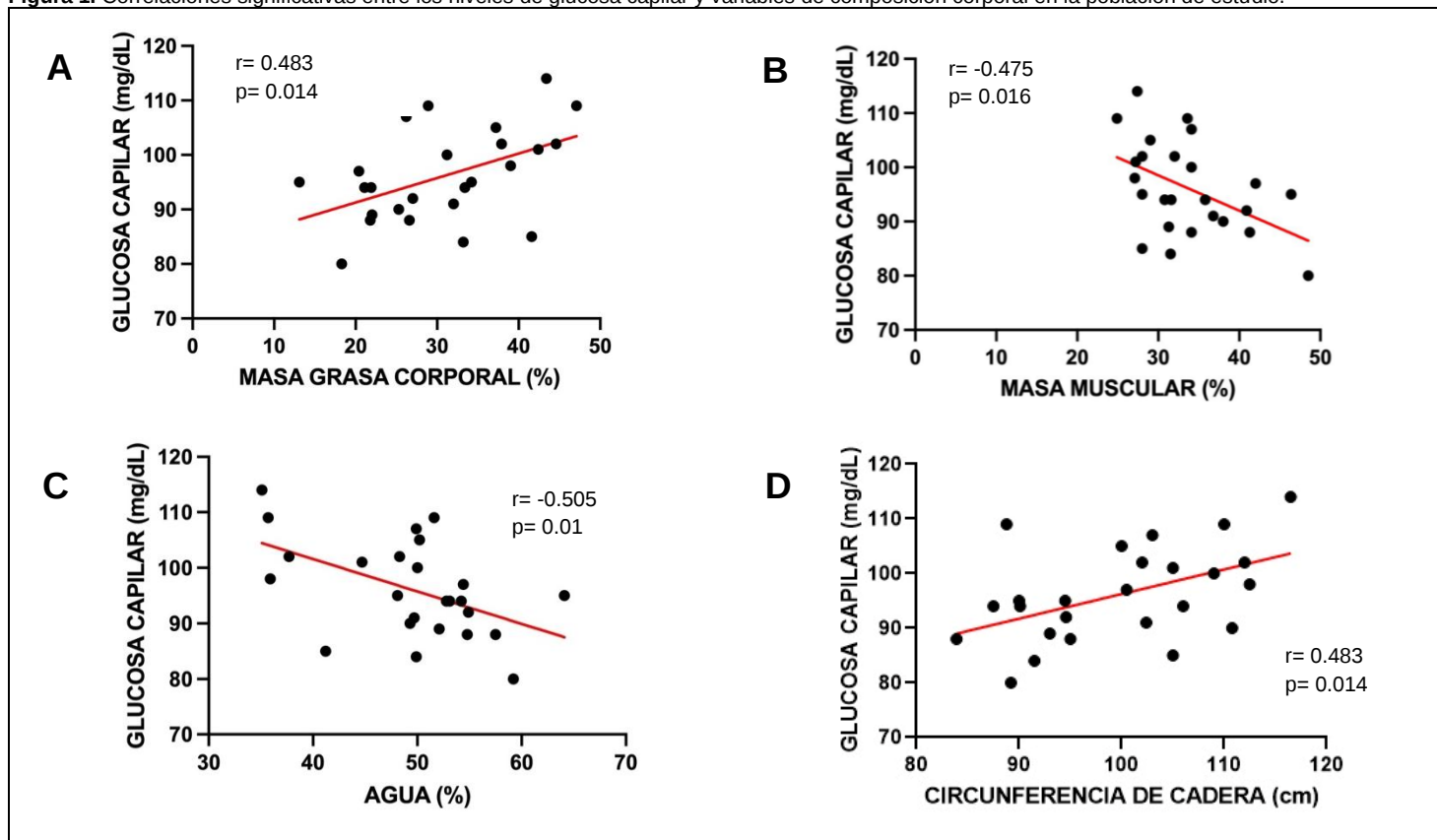
Características de las variables nutricionales en la población de estudio.

En la **Tabla 3** se presentan las variables nutricionales de los participantes, agrupadas por sexo y analizadas mediante el software Nutritionist Pro[®]. Se destacan aquellas relacionadas con el metabolismo energético y de la glucosa, dado su impacto en la fisiología metabólica.

La ingesta calórica promedio en la población general fue de 2138.71 ± 1247.45 kcal. Al agrupar por sexo, los hombres reportaron un consumo medio de 2916.47 ± 1332.88 kcal, mientras que en las mujeres fueron de 1749.83 ± 1031.29 kcal. El consumo de proteínas fue de 111.04 ± 65.57 g en general, siendo más elevado en los hombres (152.01 ± 67.13 g) en comparación con las mujeres (90.55 ± 55.88 g).

Respecto a los lípidos, el promedio fue de 89.15 ± 64.40 g; los hombres consumieron 123.27 ± 68.47 g y las mujeres 72.10 ± 56.68 g. La ingesta de carbohidratos también fue mayor en hombres (375.93 ± 173.93 g) que en mujeres (229.85 ± 208.95 g), con una media general de 278.54 ± 206.83 g. En cuanto a la fibra dietética, el promedio poblacional fue de 28.02 ± 17.55 g, con 33.19 ± 16.18 g en hombres y 25.43 ± 18.08 g en mujeres. El consumo de azúcares simples mostró una media general de 98.55 ± 136.53 g, con diferencias entre hombres (122.82 ± 92.34 g) y mujeres (86.41 ± 155.02 g). El magnesio presentó una media de 406.95 ± 563.19 mg, siendo mayor en hombres (538.20 ± 408.67 mg) que en mujeres (341.32 ± 626.76 mg). Por su parte, el zinc tuvo un promedio de 10.33 ± 8.03 mg en la población, con 15.58 ± 8.00 mg en hombres y 7.71 ± 6.82 mg en mujeres. La vitamina B6 se reportó con una ingesta de 1.74 ± 0.93 mg (hombres: 2.47 ± 0.86 mg; mujeres: 1.37 ± 0.74 mg), mientras que la vitamina B12 fue de 4.19 ± 4.29 µg en promedio general, con valores de 5.26 ± 2.92 µg en hombres y 3.65 ± 4.82 µg en mujeres.

En cuanto a los tipos de grasa, las saturadas tuvieron una ingesta media de 24.78 ± 24.26 g (hombres: 39.68 ± 31.59 g; mujeres: 17.33 ± 15.95 g), las monoinsaturadas de 22.17 ± 15.75 g (hombres: 35.78 ± 18.23 g; mujeres: 15.37 ± 8.71 g) y las poliinsaturadas de 11.60 ± 8.27 g (hombres: 18.38 ± 9.99 g; mujeres: 8.20 ± 4.58 g).

Figura 1. Correlaciones significativas entre los niveles de glucosa capilar y variables de composición corporal en la población de estudio.

A) Correlación positiva entre los niveles de glucosa capilar y la masa grasa en la población de estudio ($p = 0.014$). **B)** Correlación negativa entre los niveles de glucosa capilar y la masa muscular en la población de estudio ($p = 0.016$). **C)** Correlación negativa entre los niveles de glucosa capilar y el porcentaje de agua en la población de estudio ($p = 0.01$). **D)** Correlación positiva entre los niveles de glucosa capilar y circunferencia de cadera ($p = 0.014$).

Tabla 3. Características de las variables nutricionales en la población de estudio, según el sexo.

Variables nutricionales	Total (n=27)	Hombres (n=9)	Mujeres (n=18)
Energía (Kcal)	2138.71 ± 1247.45	2916.47 ± 1332.88	1749.83 ± 1031.29
Proteína (g)	111.04 ± 65.57	152.01 ± 67.13	90.55 ± 55.88
Proteína (%)	22.13 ± 11.97	23.63 ± 15.05	21.38 ± 12.53
Lípidos (g)	89.15 ± 64.40	123.27 ± 68.47	72.10 ± 56.68
Lípidos (%)	39.18 ± 23.06	39.42 ± 19.46	39.06 ± 25.50
Grasa saturada (g)	24.78 ± 24.26	39.68 ± 31.59	17.33 ± 15.95
Grasa monoinsaturada (g)	22.17 ± 15.75	35.78 ± 18.23	15.37 ± 8.71
Grasa poliinsaturada (g)	11.60 ± 8.27	18.38 ± 9.99	8.20 ± 4.58
Colesterol (mg)	388.71 ± 300.10	642.48 ± 346.23	261.83 ± 173.75
Hidratos de Carbono (g)	278.54 ± 206.83	375.93 ± 173.93	229.85 ± 208.95
Hidratos de Carbono (%)	50.84 ± 15.08	54.05 ± 18.9	49.23 ± 13.06
Fibra TD (g)	28.02 ± 17.55	33.19 ± 16.18	25.43 ± 18.08
Azúcar (g)	98.55 ± 136.53	122.82 ± 92.34	86.41 ± 155.02
Vitamina C (mg)	91.65 ± 148.96	63.06 ± 66.02	105.95 ± 176.73
Tiamina (mg)	0.98 ± 0.60	1.26 ± 0.62	0.84 ± 0.56
Riboflavina (mg)	1.31 ± 0.79	1.73 ± 0.71	1.10 ± 0.76
Niacina (mg)	28.64 ± 30.61	41.52 ± 38.27	22.20 ± 24.74
Ácido pantoténico (mg)	4.17 ± 2.33	5.36 ± 2.68	3.58 ± 1.95
Folato (µg)	380.90 ± 272.91	496.28 ± 157.36	323.21 ± 302.79
Ácido fólico (µg)	150.18 ± 137.79	238.08 ± 117.36	106.22 ± 128.13
Folato alimentario (µg)	209.27 ± 227.62	231.31 ± 98.45	198.25 ± 272.57
Folato DFE (µg)	461.55 ± 312.76	634.39 ± 205.46	375.12 ± 325.60
Colina (mg)	327.17 ± 233.09	519.51 ± 247.27	231.00 ± 157.93
Retinol (µg)	250.34 ± 282.23	255.48 ± 135.43	247.77 ± 336.41
Vitamina B6 (mg)	1.74 ± 0.93	2.47 ± 0.86	1.37 ± 0.74
Vitamina B12 (µg)	4.19 ± 4.29	5.26 ± 2.92	3.65 ± 4.82
Vitamina A IU	4995.42 ± 3948.04	3957.44 ± 3250.68	5514.41 ± 4243.90
Vitamina A RAE	487.55 ± 386.17	405.35 ± 143.12	528.66 ± 461.60
Vitamina E (mg)	5.41 ± 4.00	7.04 ± 3.80	4.60 ± 3.94
Vitamina D (µg)	2.87 ± 2.81	3.65 ± 2.03	2.48 ± 3.10
Vitamina D IU	110.22 ± 109.72	129.80 ± 76.98	100.43 ± 123.77
Vitamina K (µg)	113.05 ± 275.86	96.03 ± 141.30	121.56 ± 326.74
Calcio (mg)	804.86 ± 838.24	1073.75 ± 633.81	670.41 ± 910.04
Hierro (mg)	13.70 ± 9.89	18.71 ± 9.31	11.19 ± 9.42
Magnesio (mg)	406.95 ± 563.19	538.20 ± 408.67	341.32 ± 626.76
Fósforo (mg)	1355.10 ± 898.35	1998.30 ± 1097.87	1033.50 ± 581.84
Potasio (mg)	3428.10 ± 3763.23	5278.24 ± 4801.11	2503.03 ± 2844.94
Sodio (mg)	2363.32 ± 1348.33	3200.65 ± 1578.26	1994.66 ± 1025.43
Zinc (mg)	10.33 ± 8.03	15.58 ± 8.00	7.71 ± 6.82
Cobre (mg)	1.04 ± 0.74	1.49 ± 0.90	0.81 ± 0.53
Manganeso (mg)	2.75 ± 2.76	3.74 ± 2.30	2.26 ± 2.90
Selenio (mg)	105.16 ± 74.65	140.91 ± 58.73	87.29 ± 76.71
Alfa caroteno (µg)	466.47 ± 595.49	262.97 ± 399.61	568.22 ± 659.02
Betacaroteno (µg)	2161.34 ± 2253.23	1858.13 ± 1971.48	2312.94 ± 2421.33
Betacriptoxantina(µg)	98.13 ± 317.02	19.68 ± 13.76	137.36 ± 385.66
Licopeno (µg)	4693.83 ± 10524.66	9671.10 ± 17178.35	2205.20 ± 3296.87

