



<https://doi.org/10.24245/mim.v40iOctubre.9035>

## Efectos de las dietas omnívora y vegetariana en biomarcadores de salud-enfermedad

### Effects of omnivorous and vegetarian diets on health-disease biomarkers.

Olivia Torres Bugarín,<sup>1,2</sup> Alejandra Villaegas Ortiz,<sup>2</sup> Joshua Eduardo Fregoso Urquides,<sup>2</sup> Diana Laura Martínez Bolaños,<sup>1</sup> María Luisa Ramos Ibarra,<sup>3</sup> María Evarista Arellano García<sup>4</sup>

#### Resumen

**ANTECEDENTES:** Una buena dieta es esencial para el mantenimiento de la salud; el debate radica en cuál es más adecuada: omnívora o vegetariana.

**OBJETIVO:** Analizar el efecto de las variantes dietéticas omnívora y vegetariana en los biomarcadores de salud-enfermedad: perfil bioquímico, concentraciones de vitaminas, hierro y otros minerales, y sus posibles repercusiones en la salud.

**METODOLOGÍA:** Revisión bibliográfica simple, mediante PubMed y Google académico de 2005 a 2023. Se utilizaron las palabras: dieta omnívora, vegetariana, efecto en la salud, perfil bioquímico, vitaminas, hierro y otros metales.

**RESULTADOS:** Se identificaron 279 artículos en español e inglés, de los que se seleccionaron 50 mediante análisis del texto completo. Se dejaron de incluir cuando las aportaciones básicas fueron repetitivas. Hubo disenso entre autores, posiblemente porque algunos estudios no reflejan las condiciones actuales, el país de origen, tamaño de muestra, población o edad. La omnívora promueve concentraciones altas de selenio, vitamina E, niacina, proteínas, colesterol-total, LDL y triglicéridos, pero con riesgo de deficiencia de folatos y vitamina C. La vegetariana resulta en concentraciones más altas de vitamina C, folato, carotenoides y metales pesados, carbohidratos y triglicéridos ocasionales, pero conlleva mayor riesgo de deficiencia de vitamina D, B<sub>12</sub>, calcio, hierro y cinc.

**CONCLUSIONES:** Todas las dietas, aun con las diferencias en la ingesta y concentración plasmática de elementos, pueden cumplir potencialmente con los requisitos básicos al atender las necesidades específicas individuales e incorporar complementos o productos fortificados.

**PALABRAS CLAVE:** Dieta; vegetarianismo; micronutrientes.

#### Abstract

**BACKGROUND:** A good diet is essential for the maintenance of health; the debate lies in which is more appropriate: omnivorous or vegetarian.

**OBJECTIVE:** To describe the overview of the effects of omnivorous and vegetarian diets on health, biochemical profile, vitamins, iron, and other metals.

**METHODOLOGY:** A simple literature review was performed, using PubMed and Google Scholar from 2005 to 2023. The following words were used: omnivorous diet, vegetarian, health effect, biochemical profile, vitamins, iron and other metals.

**RESULTS:** A total of 279 articles in Spanish and English were identified and 50 of them were screened by full-text analysis. They were not included when the basic contributions were repetitive. There was dissent among authors, possibly because some studies do not reflect current conditions, country of origin, sample size, population, or age. Omnivorous diet promotes high levels of selenium, vitamin E, niacin, protein, total cholesterol, LDL, and triglycerides, but with risk of folate and vitamin C deficiency. Vegetarian diet results in higher concentrations of vitamin C, folate, carotenoids and

<sup>1</sup> Laboratorio de Evaluación de Genotóxicos, Medicina Interna II, Facultad de Medicina, Decanato Cs de la Salud.

<sup>2</sup> Asociación Científica de Genética y Toxicología (ACGT), Sociedad de Alumnos de Medicina (SAM). Universidad Autónoma de Guadalajara, Jalisco, México.

<sup>3</sup> Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA). Departamento de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.

<sup>4</sup> Laboratorio de Genotoxicología Ambiental, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, Baja California, México.

**Recibido:** 16 de julio 2023

**Aceptado:** 4 de octubre 2023

#### Correspondencia

Olivia Torres Bugarín  
oliviotorres@hotmail.com  
María Evarista Arellano García  
evarista.arellano@uabc.edu.mx

#### Este artículo debe citarse como:

Torres-Bugarín O, Villaegas-Ortiz A, Fregoso-Urquides JE, Martínez-Bolaños DL, Ramos-Ibarra ML, Arellano-García ME. Efectos de las dietas omnívora y vegetariana en biomarcadores de salud-enfermedad. Med Int Méx 2024; 40 (9): 591-602.

heavy metals, carbohydrates, and occasional triglycerides, but carries a higher risk of vitamin D, B<sub>12</sub>, calcium, iron and zinc deficiency.

**CONCLUSIONS:** All diets, even with differences in intake and plasma concentration of elements, can potentially meet the basic requirements by attending to specific individual needs and incorporating supplements or fortified products.

**KEYWORDS:** Diet; Vegetarianism; Micronutrients.

## ANTECEDENTES

La variedad de estilos de dietas es amplia y, aunque no todas son necesariamente saludables, cada vez más personas están haciendo cambios en sus hábitos alimentarios. Sin embargo, es importante tener en cuenta las particularidades individuales<sup>1</sup> porque algunas dietas pueden afectar el perfil bioquímico y la concentración de micronutrientes de las personas que las practican.<sup>2</sup> La dieta omnívora, seguida por 90-98% de la población mundial, se compone de alimentos de origen animal y vegetal. En cambio, la dieta vegetariana limita o excluye carnes, huevos, lácteos y miel<sup>3</sup> y, aunque actualmente solo del 2 al 10% de la población global la lleva a cabo, cada vez gana más adeptos.<sup>4</sup> La dieta vegetariana tiende a ser rica en ácidos grasos insaturados, fibra, proteínas vegetales y diversos micronutrientes, como vitaminas, fitoesteroles y polifenoles. Además, suele tener bajo contenido de grasas saturadas y densidad energética más baja que los alimentos de origen animal.<sup>1</sup> La dieta vegetariana tiene diferentes variantes: lacto-ovo-vegetariana (excluye carnes), ovo-vegetariana (excluye carnes y lácteos), lacto-vegetariana (excluye carnes) y pesco-vegetariana (incluye pescado); por último, la dieta vegana es la más restrictiva, ya que excluye carnes, huevos y miel.<sup>2,4</sup>

Los patrones dietéticos que excluyen grupos de alimentos son objeto de interés porque su-

ponen beneficios para la salud, pero también suscitan preocupación, especialmente en grupos vulnerables, como mujeres embarazadas y niños-adolescentes,<sup>3</sup> en tanto que las personas que siguen dieta vegetariana corren mayor riesgo de ocultar conductas alimentarias desordenadas, como la anorexia, bulimia u ortorexia.<sup>5</sup> Si bien estas dietas presumen tasas más bajas de obesidad que las omnívoras ( $p = 0.016$ ) en hombres (8.3 vs 22.6%) y en mujeres (2 vs 5.1%), y de sobrepeso (hombres: 33.3 vs 40.35%, mujeres: 18.9 vs 19.8%), la prevalencia de bajo peso es más alta entre las personas que siguen una dieta vegetariana (5.4 vs 2.7%).<sup>6</sup>

Está descrito que los vegetarianos tienen menor riesgo de diabetes (35%), incluso apoya en el tratamiento y disminuye complicaciones.<sup>7</sup> Los vegetarianos incluyen mayores cantidades de cereales integrales, frutas, verduras, legumbres, frutos secos y aceites vegetales, que son más eficaces para promover un ecosistema diverso de bacterias beneficiosas que favorecen el microbioma intestinal humano y la salud en general.<sup>8</sup> También se asocian con menor riesgo de dislipidemia<sup>1</sup> y baja presión diastólica ( $p = 0.01$ ) y, por tanto, con menos riesgo de enfermedad cardiovascular.<sup>3,9</sup>

En contraste, aún no queda clara la participación de la dieta en la nefrolitiasis,<sup>10</sup> pero se sabe que la dieta vegetariana con abundantes líquidos, equi-



librada con productos lácteos, baja en proteínas animales y sal, es la mejor manera de disminuir el riesgo de cálculos renales.<sup>10</sup>

Aunque aún sin evidencias contundentes, la dieta vegetariana se asocia con menor riesgo de fibromas uterinos<sup>11</sup> y gota,<sup>12</sup> aunque, una dieta vegetariana desequilibrada puede favorecer la menopausia prematura<sup>13</sup> y, aún sin evidencias claras, todo parece indicar que también implica mayor riesgo de erosión dental,<sup>14</sup> de mala densidad mineral ósea en el cuello femoral y la columna lumbar y tasas de fractura más elevadas. Por ello, para quienes practican esta variante en la dieta es necesario introducir fuentes dietéticas de calcio, vitamina D y complementos.<sup>15</sup>

Cualquier régimen alimenticio basado en la dieta omnívora o vegetariana, bien ejecutado, podría permitir cumplir con la ingesta recomendada de los macro y micronutrientes. Sin embargo, es importante tener en cuenta el consumo de alimentos fortificados o complementos según sea necesario.<sup>3,6</sup> El objetivo de este artículo es analizar el efecto de las variantes dietéticas omnívora y vegetariana en los biomarcadores de salud-enfermedad, como el perfil bioquímico, las concentraciones de vitaminas, hierro y otros minerales, y sus posibles repercusiones en la salud a partir de la revisión de los resultados de diferentes estudios publicados.

## METODOLOGÍA

En esta revisión se describen los avances en el conocimiento del efecto de las dietas omnívoras y vegetarianas en los biomarcadores bioquímicos, vitaminas, hierro y otros metales, así como las implicaciones a la salud, en el embarazo y en la infancia-adolescencia. Para ello se llevó a cabo la búsqueda de publicaciones en MEDLINE que incluían los términos “Vegetarian diet health benefits and risk” (155 artículos) y “Micronutrient status and intake in omnivores and vegetarians” (71 publicaciones), en Google

Académico “dieta vegetariana y omnívora cuantificación de micronutrientes” (53 documentos). La búsqueda se limitó a los años 2005 a 2023 y se encontraron 279 documentos. Se evaluó la idoneidad del resumen y la inclusión final de cada documento. La idoneidad se determinó mediante la revisión del texto completo y se dejaron de incluir artículos una vez que fueron repetitivas las aportaciones básicas. Los aportes se consideraron con base en el contraste de las dietas omnívora y vegetariana en tres apartados básicos: embarazo e infancia-adolescencia, parámetros del perfil bioquímico y aporte de micronutrientes (vitaminas y minerales).

## RESULTADOS

Se localizaron 279 documentos. Al evaluar la idoneidad del resumen y la inclusión final de cada documento se redujeron a 50.