Gramos (g), kilocalorías (Kcal), miligramos (mg), microgramos (µg), unidad internacional por sus siglas en inglés (IU), retinol (RAE).

La evaluación de estos macro y micronutrientes adquiere relevancia al considerar su participación directa en el metabolismo energético y la regulación de la glucosa. Cabe destacar que, al compararse con las recomendaciones de ingesta diaria, varios de estos nutrientes se encuentran fuera de los rangos sugeridos, lo que podría implicar un riesgo metabólico a largo plazo si no se corrige a través de intervenciones dietéticas adecuadas.

Variables nutricionales en relación con los niveles de glucosa capilar

En la **Tabla 4** se presentan las variables nutricionales evaluadas según los niveles de glucosa capilar. Se identificaron diferencias estadísticamente significativas en el consumo de algunas vitaminas, así como tendencias relevantes en otros nutrientes esenciales. La vitamina B6 mostró una diferencia significativa entre los grupos, con una ingesta promedio de 2.10 ± 0.96 mg en los sujetos con glucosa normal, frente a 1.18 ± 0.43 mg en aquellos con hiperglucemia ($p = 0.017$). De igual manera, la vitamina E presentó una diferencia significativa, con valores de 6.46 ± 4.47 mg en el grupo normoglucémico y 3.70 ± 2.35 mg en el grupo con hiperglucemia ($p = 0.044$).

Se observaron además algunas variables con una tendencia hacia la significancia. Tal es el caso del consumo de proteína, con 132.62 ± 72.11 g en el grupo con glucosa normal y 80.09 ± 24.32 g en hiperglucemia ($p = 0.062$). El consumo de potasio también presentó una posible diferencia, con valores de 4400.58 ± 4470.57 mg en normoglucemia y 1828.27 ± 712.68 mg en hiperglucemia ($p = 0.091$).

Otros nutrimentos con tendencias relevantes incluyen la niacina, con una media de 36.88 ± 36.12 mg en el grupo con glucosa normal y 15.93 ± 6.31 mg en el grupo con hiperglucemia ($p = 0.055$), así como la vitamina K, con 156.91 ± 342.58 µg frente a 31.49 ± 22.74 µg respectivamente ($p = 0.071$), y finalmente, las grasas monoinsaturadas también mostraron una tendencia hacia la significancia con un consumo de 25.93 ± 16.92 g en normoglucemia y 13.17 ± 9.01 g en hiperglucemia ($p = 0.091$).

Adicionalmente, se calcularon los porcentajes energéticos de macronutrientes a partir de los datos obtenidos mediante el recordatorio dietético de 24 horas. El porcentaje de hidratos de carbono fue de $50.08 \pm 18.74\%$ en el grupo normoglucémico y $47.71 \pm 12.46\%$ en el grupo con hiperglucemia ($p = 0.683$). Para las proteínas, los porcentajes fueron de $23.63 \pm 14.59\%$ y $18.64 \pm 3.27\%$, respectivamente ($p = 0.954$), mientras que los lípidos representaron el $44.96 \pm 27.71\%$ del total energético en normoglucemia y $34.67 \pm 13.59\%$ en hiperglucemia ($p = 0.180$).

Por último, se observaron correlaciones negativas significativas con la ingesta de vitamina B6 ($r = -0.444$, $p = 0.017$) y vitamina E ($r = -0.345$, $p = 0.044$) con los niveles de glucosa capilar en la población de estudio. Estos hallazgos sugieren que, aunque solo algunas vitaminas presentaron diferencias estadísticamente significativas, existen patrones de consumo nutricional que podrían asociarse con alteraciones en los niveles de glucosa capilar, lo cual amerita mayor exploración en estudios con mayor tamaño muestral o diseño longitudinal.

Tabla 4. Comparación de variables nutricionales según los niveles de glucosa capilar en ayuno.

Valores nutricionales	Glucosa normal (n=17)	Hiperglucemia (n=8)	Valor de P
Energía (Kcal)	2442.11 ± 1423.25	1672.96 ± 636.93	0.322
Proteína (g)	132.62 ± 72.11	80.09 ± 24.32	0.062
Proteínas (%)	23.63 ± 14.59	18.64 ± 3.27	0.954
Lípidos totales (g)	106.87 ± 72.68	60.70 ± 33.24	0.103
Lípidos (%)	44.96 ± 27.71	34.67 ± 13.59	0.180
Grasas saturadas (g)	29.45 ± 28.72	16.14 ± 10.60	0.351
Grasas monoinsaturadas (g)	25.93 ± 16.92	16.16 ± 12.28	0.091
Grasas poliinsaturadas (g)	13.17 ± 9.01	8.79 ± 6.33	0.137
Colesterol (mg)	426.58 ± 359.07	328.42 ± 163.16	0.600
Hidratos de carbono (g)	322.95 ± 244.39	205.56 ± 85.20	0.322
Hidratos de carbono (%)	50.08 ± 18.74	47.71 ± 12.46	0.683
Fibra (g)	30.09 ± 19.06	22.27 ± 14.31	0.351
Azúcar (g)	114.36 ± 168.51	63.22 ± 36.23	0.861
Vitamina C (mg)	118.36 ± 175.42	55.34 ± 83.21	0.244
Tiamina (mg)	1.07 ± 0.65	0.86 ± 0.57	0.244
Riboflavina (mg)	1.39 ± 0.86	1.21 ± 0.74	0.683
Niacina (mg)	36.88 ± 36.12	15.93 ± 6.31	0.055
Ácido pantoténico (mg)	4.44 ± 2.69	3.98 ± 1.64	0.954
Folato (µg)	440.74 ± 320.50	297.71 ± 124.82	0.351
Ácido fólico (µg)	168.02 ± 156.36	134.69 ± 106.03	1.000
Vitamina B6 (mg)	2.10 ± 0.96	1.18 ± 0.43	0.017
Vitamina B12 (µg)	5.14 ± 4.91	2.77 ± 2.57	0.294
Vitamina E (mg)	6.46 ± 4.47	3.70 ± 2.35	0.044
Vitamina D (µg)	3.31 ± 2.96	2.23 ± 2.78	0.281
Vitamina K (µg)	156.91 ± 342.58	31.49 ± 22.74	0.071
Calcio (mg)	877.88 ± 987.85	672.44 ± 570.81	0.641
Magnesio (mg)	526.33 ± 680.59	210.76 ± 154.27	0.180
Potasio (mg)	4400.58 ± 4470.57	1828.27 ± 712.68	0.091
Sodio (mg)	2510.38 ± 1558.15	1946.86 ± 907.75	0.600
Zinc (mg)	11.84 ± 8.88	7.93 ± 6.14	0.322

Gramos (g), kilocalorías (Kcal), miligramos (mg), microgramos (µg).

DISCUSIÓN.

En este estudio se analizaron variables relacionadas con la composición corporal, el consumo de macronutrientes y micronutrientes, así como hábitos de estilo de vida, con el objetivo de identificar posibles asociaciones con alteraciones en los niveles de glucosa capilar en ayunas en población joven adulta.

Uno de los hallazgos relevantes se relacionó con las medidas antropométricas, particularmente la circunferencia de cintura y cadera. Al respecto, estudios previos, como el realizado en población cubana por Rodríguez et al., (2019), han reportado una asociación entre disglucemias y el índice cintura-cadera, lo que sugiere que la distribución de la masa grasa, más que su cantidad total, puede influir en el metabolismo glucémico. Específicamente, una mayor acumulación de grasa en la región abdominal se ha vinculado con mayor riesgo metabólico.

Asimismo, se observó una correlación significativa entre el porcentaje de grasa corporal y los niveles de glucosa capilar. Este hallazgo apoya la hipótesis de que un exceso de tejido adiposo puede comprometer el control glucémico, incluso en adultos jóvenes. La literatura científica ha documentado que el tejido adiposo visceral promueve un entorno proinflamatorio mediante la secreción de citoquinas como TNF- α e IL-6, las cuales interfieren con la señalización de la insulina y reducen su eficacia (Akbari y Hassan-Zadeh, 2018). Además, la lipotoxicidad generada por el exceso de ácidos grasos libres puede alterar procesos intracelulares esenciales, como la fosforilación de Akt, afectando negativamente la captación de glucosa en tejidos periféricos (Yazici et al., 2024).

Estos mecanismos respaldan la relación inversa observada en varios estudios entre el porcentaje de grasa corporal y la eficiencia de la homeostasis glucémica. Incluso en individuos con peso normal, una elevada proporción de grasa corporal puede estar asociada con resistencia a la insulina y alteraciones tempranas en la glucosa capilar (Jarvis et al., 2023; Zegarra-Lizana et al., 2019). En este contexto, se ha señalado que personas con mayor adiposidad presentan picos glucémicos

posprandiales más elevados y sostenidos, en comparación con aquellas con menor masa grasa, lo que subraya el papel de la composición corporal como modulador del metabolismo glucémico (Nakamura et al., 2024; Ruan et al., 2021).