Las contribuciones básicas de los documentos recuperados se clasificaron en las siguientes unidades de análisis: 1) ventajas, desventajas y riesgos de las dietas omnívora y vegetariana en el embarazo e infancia-adolescencia, 2) similitudes y diferencias de las dietas omnívora y vegetariana en algunos parámetros del perfil bioquímico y 3) características de aporte, biodisponibilidad y asimilación de vitaminas y minerales entre las dietas omnívora y vegetariana. En las siguientes secciones se expone un panorama de las pautas que fue posible revelar de la revisión de los documentos publicados.

### Embarazo e infancia-adolescencia: omnívora vs vegetariana

El embarazo es un periodo crítico en el que la madre requiere diferentes cantidades de nutrientes para una gestación sana y desarrollo fetal óptimo; por ello, por el riesgo potencial que supone la restricción dietaria en este periodo es foco de atención, si bien se cree que algunas de estas dietas son protectoras contra algunas en-

fermedades: diabetes gestacional e hipertensión, entre otras.<sup>16</sup> A la fecha hay pocos estudios que muestren los efectos de la dieta en el embarazo, algunos se efectuaron en el decenio de 1990, por tanto, no reflejan las condiciones actuales y otros estudios son contradictorios. Así, algunos trabajos muestran que el vegetarianismo durante el embarazo se asocia con menor aumento de peso y menor tamaño del neonato, pero otros no encontraron asociación.<sup>17,18</sup> En tal caso el tamaño para la edad gestacional no se asocia con morbilidades, diabetes gestacional o trastornos hipertensivos.<sup>9,17</sup>

Con respecto a la anemia, los resultados de diferentes estudios son contradictorios. Algunos mencionan que las mujeres vegetarianas tienen alto riesgo de anemia, otros encontraron asociación significativa, incluso, un estudio señala que no hay diferencia entre el vegetarianismo y los controles con respecto a la anemia leve, moderada, grave o descompensada.<sup>9</sup>

En cambio, no están claramente definidas las complicaciones de: preeclampsia, eclampsia o hipertensión, con o sin proteinuria.<sup>19</sup> Así, en general, se menciona que las dietas vegetarianas son seguras durante el embarazo solo si se atienden las necesidades de vitaminas y oligoelementos, como el hierro, calcio y vitaminas D y B<sub>12</sub>.<sup>19</sup>

La infancia-adolescencia es otro aspecto de vigilancia en las dietas restrictivas, sumado al hecho de que esta población suele tener preferencias y aversiones a ciertos alimentos, lo que puede contribuir con mayor facilidad a aumentar el riesgo de desnutrición y deficiencias que limitan el buen desarrollo. Algunos estudios en niños-adolescentes con dieta omnívora o vegetariana indican que la tasa de crecimiento y el índice de masa corporal (IMC) son similares. Otros estudios señalan que los niños vegetarianos tienen ingesta significativamente menor de proteínas y aminoácidos (30-50%) en comparación con los

omnívoros. Además, tienen concentraciones de albúmina sérica más bajas ( $p < 0.001$ ),<sup>20</sup> menor ingesta energética, grasas totales, productos lácteos, dulces o alimentos con grasas añadidas.

También son inferiores el peso (4 kg), la estatura, la complexión, el IMC<sup>4</sup> y la adiposidad gluteofemorales.<sup>21</sup> Además, los vegetarianos tienen mejores pruebas de resistencia, pero no de fuerza.<sup>4</sup> Entonces, la cuestión es si las dietas vegetarianas son apropiadas para los niños porque cuanto más restrictiva sea la dieta y más joven sea el niño, mayor será el riesgo de deficiencia nutricional. Los nutrientes potencialmente preocupantes son la cantidad y la calidad de las proteínas, el hierro, cinc, selenio, calcio, riboflavina, vitaminas A, D y B<sub>12</sub>, así como ácidos grasos esenciales. Ante estas evidencias parece que las necesidades nutricionales de los niños-adolescentes pudieran satisfacerse con la dieta basada en vegetales, pero deberá ser equilibrada, tomando en cuenta que tienen mayores necesidades de nutrientes por kilogramo de peso corporal y que podrían correr el riesgo de padecer deficiencias de nutrientes con mayor facilidad que los adultos con consecuencias irreversibles. Por lo anterior, se aconseja alto compromiso y planificación, orientación y supervisión de expertos, como el pediatra y nutriólogo, así como y recursos y complementos.<sup>4,22</sup>

#### Algunos parámetros del perfil bioquímico: omnívora vs vegetariana

Los parámetros bioquímicos son bioindicadores del estado de salud, por ello es vital mostrar los efectos de ambos tipos de dietas,<sup>6,23,24</sup> aun cuando es difícil unificar porque hay gran cantidad de disidencias entre los diferentes autores, poblacionales y grupos de estudio pero, en términos generales, independientemente del país, edad o sexo de los individuos, destaca lo siguiente:

Las personas omnívoras tienen mayor concentración en plasma de urea, alanina



aminotransferasa (ALT), colesterol total y colesterol LDL, también de selenio, vitamina E y niacina. Los individuos con dieta vegetariana tienen mayor concentración de betacarotenos y vitamina C, pero también de homocisteína, así como de metales pesados: cromo, cobre, hierro, níquel y cadmio,<sup>6,23,24,25</sup> pero alto riesgo de déficit de vitamina B<sub>6</sub> y B<sub>12</sub>.<sup>26</sup>

En términos generales, la bibliografía revisada muestra que existen similitudes en los siguientes parámetros bioquímicos: concentraciones de glucosa en adultos venezolanos y eslovenos,<sup>2,23</sup> así como en mujeres chinas antes y después de la menopausia.<sup>27</sup> Además se han observado similitudes en las concentraciones de hemoglobina,<sup>25,28</sup> bilirrubina total, ferritina,<sup>23</sup> carbohidratos, albúmina, creatinina sérica, proteínas y aspartato aminotransferasa (AST).<sup>23,25,28</sup>