En cuanto a las variables nutricionales, se identificaron diferencias significativas en el consumo de algunos micronutrientes entre los grupos con glucosa normal e hiperglucemia. En particular, la vitamina B6 mostró una ingesta significativamente mayor en los individuos normoglucémicos. Este nutriente, en su forma activa piridoxal-5'-fosfato (PLP), participa como coenzima en reacciones clave del metabolismo de la glucosa, incluyendo la gluconeogénesis y la degradación del glucógeno. Su deficiencia se ha relacionado con un aumento del estrés inflamatorio y una reducción en la secreción de insulina (Mascolo y Verni, 2020; Parra et al., 2018).

De manera similar, se observó una mayor ingesta de vitamina E en el grupo con glucosa normal. Este hallazgo es consistente con el rol antioxidante de esta vitamina, que protege frente al estrés oxidativo, uno de los principales factores implicados en la resistencia a la insulina y el daño a las células β pancreáticas. Su capacidad para neutralizar radicales libres podría contribuir a preservar la función de los tejidos involucrados en la regulación de la glucosa (Liao et al., 2022).

Aunque no se alcanzó significancia estadística, se identificaron tendencias importantes en el consumo de niacina, potasio y vitamina K, con valores consistentemente más altos en el grupo con glucosa normal. La niacina (vitamina B3) participa en la síntesis de NAD y NADP, cofactores esenciales en rutas metabólicas y de señalización insulínica. El potasio, por su parte, es fundamental en la función de las células β y en la sensibilidad a la insulina (Chu et al., 2023; Liu et al., 2023). Respecto a la vitamina K, investigaciones recientes han mostrado que la suplementación con vitamina K2 puede mejorar el perfil glucémico en pacientes con diabetes tipo 2, probablemente mediante la activación de proteínas dependientes de esta vitamina, como la osteocalcina, y la modulación de la microbiota intestinal (Rahimi Sakak et al., 2021).

En conjunto, estos resultados sugieren que una dieta rica en vitaminas antioxidantes y reguladoras

del metabolismo, como las vitaminas B6, E y K, podría contribuir al mantenimiento de niveles normales de glucosa y reducir el riesgo de disglucemia. Aunque algunas diferencias no fueron estadísticamente significativas, las tendencias observadas merecen atención y podrían ser confirmadas en estudios con mayor tamaño muestral o diseño longitudinal.

Finalmente, se identificaron diferencias significativas en el porcentaje de masa muscular entre los grupos de estudio, así como una correlación negativa entre esta variable y los niveles de glucosa capilar. Esto indica que una menor masa muscular se asocia con mayores concentraciones de glucosa. Estos resultados coinciden con reportes previos que muestran que una baja masa muscular es un factor de riesgo independiente para el desarrollo de diabetes tipo 2, incluso al controlar por la distribución de grasa corporal (Haines et al., 2022). Por el contrario, en adultos jóvenes con sobrepeso u obesidad, una mayor masa muscular se ha asociado con una mejor sensibilidad a la insulina (Haines et al., 2020).

Este fenómeno puede explicarse por el papel central que desempeña el músculo esquelético en la captación de glucosa. Al ser el órgano más grande del cuerpo humano, el músculo es responsable de absorber entre el 70% y 90% de la glucosa posprandial, a través de un mecanismo dependiente de insulina que involucra la movilización del transportador GLUT4 hacia la membrana celular. Este proceso también puede ser estimulado por la contracción muscular durante la actividad física (Hulett et al., 2022; Merz & Thurmond, 2020).

Por lo tanto, la preservación de la masa muscular, ya sea mediante el ejercicio físico o estrategias nutricionales, podría representar una herramienta clave en la prevención y el manejo temprano de alteraciones glucémicas. Nuestros hallazgos destacan la importancia de considerar la composición corporal y la calidad de la dieta en las estrategias integrales de salud metabólica, incluso en población joven y aparentemente sana.

Como todo estudio exploratorio, este trabajo presenta algunas limitaciones que deben considerarse al interpretar los resultados. En primer

lugar, el número de participantes fue limitado, lo cual puede restringir la generalización de los hallazgos a otras poblaciones. Además, al tratarse de un diseño transversal, no es posible establecer relaciones de causa y efecto entre las variables analizadas. Otro aspecto a tomar en cuenta es el uso del recordatorio de 24 horas como herramienta para evaluar la dieta; si bien es ampliamente utilizado, no está exento de errores relacionados con el recuerdo o la subestimación del consumo real. A pesar de ello, los resultados obtenidos ofrecen una mirada valiosa sobre el papel que juegan la composición corporal y ciertos micronutrientes en el control glucémico de personas jóvenes.

Se sugiere para futuros estudios, llevar a cabo investigaciones con un mayor número de participantes y con diseños longitudinales que permitan observar cómo estas variables se comportan a lo largo del tiempo. También resultaría interesante explorar intervenciones específicas, como el incremento de la masa muscular y la mejora de la calidad de la dieta, particularmente en lo que respecta al consumo de vitaminas B6, E y K, como posibles estrategias para prevenir alteraciones metabólicas desde etapas tempranas de la vida adulta.

CONCLUSIONES.

Los resultados de este estudio muestran que la composición corporal, específicamente un mayor porcentaje de grasa y una menor proporción de masa muscular, se asocia significativamente con niveles elevados de glucosa capilar en adultos jóvenes. Asimismo, se observó que una mayor ingesta de vitaminas B6 y E se relacionó con una mejor regulación glucémica, lo que sugiere un posible efecto modulador de estos micronutrientes, especialmente por su participación en procesos antioxidantes y en el metabolismo energético, sobre el control de la glucosa.

Estos hallazgos subrayan la importancia de promover estrategias integrales de salud, enfocadas en una alimentación equilibrada y en la práctica regular de actividad física, orientadas tanto a preservar la masa muscular como a reducir la adiposidad. Implementar estas acciones desde etapas tempranas de la vida adulta podría contribuir de forma significativa a la prevención de

alteraciones metabólicas iniciales y al riesgo de desarrollar enfermedades como la diabetes mellitus tipo 2.

REFERENCIAS.

1. Akbari, M., & Hassan-Zadeh, V. (2018). IL-6 signalling pathways and the development of type 2 diabetes. *Inflammopharmacology*, 26(3), 685–698. <https://doi.org/10.1007/s10787-018-0458-0>
2. Campos-Nonato, I., Galván-Valencia, O., Hernández-Barrera, L., Oviedo-Solís, C., & Barquera, S. (2023). Prevalence of obesity and associated risk factors in Mexican adults: results of the Ensanut 2022. *Salud Publica de Mexico*, 65. <https://doi.org/10.21149/14809>
3. Chacón Zenteno, C. A., Gómez Pérez, J. D., & Rodríguez Feliciano, M. Á. (2019). RELACIÓN DEL ÍNDICE DE MASA CORPORAL (IMC) Y CIRCUNFERENCIA DE CINTURA (CC) CON GLUCOSA, COLESTEROL Y TRIGLICÉRIDOS EN ESTUDIANTES DE MEDICINA. *Revista Espacio I+D Innovación Más Desarrollo*, 9(23), 69–83. <https://doi.org/10.31644/IMASD.23.2020.a05>
4. Chu, N., Chan, T. Y., Chu, Y. K., Ling, J., He, J., Leung, K., Ma, R. C. W., Chan, J. C. N., & Chow, E. (2023). Higher dietary magnesium and potassium intake are associated with lower body fat in people with impaired glucose tolerance. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1169705. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1169705>
5. Costello, E., Goodrich, J., Patterson, W. B., Rock, S., Li, Y., Baumert, B., Gilliland, F., Goran, M. I., Chen, Z., Alderete, T. L., Conti, D. V., & Chatzi, L. (2022). Diet Quality Is Associated with Glucose Regulation in a Cohort of Young Adults. *Nutrients*, 14(18), 13–15. <https://doi.org/10.3390/nu14183734>
6. Haines, M. S., Dichtel, L. E., Santoso, K., Torriani, M., Miller, K. K., & Bredella, M. A. (2020). Association between muscle mass and insulin sensitivity independent of detrimental adipose depots in young adults with overweight/obesity. *International Journal of Obesity (2005)*, 44(9), 1851–1858. <https://doi.org/10.1038/s41366-020-0590-y>
7. Haines, M. S., Leong, A., Porneala, B. C., Meigs, J. B., & Miller, K. K. (2022). Association between muscle mass and diabetes prevalence independent of body fat distribution in adults under 50 years old. *Nutrition & Diabetes*, 12(1), 29. <https://doi.org/10.1038/s41387-022-00204-4>
8. Herrero, L., & David, S. (2024). Terapia génica para el tratamiento de la diabetes tipo 2 y la obesidad. *DIABETES*, 86.
9. Hulett, N. A., Scalzo, R. L., & Reusch, J. E. B. (2022). Glucose Uptake by Skeletal Muscle within the Contexts of Type 2 Diabetes and Exercise: An Integrated Approach. *Nutrients*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/nu14030647>
10. Instituto Nacional de Salud Pública. (2023). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (Ensanut Continua 2023) e indicadores de salud, desarrollo infantil temprano y nutrición de la primera infancia de Sinaloa*.
11. Jarvis, P. R. E., Cardin, J. L., Nisevich-Bede, P. M., & McCarter, J. P. (2023). Continuous glucose monitoring in a healthy population: understanding the post-prandial glycemic response in individuals without diabetes mellitus. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 146(June), 155640. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2023.155640>
12. Kaess, B. M., Pedley, A., Massaro, J. M., Murabito, J., Hoffmann, U., & Fox, C. S. (2012). The ratio of visceral to subcutaneous fat, a metric of body fat distribution, is a unique correlate of cardiometabolic risk. *Diabetologia*, 55(10), 2622–2630. <https://doi.org/10.1007/s00125-012-2639-5>
13. Liao, S., Omaye, S. O., Börmel, L., Kluge, S., Schubert, M., Wallert, M., & Lorkowski, S. (2022). Vitamin E and Metabolic Health: Relevance of Interactions with Other Micronutrients. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 11(9). <https://doi.org/10.3390/antiox11091785>
14. Liu, C., Duan, W., & Xu, W. (2023). Association of Dietary Niacin Intake with Diabetes in Adults in the United States. *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes : Official Journal, German Society of Endocrinology [and] German Diabetes Association*, 131(6), 354–361. <https://doi.org/10.1055/a-2038-0476>
15. Mascolo, E., & Verni, F. (2020). Vitamin B6 and Diabetes: Relationship and Molecular Mechanisms. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(10).

<https://doi.org/10.3390/ijms21103669>

16. Merz, K. E., & Thurmond, D. C. (2020). Role of Skeletal Muscle in Insulin Resistance and Glucose Uptake. *Comprehensive Physiology*, 10(3), 785–809.

<https://doi.org/10.1002/cphy.c190029>

17. Nakamura, Y., Otaki, S., Tanaka, Y., Adachi, A., Wada, N., & Tajiri, Y. (2024). Insulin Resistance Is Better Estimated by Using Fasting Glucose, Lipid Profile, and Body Fat Percent Than by HOMA-IR in Japanese Patients with Type 2 Diabetes and Impaired Glucose Tolerance: An Exploratory Study. *Metabolic Syndrome and Related Disorders*, 22(3), 199–206.

<https://doi.org/10.1089/met.2023.0181>

18. Organización Mundial de Salud. “OMS.” (2023). *Diabetes* (p. 2).

<http://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>

19. Parra, M., Stahl, S., & Hellmann, H. (2018). Vitamin B₆ and Its Role in Cell Metabolism and Physiology. *Cells*, 7(7).

<https://doi.org/10.3390/cells7070084>

20. Patel, P., & Abate, N. (2013). Body fat distribution and insulin resistance. *Nutrients*, 5(6), 2019–2027. <https://doi.org/10.3390/nu5062019>

21. Plaza-lópez, M. F., Valdez-flores, M. A., Herrán-arita, A. K. De, Osuna-ramos, F., Angulo-rojo, C. E., Marlene, A., Llanos, G., Camberos-, J., Fisiología, L. De, Investigación, C. De, De, F., Sinaloa, U. A. De, Inmunogenética, L. De, Biología, F. De, & Sinaloa, U. A. De. (2023). *Prevalencia del síndrome metabólico y sus componentes en la población adulta de Culiacán , Sinaloa , México Prevalence of metabolic syndrome and its components in the adult population Diseño de estudio retrospectivo , observacional y descriptivo .* 13(4), 367–378.

22. Rahimi Sakak, F., Moslehi, N., Niroomand, M., & Mirmiran, P. (2021). Glycemic control improvement in individuals with type 2 diabetes with vitamin K(2) supplementation: a randomized controlled trial. *European Journal of Nutrition*,

60(5), 2495–2506. <https://doi.org/10.1007/s00394-020-02419-6>

23. Rodelo, G., Citlaly, & Roura Guiberna Jesús Alberto Olivares Reyes. (2017). Molecular Mechanisms of Insulin Resistance: An Update MEDICAL GAZETTE OF MEXICO REVIEW ARTICLE Correspondence. *Gac Med Mex*, 153, 214–242.

24. Rodríguez, J. H., Moncada Espinal, O. M., Domínguez Alonso, E., Díaz Díaz, O., Domínguez, Y. A., García Esplugas, D. M., & Martínez Montenegro, I. (2019). Valor de corte del índice cintura/cadera como predictor independiente de disglucemias. *Revista Cubana de Endocrinología*, 30(3), 1–22. <https://orcid.org/0000-0001-5811-5896>

25. Ruan, Y., Zhong, J., Chen, R., Zhang, Z., Liu, D., Sun, J., & Chen, H. (2021). Association of Body Fat Percentage with Time in Range Generated by Continuous Glucose Monitoring during Continuous Subcutaneous Insulin Infusion Therapy in Type 2 Diabetes. *Journal of Diabetes Research*, 2021, 5551216. <https://doi.org/10.1155/2021/5551216>

26. Rubio-Almanza, M., Cámara-Gómez, R., & Merino-Torres, J. F. (2019). Obesidad y diabetes mellitus tipo 2: también unidas en opciones terapéuticas. *Endocrinología, Diabetes y Nutrición*, 66(3), 140–149. <https://doi.org/10.1016/j.endinu.2018.08.003>

27. Yazıcı, D., Demir, S. Ç., & Sezer, H. (2024). Insulin Resistance, Obesity, and Lipotoxicity. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1460, 391–430. https://doi.org/10.1007/978-3-031-63657-8_14

28. Zegarra-Lizana, P. A., Ramos-Orosco, E. J., Guarnizo-Poma, M., Pantoja-Torres, B., Paico-Palacios, S., Del Carmen Ranilla-Seguin, V., Lazaro-Alcantara, H., & Benites-Zapata, V. A. (2019). Relationship between body fat percentage and insulin resistance in adults with Bmi values below 25 Kg/M2 in a private clinic. *Diabetes and Metabolic Syndrome: Clinical Research and Reviews*, 13(5), 2855–2859.

Contribución de los autores.

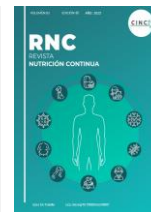
Conceptualización: E. B.-C. Proceso de datos: CB.D. O.-O., S.V. C.-H., D.I. R.-T. Análisis formal: CB.D. O.-O., S.V. C.-H., D.I. R.-T., M.J. V.-B., Obtención de fondos: M.J. V.-J., E. B.-C. Investigación: CB.D. O.-O., S.V. C.-H., D.I. R.-T., M.J. V.-B., D. M.-O., M.J. V.-J., E. B.-C. Metodología: CB.D. O.-O., M.J. V.-B., D. M.-O., M.J. V.-J., E. B.-C. Administración de proyectos: M.J. V.-B., M.J. V.-J., E. B.-C. Recursos: M.J. V.-J., E. B.-C. Supervisión, validación: S.V. C.-H., M.J. V.-B., E. B.-C. Visualización: CB.D. O.-O., E. B.-C. Redacción: borrador original: CB.D. O.-O., S.V. C.-H., D.I. R.-T., M.J. V.-B., D. M.-O., M.J. V.-J., E. B.-C. Redacción: revisión y edición: M.J. V.-J., E. B.-C.

Agradecimientos.

Agradecemos a la alumna Monserrat Fierros Amézquita, estudiante de la Licenciatura en Nutrición, por su valiosa participación y compromiso durante el desarrollo de este proyecto. Asimismo, expresamos nuestro agradecimiento a todas las personas que participaron de manera voluntaria, cuya disposición y apoyo hicieron posible la realización de esta investigación.

Financiamiento.

Este estudio fue realizado con el apoyo económico otorgado por el Sistema Estatal de Ciencia, Humanidades e Innovación Tecnológica (SECIHTI), correspondiente al estímulo por pertenecer al Sistema Nacional de Investigadores (SNI), como parte del reconocimiento a la trayectoria científica de los responsables del proyecto



Recomposición corporal: Revisión de estrategias nutricionales, entrenamiento de fuerza y métodos de evaluación.

Body recomposition: a review of nutritional strategies, resistance, training, and evaluation methods.

Abril del Carmen Raygoza-Moreno^{1,2}, Giovanni Isaí Ramírez Torres^{1,2*}, María Fernanda Salomón-Benitez³

1. Facultad de Ciencias de la Nutrición y Gastronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, Sinaloa, México

2. Facultad de Educación Física y Deporte, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, Sinaloa, México.

3. Centro de Investigación y Nutrición Continua, Culiacán, Sinaloa, México.

Correspondencia: giovanni.ramirez@uas.edu.mx

Palabras claves

RESUMEN

Recomposición
Corporal
Proteína
Antropometría
Bioimpedancia
Eléctrica

Introducción: La recomposición corporal, definida como la pérdida de masa grasa acompañada del mantenimiento o ganancia de masa muscular, ha cobrado relevancia como enfoque terapéutico y de rendimiento. A diferencia de la simple reducción de peso corporal, este proceso mejora la salud metabólica, la funcionalidad y la composición física. La literatura reciente ha demostrado que la recomposición es posible incluso bajo restricción calórica moderada, siempre que se combinen intervenciones nutricionales y entrenamiento de fuerza con una evaluación precisa. **Metodología:** Se llevó a cabo una revisión narrativa de la literatura publicada entre 2016 y 2025, centrada en sujetos físicamente activos. Se seleccionaron estudios que abordaran tres ejes principales: ingesta proteica, entrenamiento de fuerza y métodos de evaluación de la composición corporal. Las fuentes se obtuvieron de bases como PubMed, Scopus y Google Scholar, priorizando artículos revisados por pares que emplearan herramientas como DXA, BIA multifrecuencia o antropometría certificada ISAK. **Conclusión:** Una ingesta proteica entre 1.6 y 2.2 g/kg/día, combinada con entrenamiento de fuerza progresivo, se asocia consistentemente con mejoras en la composición corporal. Aunque el DXA sigue siendo el estándar de referencia, la antropometría ISAK y la BIA multifrecuencia representan alternativas válidas si se aplican bajo estándares técnicos. La integración de nutrición individualizada, estímulo de fuerza y evaluación profesional permite una intervención efectiva y basada en evidencia para optimizar la recomposición corporal en contextos deportivos y clínicos.

Keywords

ABSTRACT

Body recomposition
Protein
Anthropometry
Bioelectrical
Impedance

Introduction: Body recomposition, defined as the simultaneous loss of fat mass and maintenance or gain of lean muscle mass, has gained relevance as a therapeutic and performance-oriented approach. Unlike traditional weight loss, this process improves metabolic health, physical functionality, and overall body composition. Recent literature supports that recomposition is achievable even under moderate caloric restriction, provided that nutritional strategies and resistance training are combined with accurate body composition assessment. **Methodology:** A narrative review was conducted on literature published between 2016 and 2025, focusing on physically active individuals. Studies were selected based on three core areas: protein intake, resistance training, and body composition assessment methods. Peer-reviewed sources were obtained from databases such as PubMed, Scopus, and Google Scholar, prioritizing studies that employed DXA, multifrequency BIA, or ISAK-certified anthropometry. **Conclusion:** Protein intake ranging from 1.6 to 2.2 g/kg/day, combined with progressive resistance training, is consistently associated with favorable changes in body composition. While DXA remains the gold standard for precision, both ISAK-standardized anthropometry and multifrequency BIA are valid alternatives when applied under technical protocols. The integration of individualized nutrition, structured strength training, and professional assessment provides an evidence-based framework to effectively optimize body recomposition in both clinical and athletic settings.

INTRODUCCIÓN

La recomposición corporal proceso mediante el cual se reduce la masa grasa mientras se incrementa o preserva la masa muscular magra ha adquirido creciente relevancia en la nutrición deportiva y la salud metabólica. A diferencia de la tradicional pérdida de peso total, este enfoque prioriza la mejora en la calidad de la masa corporal, asociándose con beneficios funcionales,

endocrinos y físicos tanto en poblaciones deportistas como en contextos clínicos (Del Vecchio, 2022; Bagheri et al., 2023).

Históricamente, se consideraba que la ganancia muscular y la pérdida de grasa eran procesos incompatibles, especialmente en individuos entrenados. Sin embargo, investigaciones recientes han demostrado que, bajo protocolos

bien diseñados de entrenamiento de fuerza, combinados con un plan nutricional estratégico y una monitorización precisa, es posible inducir recomposición corporal incluso en sujetos con experiencia previa en ejercicio (Ribeiro et al., 2022; López-Cáceres et al., 2019; Masoga et al., 2023).