No obstante, existen algunas discrepancias significativas en la bibliografía. Algunos autores reportan concentraciones similares de ciertos parámetros entre ambas poblaciones, mientras que otros discrepan en sus hallazgos. Por ejemplo, se ha observado mayor concentración de albúmina en la población eslovaca con dieta omnívora en comparación con otras poblaciones.<sup>28</sup> Además se han encontrado diferencias entre las concentraciones de proteínas y carbohidratos en vegetarianos brasileños.<sup>24</sup> También se ha observado variación en las concentraciones de ácido úrico en taiwaneses.<sup>25</sup>

En comparación con la omnívora, la dieta vegetariana favorece concentraciones más bajas de lípidos en plasma, de colesterol total y de colesterol-LDL. Sin embargo, también se han observado concentraciones bajas de colesterol-HDL en niños<sup>21</sup> y adultos.<sup>6,26,29,30,31</sup>

La población que sigue una dieta omnívora tiende a tener concentraciones elevadas de colesterol LDL, incluso en niños.<sup>21,23,25,30</sup> Por tanto, tales dietas podrían ser un enfoque no

farmacéutico útil para controlar la dislipidemia, especialmente la hipercolesterolemia y las enfermedades cardiovasculares.<sup>2,29,30</sup>

Con respecto a los triglicéridos las evidencias son bastante controvertidas; algunos autores señalan que no existen diferencias significativas entre grupos,<sup>2,27</sup> otros indican que los vegetarianos tienen mayores concentraciones,<sup>23,24</sup> incluso niños.<sup>21,24</sup> Por otro lado, hay autores que sugieren que los omnívoros tienen concentraciones más altas de triglicéridos.<sup>25,29</sup>

Las personas con dieta vegetariana tienen menor ingesta y concentración plasmática de ácidos grasos omega-3, específicamente el ácido eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA).<sup>32</sup> Incluso, a medida que se prolonga la práctica de la dieta vegetariana, se observa menor concentración de DHA, lo que sugiere baja conversión del ácido  $\alpha$ -linolénico (ALA) a DHA.<sup>32</sup>

### Vitaminas y minerales: dieta omnívora vs vegetariana

En términos generales, aunque hay algunas discrepancias, atribuidas probablemente al país de origen y su forma de alimentación, así como al tipo de población incluida en cada estudio, en general, puede asumirse que en individuos omnívoros las vitaminas B, E, D y el selenio se encuentran en mayor concentración y en déficit en vegetarianos.<sup>6,25,32</sup> Por el contrario, las concentraciones de vitamina C, complejo B (B<sub>9</sub> y B<sub>12</sub>), hierro, cinc, cadmio, cobre, cromo son óptimas en vegetarianos; en contraste, con frecuencia se encuentran en déficit en los individuos omnívoros.

Específicamente puede decirse que:

- *Vitamina A o retinol sérico*: en los alimentos se encuentra en forma de retinol, cuando son de origen animal, y carote-

nos, precursores del retinol, en los de origen vegetal y éstos se metabolizan a retinol, por tanto, las dietas vegetarianas adecuadamente planificadas no suponen problema en el aporte de esta vitamina,<sup>6,32</sup> como lo demuestran los estudios en adultos<sup>6</sup> y en niños.<sup>33</sup> Esta vitamina se conoce también como retinol porque produce los pigmentos en la retina, pero también participa en la formación y mantenimiento de dientes, tejidos blandos y óseos, membranas mucosas y piel. El exceso es tóxico y se caracteriza por fatiga, irritabilidad, cefalea, anorexia, febrícula, hemorragias en diferentes tejidos y alteraciones cutáneas.

- *Vitamina B<sub>6</sub> (piridoxina)*: es una coenzima hidrosoluble, lo que implica que solo pueden almacenarse pequeñas cantidades, que fácilmente se elimina a través de la orina y es necesaria su reposición diaria con la dieta. Sus fuentes principales son: carne, huevo, pescado, germen de trigo, verduras, legumbres y nueces, al igual que el pan y cereal enriquecidos. Por ello fácilmente pueden obtenerse los requerimientos diarios independientemente del tipo de dieta que se practique. Pese a ello, el déficit es frecuente (60%) en poblaciones que restringen o excluyen de su dieta los productos de origen animal,<sup>6</sup> incluso pueden tener concentraciones plasmáticas bajas de piridoxal-5-fosfato; además, B<sub>6</sub> se destruye fácilmente por acción del calor o del oxígeno y la fibra en altas cantidades reduce su biodisponibilidad.<sup>32</sup>
- *Vitamina B<sub>9</sub> (ácido fólico o ácido pteroilmonoglutámico)*: los folatos (*folium*: hoja), o vitamina B<sub>9</sub>, se encuentran naturalmente en: hígado, vegetales verdes, legumbres, cereales, frutas y frutos secos, entre muchos otros. Los mamíferos los toman de la dieta en forma de poliglutamatos y los

hidrolizan a monoglutamatos en el lumen del intestino delgado.<sup>34</sup> No obstante, se crearon las políticas gubernamentales de fortificar diferentes grupos de alimentos debido a que es la deficiencia más frecuente en todo el mundo, pero es aún más frecuente en omnívoros (58%) que en vegetarianos (13%).<sup>6</sup> El déficit de folatos se vincula con el elevado costo de los alimentos, dietas restrictivas, procesos culinarios, mayor demanda fisiológica (como en el embarazo y la lactancia) o aumento de la actividad física.<sup>34</sup>