Entre los factores clave, la ingesta proteica adecuada ha demostrado ser determinante. La proteína, además de estimular la síntesis proteica muscular vía mTOR, contribuye al mantenimiento de masa libre de grasa durante restricciones calóricas, aumenta la saciedad y posee el mayor efecto térmico entre los macronutrientes (Chakraborty et al., 2025; Aragon et al., 2017; Thomas, Erdman, & Burke, 2016). Recomendaciones actuales sugieren ingestas entre 1.6 y 2.4 g/kg/día en contextos de recomposición corporal, aunque estudios en adultos mayores han reportado beneficios con dosis ≥ 1.0 g/kg/día (Ribeiro et al., 2022; Bagheri et al., 2023).

Por otro lado, la validez de los hallazgos depende en gran medida de la herramienta empleada para medir los cambios corporales. La antropometría estandarizada (ISAK), la bioimpedancia eléctrica multifrecuencia (BIA) y la absorciometría por rayos X de energía dual (DXA) han sido ampliamente utilizadas en entornos deportivos y clínicos, siendo el DXA el estándar de referencia, aunque con limitaciones logísticas y económicas (Marfell-Jones et al., 2006; Campa et al., 2023; Baglietto et al., 2024).

Este artículo revisa y discute críticamente la evidencia actual sobre el impacto de la ingesta proteica, el entrenamiento de fuerza y los métodos de evaluación corporal en procesos de recomposición, destacando su aplicación práctica en poblaciones activas, deportivas y clínicamente relevantes.

Evaluación de la composición corporal en el contexto deportivo

La composición corporal constituye un componente fundamental en la evaluación de la salud, el rendimiento deportivo y la planificación de intervenciones nutricionales en sujetos físicamente activos. Su correcta valoración permite establecer

estrategias específicas de entrenamiento y nutrición dirigidas a optimizar la masa muscular, controlar la masa grasa y favorecer un estado metabólico saludable (Campa et al., 2021, 2023; Vázquez-Bautista et al., 2025; Medina-Curimilma, 2025).

El análisis de la composición corporal puede realizarse bajo distintos modelos de compartimentos, desde el enfoque bicompartimental que diferencia entre masa grasa y masa libre de grasa hasta modelos más complejos de tres, cuatro y cinco compartimentos. Este último, propuesto por (Wang et al., 1992) contempla niveles de organización que van desde lo atómico hasta lo corporal total, ofreciendo una perspectiva integral del cuerpo humano (Campa et al., 2021).

Para estimar estos compartimentos, se han desarrollado diversas técnicas con variaciones en precisión, accesibilidad y costo. Entre los métodos indirectos más aplicados tanto en entornos clínicos como deportivos destacan la antropometría estandarizada y la bioimpedancia eléctrica (BIA), debido a su viabilidad operativa y su validez aceptable cuando se emplean bajo condiciones controladas y con protocolos estandarizados (Campa et al., 2023; Vázquez-Bautista et al., 2025).

En este contexto, es importante señalar las limitaciones del Índice de Masa Corporal (IMC) como marcador aislado de estado nutricional, particularmente en poblaciones deportistas. La investigación de Lascano (2024) demostró que atletas de alto rendimiento presentaban valores elevados de IMC debido a su elevada masa muscular, clasificándolos erróneamente como individuos con sobrepeso u obesidad según los parámetros estándar. No obstante, evaluaciones más precisas mediante bioimpedancia multifrecuencia (InBody S10) confirmaron que estos sujetos mantenían un bajo porcentaje de grasa corporal. Estos hallazgos subrayan la necesidad de emplear métodos directos como la BIA segmental, la antropometría ISAK o la absorciometría por rayos X de energía dual (DXA) para una valoración más precisa y contextualizada de la composición corporal, especialmente en poblaciones activas y atléticas (Lascano, 2024).

Asimismo, diversos autores han propuesto que la composición corporal debe comprenderse desde modelos compartimentales que distinguen no solo entre masa grasa y masa libre de grasa, sino también entre agua corporal total, masa celular activa y masa ósea. Este enfoque permite una evaluación más detallada de la estructura corporal y sus implicaciones fisiológicas, favoreciendo la elección del método más adecuado para estimar cada compartimento según el objetivo del análisis (Chatterjee & Sarkar, 2024).

Antropometría

La antropometría, basada en mediciones de pliegues cutáneos, perímetros corporales y diámetros óseos, ha sido uno de los métodos más utilizados a lo largo de la historia en la evaluación de la composición corporal (Marfell-Jones et al., 2006). Su aplicación requiere de estandarización bajo protocolos internacionales, como los propuestos por la *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (ISAK), para minimizar los errores técnicos de medición y garantizar la reproducibilidad de los datos (Abreu et al., 2022; Alomía León et al., 2022). Una de sus principales fortalezas radica en la capacidad de detectar cambios sutiles en la masa grasa subcutánea y en su baja susceptibilidad a factores transitorios como el estado de hidratación o la ingesta reciente de alimentos (Abreu et al., 2022). La ecuación de Yuhasz (1974), ampliamente utilizada en poblaciones universitarias, ha mostrado alta validez para estimar el porcentaje de grasa corporal mediante la suma de pliegues en seis sitios anatómicos específicos (Alomía León et al., 2022).

Además, la antropometría permite obtener perfiles somatotípicos que describen la forma corporal predominante de los sujetos (endomorfo, mesomorfo, ectomorfo), información útil para orientar programas de entrenamiento individualizados (Medina-Curimilma, 2025). En deportistas de distintas disciplinas, como rugby y fútbol, se han observado patrones específicos de somatotipo relacionados con el rol táctico y las demandas biomecánicas de cada posición (Ramos-Álvarez et al., 2021; Medina-Curimilma, 2025).

Recientemente, se ha reforzado el valor de la antropometría como herramienta para estimar no solo masa grasa, sino también masa muscular (MM) y masa ósea (BM), utilizando ecuaciones predictivas validadas. Baglietto et al. (2024) evaluaron la concordancia entre distintas fórmulas de estimación de MM y BM en practicantes de entrenamiento de fuerza recreativo, a partir de un perfil completo ISAK, y concluyeron que las fórmulas no son intercambiables, ya que presentan diferencias significativas entre sí y entre sexos. Esto subraya la importancia de utilizar siempre la misma ecuación en los seguimientos longitudinales, y de aclarar la fórmula utilizada para garantizar la comparabilidad de resultados. Esta evidencia posiciona nuevamente a la antropometría como un método aplicable, confiable y especialmente útil en contextos deportivos y clínicos donde no es viable el uso de tecnologías de laboratorio como DXA o resonancia magnética (Baglietto et al., 2024).

Bioimpedancia eléctrica (BIA)

La bioimpedancia (BIA) eléctrica representa un método rápido, no invasivo y fácil de aplicar para estimar la composición corporal mediante la resistencia del cuerpo al paso de una corriente eléctrica de baja intensidad (Abreu et al., 2022; Alomía León et al., 2022). La tecnología moderna permite realizar mediciones segmentales multifrecuencia, mejorando la estimación de los compartimentos corporales (agua intracelular, extracelular, masa magra y masa grasa).

A lo largo de los últimos años, la BIA ha evolucionado hacia dispositivos multifrecuencia, espectroscópicos y análisis vectorial, permitiendo evaluar parámetros como agua corporal total, ángulo de fase, agua intracelular y agua extracelular (Campa et al., 2021). El ángulo de fase ha ganado relevancia como marcador de integridad celular y estado nutricional en atletas, constituyéndose como un parámetro adicional en la valoración de la composición corporal (Campa et al., 2021).

Este método presenta limitaciones relevantes, especialmente cuando no se controlan estrictamente las condiciones previas a la evaluación, como el estado de hidratación, el

ayuno, la actividad física reciente y la micción previa (Alomía León et al., 2022; Campa et al., 2021). Además, la precisión de los resultados depende de la calidad de las ecuaciones de predicción incorporadas en cada dispositivo, las cuales pueden no estar validadas para poblaciones específicas, como deportistas universitarios o profesionales (Abreu et al., 2022).

Se ha documentado que la BIA tiende a subestimar el porcentaje de grasa corporal en mujeres y sobreestimarlos en hombres, particularmente en sujetos con valores extremos de composición corporal (Ramos-Álvarez et al., 2021). Investigaciones recientes muestran altas correlaciones ($r = 0.95$) entre los resultados de BIA y antropometría, sugiriendo una concordancia aceptable en poblaciones universitarias cuando se siguen protocolos estandarizados (Alomía León et al., 2022).

Estudios recientes también demuestran que el uso de ecuaciones predictivas generales (desarrolladas en población sana) genera sesgos considerables en atletas. Las ecuaciones generalizadas tienden a sobreestimar la grasa corporal en modelos BIA y a subestimarla en antropometría, mientras que las ecuaciones deportivas específicas permiten lograr valores mucho más precisos, cercanos a los obtenidos por técnicas de referencia como DXA (Campa et al., 2023).

El DXA (absorciometría dual de rayos X) es considerado el estándar de referencia para la evaluación precisa de la composición corporal. Este método utiliza dos haces de rayos X de diferente energía que atraviesan el cuerpo, permitiendo estimar de forma segmentada y detallada la masa grasa, masa magra y la densidad mineral ósea. Para obtener resultados fiables, se requiere que el individuo esté en ayuno parcial, sin actividad física reciente, y que la medición sea realizada por personal capacitado bajo condiciones controladas. Su alta precisión lo convierte en una herramienta valiosa en contextos clínicos y deportivos de alto nivel, aunque su costo y disponibilidad pueden limitar su uso rutinario (Chatterjee & Sarkar, 2024).

Por otro lado, investigaciones realizadas en poblaciones deportivas mexicanas han mostrado

que dispositivos comerciales de BIA como Omron y Tanita presentan aceptable confiabilidad para evaluaciones grupales, pero alta variabilidad individual cuando se utilizan de forma longitudinal, debido a las fluctuaciones de hidratación características de los deportistas (Vázquez-Bautista et al., 2025).

Comparación de métodos y aplicabilidad práctica

El consenso actual indica que, si bien existe una correlación estadísticamente significativa entre antropometría y BIA, la primera ofrece mayor sensibilidad para detectar variaciones individuales, diferencias entre sexos y cambios derivados de intervenciones nutricionales o de entrenamiento (Abreu et al., 2022; Ramos-Álvarez et al., 2021; Alomía León et al., 2022; Campa et al., 2023).

La antropometría se posiciona como el método preferente en contextos deportivos y clínicos donde se requiere un seguimiento longitudinal de los cambios en la composición corporal, especialmente cuando es realizada por profesionales certificados ISAK, garantizando bajo error técnico de medición (Medina-Curimilma, 2025; Ramos-Álvarez et al., 2021). La BIA, por su parte, puede ser útil en entornos de evaluación masiva o cuando los recursos y tiempo son limitados, siempre considerando sus restricciones metodológicas.