- La vitamina B<sub>9</sub> cumple diversas funciones celulares: citogenoprotector, es modulador del cáncer y la epigenética; participa en la síntesis, mantenimiento, estabilidad, reparación y expresión del ácido desoxirribonucleico (ADN). Su deficiencia se asocia con defectos del tubo neural, restricción del crecimiento fetal, anemia, enfermedad cardiovascular, disfunción cognitiva y distintos tipos de neoplasias, entre otros padecimientos.<sup>34</sup>
- *Vitamina B<sub>12</sub> (cianocobalamina)*: la fuente primaria de vitamina B<sub>12</sub> es casi exclusivamente de origen animal y la principal deficiencia se debe a la restricción en su consumo, por ello es potencialmente crítica en vegetarianos, quienes tienen menor concentración que los omnívoros. Puede disponerse de cantidades marginales de vitamina B<sub>12</sub> a través de la levadura nutricional y los cereales fortificados y la leche de soja, almendras, chícharos, avena. Estas fuentes no proporcionarán la ingesta suficiente<sup>26,35</sup> y, por tanto, es recomendable que consuman complementos fortificados, sobre todo durante la infancia-adolescencia, porque está descrito que en niños vegetarianos sin complementación tienen bajas concentraciones en suero de B<sub>12</sub>,<sup>21</sup> así como durante el embarazo.<sup>4,36</sup> La co-



balamina es esencial para la síntesis del ADN y la formación de glóbulos rojos, el mantenimiento de la integridad de la mielina y la transmisión de señales neuronales, por tanto, su déficit puede causar daño a la replicación y división celular, anemia megaloblástica, daño nervioso y anomalías neuro-psiquiátricas.

Durante el embarazo la vitamina B<sub>12</sub> aumenta la absorción intestinal, derivada de las reservas tisulares maternas y no atraviesa la placenta, cuando se absorbe se transfiere a través de la placenta. La baja concentración en suero materno durante el primer trimestre es un factor de riesgo de defectos en el tubo neural y de malos desenlaces maternos, como preeclampsia, anemia macrocítica y trastornos neurológicos.<sup>19</sup>

- *Vitamina C (ácido ascórbico)*: es una vitamina de fácil obtención, aunque muy frágil, termosensible y fácilmente destruida por la radicación y procesos culinarios. Los niños y adultos vegetarianos suelen ingerir esta vitamina en dosis mayores a la recomendada, gracias al consumo alto de vegetales y frutas; las personas omnívoras pueden sufrir déficit (12%).<sup>6,25,32</sup>
- *Vitamina D (colecálciferol) y calcio*: es una vitamina imprescindible no solo para la salud ósea, la función inmunitaria y la modulación inflamatoria; también interviene en la función muscular y actúa como hormona anabólica. A pesar de su papel decisivo en la salud humana, el bienestar y el rendimiento, el 77% de los estadounidenses tienen concentraciones insuficientes de vitamina D, independientemente de la dieta.<sup>37</sup> Quienes siguen una dieta restrictiva de productos animales pueden estar en mayor riesgo de concentraciones inadecuadas de esta vitamina, particularmente si se exponen adecuadamente a la luz solar o tienen la piel más oscura.
- La principal fuente es animal (leche, yema de huevo, pescado graso), si bien puede obtenerse de hongos y líquenes, pero en muy baja concentración (D<sub>2</sub> o ergocalciferol), o de complementos en forma de vitamina D<sub>3</sub> o colecálciferol. La vitamina D<sub>3</sub> se sintetiza en la piel con ayuda de la luz solar (UVB), ésta puede verse limitada en algunas latitudes, por uso de protectores solares o si se tiene piel oscura.<sup>32,33,38,39</sup> Las personas que reciben suficiente exposición al sol con protección solar adecuada pueden alcanzar concentraciones óptimas de vitamina D a través de la vitamina D producida endógenamente en la piel.<sup>37</sup> En niños vegetarianos polacos se demostró déficit<sup>39</sup> y sin administración complementaria tienen bajas concentraciones en suero de 25-hidroxivitamina D [25(OH)D] y menor contenido mineral óseo, pero en niños complementados no ocurre esta deficiencia<sup>21</sup> que se asocia con raquitismo, pérdida ósea, osteoporosis y osteopenia.<sup>33,38</sup>
- *Vitamina E (tocoferol)*: este potente antioxidante de ácidos grasos poliinsaturados actúa conjunta y sinérgicamente con el mineral selenio, es más consumido por individuos vegetarianos que por omnívoros. Su concentración en plasma en vegetarianos es más baja que en omnívoros. Esto podría explicarse porque los vegetarianos lo requieran más como antioxidante en el proceso de la oxidación de los lípidos de baja densidad.<sup>6,32</sup>
- *Hierro*: es el metal más abundante en la naturaleza, forma compuestos con diferentes propiedades, es poco soluble, es un metal de transición oxidable y sus funciones dependen de su capacidad óxido-reductoras. También en los seres vivos es el oligoelemento más abundante, es un nutriente esencial implicado en el

transporte de oxígeno, la producción de energía, la proliferación celular y la eritropoyesis,<sup>40</sup> pero es de difícil obtención y absorción, es altamente regulado, su deficiencia o su exceso afectan funciones vitales. Este mineral puede encontrarse como funcional, de transporte o de depósito: 1) el funcional (65%), forma parte de proteínas como la hemoglobina (15%), mioglobina, citocromos o enzimas y cofactores, incluidos los mitocondriales. 2) Transporte (0.1-0.2%), en la transferrina. 3) Depósito (20%) en forma de ferritina y hemosiderina. Del 10 al 20% es fuente animal o hemínico, que es de fácil absorción, pero con biodisponibilidad del 50%.

Del 80 al 90% es de origen vegetal o no hemínico. A pesar de ello es un hierro de difícil absorción y solo tiene del 1 al 10% de biodisponibilidad, debido a que el hierro no hemo debe convertirse de su forma férrica (Fe<sup>3+</sup>) a una forma ferrosa (Fe<sup>2+</sup>) antes de ser absorbido. Eso lo convierte en un proceso fisiológico más complejo y menos eficiente en comparación con la absorción del hierro hemo, lo que disminuye la biodisponibilidad.<sup>37</sup>

La forma férrica está disponible en pocos alimentos naturales y en adicionados o fármacos.<sup>41,42</sup> Por tanto, la ferritina es la proteína que permite almacenar hierro celularmente y liberarlo, de ser necesario. La ferritina sérica está directamente relacionada con la cantidad de hierro almacenado en el cuerpo. Por ende, la ferritina es un parámetro muy importante y útil para determinar en qué situación se halla el hierro en el organismo. Es frecuente encontrar esta proteína en mejores concentraciones en omnívoros, lo que se correlaciona con su consumo. En cambio, hay déficit en vegetarianos, sobre todo

en niños,<sup>21</sup> aunque consuman mayores cantidades de hierro, pero con biodisponibilidad baja, sumado a que los vegetales contienen inhibidores de la absorción de este microelemento.

En consecuencia, a pesar de una ingesta de hierro similar o mayor, las concentraciones de ferritina en individuos con dieta vegetariana tienden a ser más bajas en comparación con los individuos omnívoros.<sup>6,7</sup> No obstante, en población venezolana se encontró que los valores de ferritina eran iguales en ambos grupos.<sup>23</sup> Por ejemplo, los atletas tienen mayor riesgo de deficiencia de hierro debido al aumento de la inflamación por el entrenamiento, que inhibe la absorción, al aumento de las pérdidas de hierro a través del sudor y al contacto repetido de los pies con el suelo, que daña los glóbulos rojos. Las mujeres pueden correr riesgo aún mayor debido a las pérdidas de hierro a través de la menstruación.<sup>37,43</sup>

*Déficit de hierro o ferropenia:* La carencia de hierro es la deficiencia de un solo nutriente más común en el mundo, después de la de folatos. Las causas son diversas, las más frecuentes son: pérdida de sangre, absorción reducida, restricción dietaria o aumento de requerimiento, como durante el desarrollo, el embarazo o en atletas de alto rendimiento. Por ello los niños y adolescentes con dietas restrictivas son punto de alerta, ya que, en términos generales, del 23 al 47% sufren déficit, a diferencia del 3-20% de los sujetos omnívoros.<sup>42</sup> Algunos estudios señalan una concentración más baja de hemoglobina en niños.<sup>21</sup> En mujeres adultas, con ciclos menstruales regulares, también es más frecuente el déficit,<sup>7</sup> aunque su ingesta es alta, pero ésta deriva de alimentos vegetales, por lo que la biodisponibilidad es menor.<sup>6,32</sup> En mujeres con dieta omnívora vs vegetariana se encuentran concentraciones de hierro de  $13.6 \pm 7.5 \mu\text{g/L}$  vs





33.6 ± 54.3 µg/L; en varones: 36.6 ± 36 µg/L vs 105.4 ± 78.7 µg/L.<sup>44,45</sup> En atletas de alto rendimiento, particularmente en mujeres, con gran frecuencia su concentración disminuye a valores críticos por lo que se requiere la administración complementaria<sup>46</sup> toda vez que el déficit afecta la formación o regeneración de tejidos, la síntesis de hemoglobina (y, por ello, el transporte de oxígeno), la síntesis, degradación y almacenamiento de neurotransmisores, hormonas y enzimas y la síntesis de ATP y ácidos nucleicos.

En el cerebro, el recambio del hierro es muy lento, por ello la deficiencia en etapas tempranas de la vida no se corrige con facilidad y persisten. Se almacena en oligodendrocitos, célula que sintetiza mielina en el sistema nervioso central. Es esencial en el hipocampo y áreas de memoria, por ello se usa para favorecer funciones cognitivas y se vincula con enfermedades como Huntington, Alzheimer y Parkinson.<sup>47,48</sup>

*Exceso de hierro:* Su acumulación es sumamente tóxica y podría deberse a factores genéticos (hemocromatosis), donde el hierro se absorbe en exceso, o puede ser secundario a enfermedades hepáticas o hematológicas o a abuso de complementos enriquecidos. Estas enfermedades generan hemosiderosis, que es el depósito anormalmente alto en hígado, bazo, corazón, páncreas, articulaciones y tejidos y la subsecuente insuficiencia orgánica; incluso el hierro libre induce estrés oxidativo y daño celular.<sup>47</sup>

- *Cinc:* Es el segundo oligoelemento más prevalente en el humano después del hierro y desempeña un papel importante en diversos procesos metabólicos e inmunitarios.<sup>37</sup> Aunque la deficiencia de cinc en los países industrializados es poco frecuente, los individuos con restricción de productos animales tienen, con frecuencia, concentraciones plasmáticas de cinc más bajas que los omnívoros.<sup>37</sup> Si bien algunos autores señalan que no hay diferencia en

la ingesta entre individuos con diferentes tipos de dieta, otros autores indican que los vegetarianos consumen más alimentos ricos en cinc. En individuos con dieta omnívora se detectan concentraciones significativamente más altas que en la vegetariana. Este fenómeno podría deberse a que el cinc de los alimentos vegetales es de baja biodisponibilidad debido a la interacción con factores inhibidores de la absorción, como el ácido fítico; por ello, es vital prestar atención a los grupos más vulnerables a sufrir deficiencia, como los niños y embarazadas.<sup>6,23,32</sup>