En poblaciones deportivas, como futbolistas y jugadores de rugby, la evaluación de la composición corporal adquiere especial relevancia no sólo para la optimización del rendimiento, sino también como herramienta preventiva frente a lesiones y sobreentrenamiento. Diferencias significativas en la masa muscular, masa grasa y somatotipo han sido identificadas según la posición de juego, lo cual resalta la necesidad de personalizar los programas de entrenamiento y control nutricional (Medina-Curimilma, 2025; Ramos-Álvarez et al., 2021).

Una evaluación integral de la composición corporal requiere no solo elegir un método validado, sino también uno que sea repetible, contextualizado y operado bajo estándares técnicos rigurosos. El uso de la absorciometría por rayos X de energía dual

(DXA) continúa siendo el estándar clínico por su alta precisión y capacidad para segmentar regiones corporales, aunque su accesibilidad limitada y alto costo lo relegan a contextos especializados. La bioimpedancia eléctrica multifrecuencia (BIA) representa una alternativa funcional, siempre que se utilicen ecuaciones validadas para la población objetivo y se controle estrictamente el protocolo de medición (Chatterjee & Sarkar, 2024). En contraste, la antropometría certificada bajo protocolos ISAK combina alta sensibilidad, bajo costo y aplicabilidad en campo, consolidándose como una herramienta válida y práctica en entornos deportivos, clínicos y de investigación, especialmente cuando no se dispone de tecnologías de laboratorio como DXA o BIA. A diferencia de estas, permite realizar seguimientos longitudinales frecuentes y detectar cambios sutiles en la masa grasa y muscular (Marfell-Jones et al., 2006; López-Cáceres et al., 2019; Baglietto et al., 2024).

Estudios como el de López-Cáceres et al. (2019) respaldan su eficacia, tras aplicar evaluaciones mensuales durante tres temporadas consecutivas en futbolistas profesionales, empleando fórmulas clásicas como las de Yuhasz, Faulkner, Lee, Rocha y Würch para estimar compartimentos corporales como grasa, masa muscular y masa ósea. Además, identificaron que factores contextuales —como la demarcación táctica, el tipo de entrenamiento o la compañía durante las comidas— influyen de forma significativa en los resultados. Este enfoque metodológico es respaldado por Baglietto et al. (2024), quienes advierten que distintas fórmulas antropométricas pueden arrojar valores considerablemente diferentes, sobre todo al analizar por sexo, lo que subraya la necesidad de mantener coherencia en la fórmula seleccionada durante los seguimientos longitudinales. En conjunto, estos hallazgos enfatizan que la elección metodológica debe considerar el objetivo de la evaluación, el perfil del sujeto y los recursos disponibles, reconociendo que una medición mal aplicada puede conducir a decisiones nutricionales o de entrenamiento equivocadas (Chatterjee & Sarkar, 2024; López-Cáceres et al., 2019; Baglietto et al., 2024).

Finalmente, es importante considerar que la composición corporal, si bien es un predictor importante del rendimiento deportivo, no actúa de

manera aislada. Factores como la técnica, la preparación táctica, el entrenamiento psicológico y el contexto competitivo también juegan roles determinantes en el éxito deportivo global (Medina-Curimilma, 2025).

Recomposición corporal y estrategias nutricionales en atletas y sujetos físicamente activos.

En el ámbito de la composición corporal, tradicionalmente se ha sostenido que la pérdida de grasa requiere un déficit energético, mientras que la ganancia de masa muscular demanda un superávit calórico, lo cual ha llevado a considerar ambos procesos como metabólicamente incompatibles. Sin embargo, investigaciones recientes han introducido el concepto de recomposición corporal (RC), entendida como la capacidad de perder tejido adiposo y ganar masa magra de forma simultánea. Del Vecchio (2022) define la RC como un fenómeno factible en diversos grupos poblacionales desde adolescentes y adultos sedentarios, hasta atletas y personas mayores siempre que se realicen ajustes nutricionales precisos y un entrenamiento físico bien estructurado. Por su parte, otros autores han señalado que la recomposición corporal ha emergido como un enfoque terapéutico altamente relevante en los ámbitos deportivo, clínico y poblacional general. Su objetivo es lograr simultáneamente la reducción de masa grasa y el incremento o mantenimiento de masa muscular, lo cual representa una alternativa más precisa y funcional frente a los modelos clásicos de pérdida de peso. A diferencia de estos enfoques tradicionales centrados únicamente en el descenso ponderal, la recomposición corporal busca optimizar la calidad del peso corporal, entendida como la proporción entre masa grasa y masa libre de grasa, a través de ajustes específicos en la nutrición, el entrenamiento y la modulación de factores fisiológicos (Chakraborty et al., 2025; Masoga et al., 2023; Bagheri et al., 2023).

El modelo convencional, basado en la creación de un déficit calórico sin considerar la composición de los kilos perdidos, ha demostrado ser limitado en términos de salud metabólica y funcionalidad. Por el contrario, la recomposición corporal prioriza la

preservación de masa muscular, incluso en contextos de pérdida de peso, lo cual tiene implicaciones profundas en el rendimiento físico, la prevención de enfermedades crónicas y la mejora de marcadores metabólicos clave (Chakraborty et al., 2025; Bagheri et al., 2023).

Durante mucho tiempo se asumió que alcanzar una ganancia muscular paralela a la pérdida de grasa era improbable en sujetos entrenados. Sin embargo, la evidencia actual contradice esa suposición: investigaciones recientes demuestran que, mediante protocolos de entrenamiento de fuerza bien estructurados y estrategias nutricionales específicas, es posible lograr recomposición corporal incluso en atletas avanzados (Barakat et al., 2020; Del Vecchio, 2022).

Como se ha detallado en capítulos anteriores, una evaluación precisa de la composición corporal es indispensable para monitorear con objetividad el progreso durante estos procesos. Las herramientas más utilizadas con validez científica incluyen la antropometría estandarizada bajo los lineamientos de ISAK, la bioimpedancia eléctrica multifrecuencia (BIA), y la absorciometría por rayos X de energía dual (DXA), esta última considerada como el estándar de referencia por su alta precisión (Campa et al., 2021, 2023; Bagheri et al., 2023; Pereira-Monteiro et al., 2024).

Desde el punto de vista nutricional, la recomposición corporal exige una manipulación estratégica de los macronutrientes. Esto implica ajustar la ingesta de proteínas, carbohidratos y lípidos de manera personalizada, en función del estado de entrenamiento, el perfil metabólico y los objetivos específicos del individuo. La proteína, en particular, juega un rol central tanto en la preservación como en la síntesis de masa muscular, mientras que los carbohidratos y las grasas deben ser modulados con base en las demandas energéticas, hormonales y funcionales del sujeto (Masoga et al., 2023)

Rol de la proteína y del entrenamiento de fuerza en la recomposición corporal

Estudios recientes han demostrado que la recomposición corporal puede inducirse mediante

intervenciones que combinan ejercicios de fuerza, entrenamiento por intervalos de alta intensidad (HIIT) o entrenamientos concurrentes, junto con una ingesta proteica elevada que supera los 2.4 a 3.4 g/kg de peso corporal por día (Del Vecchio, 2022). Dentro de estas intervenciones, el entrenamiento de fuerza se consolida como el estímulo más efectivo para inducir adaptaciones musculares que favorezcan la recomposición corporal, ya que diversos estudios han demostrado que tanto en poblaciones entrenadas como no entrenadas, los protocolos de fuerza especialmente aquellos basados en rutinas divididas y progresión de cargas generan respuestas significativas en la síntesis proteica muscular, hipertrofia y reducción del tejido adiposo (Barakat et al., 2020; Del Vecchio, 2022). Incluso en mujeres mayores no entrenadas, se ha observado que un programa progresivo de ejercicios multiarticulares puede mejorar la masa muscular sin necesidad de modificar la ingesta calórica total, lo que refuerza la eficacia del estímulo mecánico por sí solo en la recomposición corporal (Ribeiro et al., 2022). No obstante, la combinación de entrenamiento de fuerza con una ingesta proteica adecuada se reafirma como un pilar fundamental para lograr este objetivo. Aunque algunos estudios han reportado beneficios con consumos cercanos a 1.2 g/kg/día, otros hallazgos indican que valores iguales o superiores a 1.6 g/kg/día podrían potenciar significativamente los resultados (Ribeiro et al., 2022).

En este sentido, el consumo elevado de proteína se establece como un pilar fundamental en las estrategias de recomposición corporal, particularmente en contextos deportivos, clínicos y recreativos (Masoga et al., 2023; Bagheri et al., 2023). Ingestas superiores a 1.6–2.5 g/kg/día han demostrado ser efectivas para preservar masa muscular durante fases de déficit energético, así como para maximizar la hipertrofia bajo un superávit calórico controlado (Barakat et al., 2020). Estudios recientes incluso reportan beneficios adicionales con consumos cercanos a 3.5 g/kg/día en sujetos altamente entrenados, lo cual subraya la necesidad de adaptar las recomendaciones según el perfil atlético, nivel de entrenamiento y objetivos metabólicos (Barakat et al., 2020).

Desde una perspectiva fisiológica, las proteínas estimulan directamente la síntesis proteica muscular a través de la activación de la vía mTOR. Además, favorecen la saciedad, presentan el mayor efecto térmico de los alimentos, y reducen el riesgo de pérdida muscular durante restricciones calóricas. Este efecto térmico contribuye también al incremento del gasto energético, lo que favorece mejoras en la composición corporal incluso sin grandes variaciones en el peso corporal (Chakraborty et al., 2025; Ribeiro et al., 2022). La calidad proteica desempeña un papel esencial en estos procesos, por lo que se priorizan fuentes de alto valor biológico como el suero de leche, los huevos y las carnes magras, debido a su riqueza en aminoácidos esenciales, especialmente leucina. Para optimizar la síntesis proteica diaria y maximizar sus beneficios anabólicos y metabólicos, se recomienda una distribución homogénea del consumo proteico, con tomas de al menos 0.4 g/kg por comida (Bagheri et al., 2023; Thomas, Erdman, & Burke, 2016). Además de la cantidad total diaria, la distribución de la ingesta proteica desempeña un papel crucial en la optimización de la síntesis proteica muscular. La American College of Sports Medicine recomienda dividir el consumo en porciones de aproximadamente 0.25–0.40 g/kg cada 3–4 horas, incluyendo una dosis postentrenamiento y una antes de dormir, para maximizar las adaptaciones al entrenamiento y la recuperación muscular (Thomas, Erdman, & Burke, 2016).

Aunque los carbohidratos no estimulan directamente la síntesis proteica, su inclusión estratégica en la dieta es esencial para mantener el rendimiento físico, facilitar la recuperación post-entrenamiento y preservar la función tiroidea y hormonal. Las ingestas recomendadas suelen oscilar entre 3 y 5 g/kg dependiendo del volumen e intensidad del entrenamiento (Masoga et al., 2023). En paralelo, los lípidos cumplen funciones estructurales, hormonales, neuromusculares y antiinflamatorias, debiendo representar entre el 20 y 30% del total energético, con énfasis en fuentes saludables como los ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados (Masoga et al., 2023).