- *Calcio:* Es el mineral más abundante en el humano y es importante para maximizar la acumulación mineral ósea, coagulación sanguínea, transmisión nerviosa, contracción muscular y el metabolismo.<sup>37</sup> Los lácteos son la principal fuente de calcio en la dieta, aunque algunos alimentos vegetales también son ricos en este mineral. Con frecuencia se cree que las personas que no consumen productos lácteos no obtienen el calcio adecuado, pero una dieta vegetariana bien planificada proporciona concentraciones suficientes para satisfacer la cantidad diaria recomendada.<sup>49</sup> Sin embargo, la biodisponibilidad del calcio de las fuentes vegetarianas suele disminuir debido a las altas concentraciones de oxalato y, en menor medida, de fitato.<sup>37</sup> En la biodisponibilidad de este mineral intervienen variables fisiológicas, como la edad, embarazo, lactancia, y variables dietéticas, que incluyen los compuestos que inhiben o promueven la absorción, por ello es un tema de especial interés entre los vegetarianos.<sup>32</sup>
- *Metales pesados:* La exposición a metales pesados es inevitable porque se encuentran en el aire, agua y alimentos, estos últimos son la vía más importante y directa

para la incorporación, pero los patrones alimentarios determinan la asimilación y bioacumulación. Por ejemplo, los peces son la principal fuente de exposición a arsénico, plomo y metilmercurio; los hongos, mariscos y cereales (arroz y trigo) a cadmio.<sup>50</sup> Es de esperarse que ciertos patrones alimentarios favorezcan la presencia de metales, de tal manera que los vegetarianos son más vulnerables a tener mayor concentración de metales en sangre que los omnívoros.<sup>23</sup> Por ejemplo el cadmio, cobre, hierro y cromo se encuentran en mayor concentración en vegetarianos (Cd: 4 µg/L, Cu: 52 mg/L, Fe: 241.6 mg/L, Cr: 29.6 µg/L, Ni: 0.03 µg/L, Mg: 0.03 µg/L) que en omnívoros (Cd: 0.1 µg/L, Cu: 36.86 mg/L, Fe: 190.93 mg/L, Cr: 23.38 µg/L, Ni: 0.021 µg/L y Mg: 2.27 mg/L), a excepción del níquel y magnesio. Una dieta equilibrada podría ser la mejor manera de contrarrestar la acumulación de metales en el organismo.<sup>23</sup>

## DISCUSIÓN

El aumento de las enfermedades crónicas aliena a las personas a buscar cambios en su dieta y estilo de vida; no obstante, hay diferencias nutricionales fundamentales en la gran diversidad de dietas y es difícil determinar cuál es la mejor opción según las condiciones particulares de cada individuo. Es frecuente que las dietas vegetarianas se asocien con menor consumo de energía, ácidos grasos saturados y mayor consumo de fibra y fitoquímicos en comparación con las dietas que incluyen alimentos de origen animal y, por tanto, con mejor condición de salud.

Esta condición saludable también puede atribuirse a otros factores, como la genética, que determina el proceso metabólico, y la edad. Las personas que siguen este tipo de dietas suelen tener un nivel socioeconómico más alto, con más

actividad física y no tienen toxicomanías. A lo anterior se suma que las razones de seguir una dieta vegetariana, como consideraciones éticas, morales, religiosas o medioambientales, tienen profundas repercusiones personales al adoptar un estilo de vida más saludable.

Es necesario matizar algunas de las afirmaciones señaladas. Gran parte de los estudios que respaldan estas afirmaciones son de muestras pequeñas o se hicieron en decenios pasados, por lo que no reflejan necesariamente los hábitos y selección de alimentos actuales. Además, la investigación en este campo se ha llevado a cabo en pocos países que incluyen gran diversidad de costumbres culinarias y con muestras pequeñas, lo que puede generar sesgos de selección.

Además, la mayor parte de las investigaciones incluidas en este trabajo se basan en variables aleatorias y no están estandarizadas. Se necesitan más estudios que consideren variables específicas, como la cantidad y preparación de alimentos, y que examinen la relación entre factores externos y enfermedades crónicas a largo plazo. Por tanto, no puede afirmarse de manera concluyente que una dieta vegetariana sea superior a una dieta omnívora o viceversa. Sin embargo, los profesionales de la salud deben guiar y alertar a los pacientes de la importancia de una ingesta adecuada de todos los nutrientes en su dieta.

## CONCLUSIONES

La elección de una dieta omnívora o vegetariana puede tener repercusión significativa en la salud general de una persona. Por ello varios estudios han investigado los efectos de estas variantes dietéticas en los biomarcadores de salud-enfermedad, incluido el perfil bioquímico, las concentraciones de vitaminas, hierro y otros minerales. Empero, son pocos y contradictorios, y algunos son del decenio pasado y podrían no reflejar la situación actual.