La evidencia científica más reciente, incluyendo el posicionamiento de la International Society of

Sports Nutrition (ISSN), respalda estos lineamientos y subraya que no existe una proporción única de macronutrientes aplicable a todos los individuos. Sin embargo, un control calórico preciso y una ingesta proteica adecuada siguen siendo los factores más determinantes para mejorar la composición corporal (Aragon et al., 2017). Particularmente durante fases de pérdida de grasa en atletas entrenados, se recomienda un rango proteico entre 2.3 y 3.1 g/kg de masa libre de grasa (FFM), superando con creces las recomendaciones estándar para la población general.

Finalmente, también se han explorado patrones alimentarios alternativos como el ayuno intermitente, el time-restricted feeding (TRF) y las dietas cetogénicas. Aunque estos enfoques no han demostrado consistentemente ventajas metabólicas superiores frente a dietas tradicionales bien estructuradas, pueden representar herramientas útiles para mejorar la adherencia, siempre que se garantice el cumplimiento de los requerimientos energéticos y proteicos (Aragon et al., 2017). Complementando esta perspectiva, estudios recientes han documentado los beneficios de la suplementación proteica en múltiples esquemas de entrenamiento, tanto de fuerza como concurrentes, mostrando mejoras significativas en adaptaciones musculares y composición corporal, especialmente en deportes mixtos de alta demanda y en poblaciones juveniles (Lazarte, 2021; Gálvez Villar, 2021).

DISCUSIÓN

Los estudios revisados aportan una visión robusta sobre la efectividad de las estrategias de recomposición corporal en diversas poblaciones, confirmando que es posible lograr una reducción de la masa grasa y un incremento simultáneo de la masa magra incluso bajo condiciones energéticas controladas o deficitarias. Esta evidencia contradice el paradigma tradicional que sugería que el crecimiento muscular solo podía lograrse en condiciones de superávit calórico, particularmente en sujetos entrenados o en poblaciones especiales como adultos mayores y mujeres posmenopáusicas (Barakat et al., 2020; Bagheri et al., 2023; Pereira-Monteiro et al., 2024).

En atletas adultos y sujetos físicamente activos, las estrategias que combinan entrenamiento de fuerza con una ingesta proteica elevada superior a 1.6 g/kg/día han demostrado ser eficaces para inducir mejoras en la composición corporal sin comprometer la masa magra, incluso en contextos hipocalóricos (Barakat et al., 2020). Estos hallazgos respaldan la idea de que no solo el balance calórico, sino también la calidad y distribución de los macronutrientes, especialmente la proteína, es determinante en los procesos de recomposición.

Una evidencia reciente particularmente relevante es la de Kanaan et al. (2025), quienes llevaron a cabo un ensayo clínico controlado de seis semanas en atletas recreacionales entrenados, evaluando el impacto de tres niveles de ingesta proteica (1.2, 1.6 y 2.2 g/kg/día) durante un déficit energético planificado del 25%, combinado con entrenamiento de fuerza estructurado. A pesar de las diferencias en la ingesta proteica, no se encontraron diferencias significativas entre grupos en la reducción de grasa corporal (-1.7 ± 2.4 kg) ni en el aumento de masa libre de grasa ($+0.7 \pm 1.2$ kg). Todos los participantes mejoraron su fuerza muscular y presentaron una ligera reducción del gasto energético basal, sin influencia del nivel de proteína consumido. Estos hallazgos sugieren que el entrenamiento de fuerza fue el principal modulador de los cambios corporales observados, incluso en condiciones de restricción calórica.

Comparado con evidencia previa que ha sugerido beneficios adicionales con ingestas superiores a 2 g/kg/día (Masoga et al., 2023; Aragon et al., 2017), el estudio de Kanaan et al. (2025) se alinea con otros trabajos como los de Longland et al. (2016) y Pasiakos et al. (2013), que tampoco observaron ventajas significativas de consumir niveles proteicos extremadamente altos cuando el estímulo del entrenamiento está bien diseñado. Las posibles razones detrás de la falta de efecto diferencial podrían incluir un déficit energético real menor al planificado, la experiencia intermedia de los participantes y el corto tiempo de intervención, durante el cual las adaptaciones iniciales al entrenamiento podrían haber enmascarado efectos adicionales del consumo proteico.

Las recomendaciones de la American College of Sports Medicine (ACSM) establecen un rango de 1.2–2.0 g/kg/día de proteína para atletas, el cual puede incrementarse hasta 2.4 g/kg/día en contextos de déficit energético o entrenamiento intenso, con el fin de preservar masa magra y facilitar la reparación muscular. Asimismo, se sugiere distribuir la ingesta en tomas frecuentes de 0.25–0.40 g/kg cada 3-4 horas, priorizando proteínas de alto valor biológico con al menos 2 g de leucina por porción (Thomas et al., 2016).

Desde un punto de vista metodológico, el estudio de Kanaan et al. (2025) aporta solidez adicional por su diseño riguroso: utilizó DXA y dilución de deuterio para cuantificar masa magra y masa proteica, monitoreo objetivo del gasto energético mediante acelerometría y supervisión de adherencia dietética con plantillas personalizadas. Este nivel de control refuerza la validez interna de sus hallazgos y su aplicabilidad a poblaciones recreacionales con cierto nivel de entrenamiento previo.

En poblaciones vulnerables al deterioro muscular asociado a la edad, como adultos mayores y mujeres posmenopáusicas, los protocolos multicomponente han mostrado resultados consistentes. Bagheri et al. (2023) demostraron que una ingesta de 1.6 g/kg/día combinada con entrenamiento de fuerza mejoró significativamente la masa muscular en exmilitares mayores de 60 años, sin comprometer la función renal o hepática. De forma complementaria, Pereira-Monteiro et al. (2024) evidenciaron efectos positivos en mujeres posmenopáusicas, con aumentos de masa magra a partir de la octava semana y reducción de grasa corporal desde la semana doce, tras 16 semanas de entrenamiento funcional o combinado. De manera similar, Ribeiro et al. (2022) observaron mejoras significativas en la recomposición corporal de mujeres mayores sedentarias tras 24 semanas de entrenamiento de fuerza progresivo, siendo más marcadas en los grupos con ingestas proteicas superiores a 1.0 g/kg/día. Este estudio destaca que, incluso sin modificación calórica, la proteína puede modular positivamente la respuesta anabólica al entrenamiento, reforzando su papel como cofactor clave en intervenciones en población envejecida.

Asimismo, en poblaciones jóvenes con alta demanda física, como los adolescentes deportistas, se han observado beneficios similares. El estudio de Gálvez Villar (2021) documentó una recomposición corporal positiva incluso bajo un déficit energético severo (~38 %), al implementar suplementación proteica postentrenamiento. La masa grasa disminuyó en un 15.8 % y la masa muscular aumentó en un 3.7 %, subrayando el rol clave de la proteína en edades tempranas con alta carga de entrenamiento. La rigurosidad metodológica del estudio —uso de registros pesados y BIA multifrecuencia— fortalece aún más la validez de sus resultados.

En conjunto, estos hallazgos refuerzan el valor de las intervenciones integradas que combinan ejercicio estructurado con una ingesta proteica adecuada, tanto en poblaciones envejecidas como en jóvenes atletas. Aunque los contextos fisiológicos son distintos, el punto de convergencia es claro: la proteína, al ser modulador metabólico y anabólico, potencia los efectos del entrenamiento y favorece la recomposición corporal en distintos grupos etarios y fisiológicos (Bagheri et al., 2023; Pereira-Monteiro et al., 2024; Ribeiro et al., 2022; Gálvez Villar, 2021).

En relación con los métodos utilizados para evaluar los cambios en la composición corporal, se observa una heterogeneidad importante entre estudios, lo cual representa una limitante metodológica a considerar. La bioimpedancia eléctrica (BIA), por ejemplo, ha sido ampliamente utilizada por su bajo costo, rapidez y facilidad de aplicación, pero su precisión se ve afectada por variables como el estado de hidratación, el ciclo menstrual, la temperatura corporal y la estandarización del protocolo previo a la medición (Alomía León et al., 2022; Campa et al., 2023). Aun así, estudios como el de Galvez Villar (2021) refuerzan la validez de la BIA cuando se emplea con dispositivos multifrecuencia y protocolos estrictos.

En contraste, la antropometría estandarizada bajo protocolos ISAK ofrece alta sensibilidad para detectar cambios sutiles en masa grasa subcutánea, aunque requiere formación especializada y un control técnico riguroso (Marfell-Jones et al., 2006; Medina-Curimilma, 2025). Esta herramienta resulta particularmente útil en el

seguimiento longitudinal de atletas, ya que permite estimaciones individualizadas del somatotipo y facilita el diseño de programas de entrenamiento personalizados. Su aplicabilidad práctica ha sido respaldada por estudios como el de López-Cáceres et al. (2019), quienes documentaron la efectividad del uso sistemático de mediciones antropométricas —realizadas por evaluadores certificados, con equipos validados y bajo condiciones controladas— para cuantificar con precisión la composición corporal de futbolistas profesionales durante tres temporadas consecutivas. Además, sus hallazgos revelaron que variables contextuales como la demarcación táctica, el entrenamiento individualizado y la compañía durante las comidas influyen significativamente sobre indicadores clave como los pliegues cutáneos, el porcentaje de masa grasa y la masa muscular. Así, la antropometría no solo cumple una función evaluativa, sino que también se convierte en una herramienta estratégica para interpretar el impacto integral de factores técnicos, conductuales y sociales en el estado corporal de los deportistas.

Finalmente, la absorciometría por rayos X de energía dual (DXA) se consolida como el estándar de referencia en términos de precisión para cuantificar compartimentos corporales, incluyendo masa magra, grasa total y distribución segmental. No obstante, su alto costo y disponibilidad limitada restringen su uso a entornos clínicos o de investigación. Su comparación con la BIA y la antropometría sugiere que, si bien las tres técnicas pueden emplearse en recomposición corporal, deben seleccionarse de acuerdo con los recursos disponibles, los objetivos del estudio y las características de la población (Campa et al., 2021; Vázquez-Bautista et al., 2025).

En conjunto, los hallazgos de esta revisión refuerzan la necesidad de considerar tanto la estrategia nutricional y el entrenamiento como la calidad del método de evaluación corporal al interpretar los resultados. Una intervención efectiva de recomposición corporal no puede entenderse de forma aislada sin una medición precisa y repetible de los cambios corporales.

CONCLUSIONES

La recomposición corporal ha emergido como una estrategia eficaz en contextos tanto clínicos como deportivos, respaldada por un volumen creciente de evidencia científica. Este proceso, caracterizado por la reducción de masa grasa y el mantenimiento o incremento de masa muscular magra, se ha demostrado posible incluso bajo condiciones de restricción energética moderada. A diferencia del tratamiento nutricional tradicional enfocado únicamente en la pérdida de peso corporal total, la recomposición corporal ofrece beneficios sustanciales en términos de funcionalidad, salud metabólica, rendimiento físico y composición estética.

Entre los factores clave para inducir este fenómeno, la ingesta proteica adecuada destaca como uno de los pilares más relevantes. Los estudios revisados coinciden en que un consumo diario entre 1.6 y 2.2 g/kg de peso corporal es eficaz para preservar o aumentar la masa libre de grasa, especialmente cuando se acompaña de entrenamiento de fuerza. Además, la distribución proteica a lo largo del día y la elección de fuentes de alto valor biológico potencian la síntesis proteica muscular, la recuperación y la regulación del apetito, aspectos fundamentales para lograr adaptaciones sostenidas durante periodos de déficit calórico.

En esta línea, el entrenamiento de fuerza se posiciona como el estímulo fisiológico indispensable para lograr recomposición corporal. Su implementación progresiva y estructurada ha demostrado generar adaptaciones significativas en sujetos físicamente activos, mujeres posmenopáusicas y adultos mayores. A través del estímulo mecánico adecuado, se favorece la síntesis proteica, la remodelación muscular y la oxidación de lípidos, haciendo del entrenamiento de fuerza una herramienta imprescindible en cualquier estrategia orientada a mejorar la calidad corporal y funcionalidad del organismo.

Finalmente, el método utilizado para evaluar la composición corporal constituye un componente crítico para interpretar los resultados con precisión. Aunque el DXA es reconocido como el estándar de referencia por su alta resolución, tanto la antropometría estandarizada bajo certificación ISAK como la bioimpedancia multifrecuencia (BIA)

son alternativas válidas, siempre que se apliquen con formación técnica, protocolos reproducibles y ecuaciones validadas. En particular, la certificación ISAK garantiza mayor confiabilidad para fines de investigación, permitiendo generar datos consistentes y comparables entre evaluadores. La elección del instrumento debe basarse en los objetivos del estudio, la población intervenida y el grado de competencia del profesional que lo administra.

REFERENCIAS.

1. Abreu, B., Henriques, R., Figueiredo, J. P., & Loureiro, H. (2022). Body Composition Assessment of University Athletes: Comparison Between the Data Obtained by Bioelectrical Impedance and by Anthropometry. *International Journal of Kinanthropometry*, 2(2), 1–12. DOI: <https://doi.org/10.34256/ijk2221>
2. Alomía León, R., Peña-Toncoso, S., Hernández-Mosqueira, C., & Espinoza Cortez, J. (2022). Comparación de los métodos de antropometría y bioimpedancia eléctrica a través de la determinación de la composición corporal en estudiantado universitario. *MHSalud, Revista en Ciencias del Movimiento Humano y Salud*, 19(2), 1–10. DOI: <https://doi.org/10.15359/mhs.19-2.13>
3. Aragon, A.A., Schoenfeld, B.J., Wildman, R., Kleiner, S., VanDusseldorp, T., Taylor, L., ... & Antonio, J. (2017). International society of sports nutrition position stand: diets and body composition. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14(1), 16. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0174-y>
4. Baglietto, N., Albaladejo-Saura, M., Esparza-Ros, F., & Vaquero-Cristóbal, R. (2024). Agreement and differences between the equations for estimating muscle and bone mass using the anthropometric method in recreational strength trainees. *PeerJ*, 12, e17506. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.17506>
5. Bagheri, R., Shakibaei, A., Camera, D.M., Sobhani, V., Ghobadi, H., ... & Dutheil, F. (2023). Effects of 8 weeks of resistance training in combination with a high protein diet on body

- composition, muscular performance, and markers of liver and kidney function in untrained older ex-military men. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1205310. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1205310>
6. Barakat, C., Pearson, J., Escalante, G., Campbell, B., & De Souza, E.O. (2020). Body Recomposition: Can Trained Individuals Build Muscle and Lose Fat at the Same Time? *Strength Cond. J.*, 42(3), 7–21. DOI: 10.1519/SSC.0000000000000584
 7. Campa, F., Matias, C.N., Moro, T., Cerullo, G., Casolo, A., ... & Paoli, A. (2023). Methods over Materials: The Need for Sport-Specific Equations to Accurately Predict Fat Mass Using Bioimpedance Analysis or Anthropometry. *Nutrients*, 15(2), 278. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu15020278>
 8. Campa, F., Toselli, S., Mazzilli, M., Gobbo, L.A., & Coratella, G. (2021). Assessment of Body Composition in Athletes: A Narrative Review of Available Methods with Special Reference to Quantitative and Qualitative Bioimpedance Analysis. *Nutrients*, 13(5), 1620. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu13051620>
 9. Chatterjee, A., & Sarkar, T. (Eds.). (2024). *Examining physiology, nutrition, and body composition in sports science*. IGI Global. DOI: 10.4018/979-8-3693-6317-1
 10. Chakraborty, S., Bagchi, D., Chakraborty, T. R., Downs, B. W., & Blum, K. (Eds.). (2025). *Body Recomposition: A Comprehensive and Metabolic Alternative to Weight Loss*. CRC Press.
 11. Del Vecchio, F. B. (2022). Body recomposition: would it be possible to induce fat loss and muscle hypertrophy at the same time? *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 24, e86265. DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-0037.2022v24e86265>
 12. Galvez Villar, J. (2021). Impacto de la ingesta de proteínas post-entrenamiento en la composición corporal y en la condición física muscular de patinadores jóvenes competitivos: un estudio piloto. Trabajo Fin de Máster, Universidad de Zaragoza.
 13. Kanaan, M. F., Nait-Yahia, S., & Doucet, É. (2025). The effects of high protein intakes during energy restriction on body composition, energy metabolism and physical performance in recreational athletes. *European Journal of Clinical Nutrition*, 79, 544–552. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41430-025-01585-2>
 14. Lascano, E. G. (2024). Determinación de la composición corporal en deportistas de alto rendimiento de la ciudad de Ambato. Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Ambato.
 15. Longland, T. M., Oikawa, S. Y., Mitchell, C. J., Devries, M. C., & Phillips, S. M. (2016). Higher compared with lower dietary protein during an energy deficit combined with intense exercise promotes greater lean mass gain and fat mass loss: A randomized trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 103(3), 738–746. DOI: <https://doi.org/10.3945/ajcn.115.119339>
 16. Lazarte, V. (2021). Evaluación antropométrica de la composición corporal y estado nutricional en jugadoras de hockey amateur de Santa Cruz. Universidad Nacional de La Plata.
 17. López-Cáceres, J., Salas-Sánchez, J., Vaquero-Cristóbal, R., & Alacid, F. (2019). Efectos de factores contextuales en la composición corporal de jugadores profesionales de fútbol: Un estudio retrospectivo. *Retos: Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, (36), 491–497. DOI: <https://doi.org/10.47197/retos.v36i36.70898>
 18. Marfell-Jones, M., Olds, T., Stewart, A., & Carter, L. (2006). International standards for anthropometric assessment. *International Society for the Advancement of Kinanthropometry*.
 19. Masoga, T., Stander, A., Greeff, M., & Van Der Merwe, J. (2023). Nutritional Strategies for Bodybuilders During Bulking and Cutting Phases. *Journal of Human Kinetics*, 95(1), 169–

180. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0209-z>
20. Medina-Curimilma, W. E. (2025). La importancia de la antropometría en el rendimiento deportivo del fútbol. *Journal Scientific MQR Investigar*, 9(1), 1–41. DOI: <https://doi.org/10.56048/MQR20225.9.1.2025.e58>
21. Pasiakos SM, Cao JJ, Margolis LM, Sauter ER, Whigham LD, McClung JP, Rood JC, Carbone JW, Combs GF Jr, Young AJ. Effects of high-protein diets on fat-free mass and muscle protein synthesis following weight loss: a randomized controlled trial. *FASEB J*. 2013 Sep;27(9):3837-47. doi: 10.1096/fj.13-230227. Epub 2013 Jun 5. PMID: 23739654.
22. Pereira-Monteiro, M.R., Aragão-Santos, J.C., Vasconcelos, A.B.S., de Resende-Neto, A.G., de Almeida, A.F.S., ... et al. (2024). Functional and Combined Training Promote Body Recomposition and Lower Limb Strength in Postmenopausal Women: A Randomized Clinical Trial and a Time Course Analysis. *Healthcare*, 12(9), 932. DOI: <https://doi.org/10.3390/healthcare12090932>
23. Ramos-Álvarez, J. J., Montoya, J. J., Solís-Mencia, C., Miguel-Tobal, F., López-Tapia, P., ... & Martínez-Sanz, J. M. (2021). Anthropometric Profile Assessed by Bioimpedance and Anthropometry Measures of Male and Female Rugby Players Competing in the Spanish National League. *Applied Sciences*, 11(24), 11759. DOI: <https://doi.org/10.3390/app112411759>
24. Ribeiro AS, Oliveira AV, Kassiano W, Nascimento MA, Mayhew JL, Cyrino ES. Effects of resistance training on body recomposition, muscular strength, and phase angle in older women with different fat mass levels. *Aging Clin Exp Res*. 2023 Feb;35(2):303-310. DOI: 10.1007/s40520-022-02313-7. Epub 2022 Dec 16. PMID: 36526940.
25. Thomas, D. T., Erdman, K. A., & Burke, L. M. (2016). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 116(3), 501–528. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.12.006>
26. Vázquez-Bautista, M.A., Castilla-Arias, E., Bautista-Jacobo, A., Medina-Corral, P.E., & Delgado-Gaytán, F.(2025). Precision of body composition estimation from commercial bioelectrical impedance analysis devices in male Mexican soccer players. *Retos*, 64, 394–402. DOI: <https://doi.org/10.47197/retos.v64.110654>
27. Wang, Z. M., Pierson Jr, R. N., & Heymsfield, S. B. (1992). The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *American Journal of Clinical Nutrition*, 56(1), 19–28. <https://doi.org/10.1093/ajcn/56.1.19>

Contribución de los autores.

Conceptualización, proceso de datos, análisis formal, obtención de fondos, investigación, metodología, administración de proyectos, software, recursos, supervisión, validación, visualización, redacción: borrador original y redacción: revisión y edición: ACRM-MFSB-GIRT

Agradecimientos.

Agradezco la Facultad de Ciencias de la Nutrición y Gastronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa. A mi mentor el Dr. Giovanni Isaí Ramírez Torres.

Financiamiento.

El presente trabajo no obtuvo financiamiento del sector público o privado para su realización.