La dieta omnívora, que incluye alimentos de origen animal y vegetal, puede proporcionar una amplia gama de nutrientes esenciales. Sin embargo, el consumo excesivo de alimentos procesados y ricos en grasas saturadas puede tener efectos negativos cardiovasculares y en el metabolismo, en general. Por tanto, es importante seguir una dieta omnívora equilibrada, basada en alimentos frescos, no procesados y rica en frutas, verduras, granos enteros y proteínas magras. La dieta vegetariana, que se basa exclusivamente en alimentos de origen vegetal, ha demostrado beneficios para la salud, como la reducción del riesgo de enfermedad cardiovascular y diabetes, entre otras. La dieta vegetariana mal planificada puede llevar a deficiencias de nutrientes críticos, como vitamina B<sub>12</sub>, hierro, calcio y omega-3. Por tanto, los vegetarianos deben asegurarse de obtener estos nutrientes a través de fuentes adecuadas, como alimentos fortificados o complementos.

## REFERENCIAS

1. Trautwein EA, McKay S. The role of specific components of a plant-based diet in management of dyslipidemia and the impact on cardiovascular risk. *Nutrients* 2020; 12 (9). doi:10.3390/nu12092671
2. Bogataj Jontez N, Kenig S, Šik Novak K, Petelin A, et al. Habitual low carbohydrate high fat diet compared with omnivorous, vegan, and vegetarian diets. *Front Nutr* 2023; 10. doi:10.3389/fnut.2023.1106153
3. Kent G, Kehoe L, Flynn A, Walton J. Plant-based diets: a review of the definitions and nutritional role in the adult diet. *Proc Nutr Soc* 2022; 81. doi:10.1017/S0029665121003839
4. Rudloff S, Bühner C, Jochum F, Kauth T, et al. Vegetarian diets in childhood and adolescence. *Mol Cell Pediatr* 2019; 6 (1). doi:10.1186/s40348-019-0091-z
5. Brytek-Matera A. Vegetarian diet and orthorexia nervosa: a review of the literature. *Eating Weight Disorders* 2021; 26 (1). doi:10.1007/s40519-019-00816-3
6. Schüpbach R, Wegmüller R, Berguerand C, Bui M, Herter-Aeberli I. Micronutrient status and intake in omnivores, vegetarians, and vegans in Switzerland. *Eur J Nutr* 2017; 56 (1). doi:10.1007/s00394-015-1079-7
7. Slywitch E, Savalli C, Duarte ACG, Escrivão MAMS. Iron deficiency in vegetarian and omnivorous individuals: Analysis of 1340 individuals. *Nutrients* 2021; 13 (9). doi:10.3390/nu13092964
8. Tomova A, Bukovsky I, Rembert E, Yonas W, et al. The effects of vegetarian and vegan diets on gut microbiota. *Front Nutr* 2019; 6. doi:10.3389/fnut.2019.00047
9. Tan C, Zhao Y, Wang S. Is a vegetarian diet safe to follow during pregnancy? A systematic review and meta-analysis of observational studies. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2019; 59 (16). doi:10.1080/10408398.2018.1461062
10. Ferraro PM, Bargagli M, Trinchieri A, Gambaro G. Risk of kidney stones: Influence of dietary factors, dietary patterns, and vegetarian-vegan diets. *Nutrients* 2020; 12 (3). doi:10.3390/nu12030779
11. Shen Y, Wu Y, Lu Q, Ren M. Vegetarian diet and reduced uterine fibroids risk: A case-control study in Nanjing, China. *J Obstet Gynaecol Res* 2016; 42 (1). doi:10.1111/jog.12834
12. Chiu THT, Liu CH, Chang CC, Lin MN, Lin CL. Vegetarian diet and risk of gout in two separate prospective cohort studies. *Clin Nutr* 2020; 39 (3). doi:10.1016/j.clnu.2019.03.016
13. Grisotto G, Langton CR, Li Y, Bertone-Johnson ER, et al. Association of plant-based diet and early onset of natural menopause. *Menopause* 2022; 29 (7). doi:10.1097/GME.0000000000001985
14. Smits KPJ, Listl S, Jevdjevic M. Vegetarian diet and its possible influence on dental health: A systematic literature review. *Commun Dent Oral Epidemiol* 2020; 48 (1). doi:10.1111/cdoe.12498
15. Veronese N, Reginster JY. The effects of calorie restriction, intermittent fasting and vegetarian diets on bone health. *Aging Clin Exp Res* 2019; 31 (6). doi:10.1007/s40520-019-01174-x
16. Sebastiani G, Barbero AH, Borrás-Novet C, Casanova MA, et al. The effects of vegetarian and vegan diet during pregnancy on the health of mothers and offspring. *Nutrients* 2019; 11 (3). doi:10.3390/nu11030557
17. Yisahak SF, Hinkle SN, Mumford SL, Li M, et al. Vegetarian diets during pregnancy, and maternal and neonatal outcomes. *Int J Epidemiol* 2021; 50 (1). doi:10.1093/ije/dyaa200
18. Wen X, Justicia-Linde F, Kong K, Zhang C, et al. Associations of diet and physical activity with the 3 components of gestational weight gain. *Am J Epidemiol* 2013; 177 (11 Suppl): S1-S181.
19. Piccoli GB, Clari R, Vigotti FN, Leone F, et al. Vegan-vegetarian diets in pregnancy: Danger or panacea? A systematic narrative review. *BJOG* 2015; 122 (5). doi:10.1111/1471-0528.13280
20. Ambroszkiewicz J, Gajewska J, Mazur J, Kuśmierska K, et al. Dietary intake and circulating amino acid concentrations in relation with bone metabolism markers in children following vegetarian and omnivorous diets. *Nutrients* 2023; 15 (6). doi:10.3390/nu15061376
21. Desmond MA, Sobiecki JG, Jaworski M, Płudowski P, et al. Growth, body composition, and cardiovascular and nutritional risk of 5-to 10-y-old children consuming vegetarian, vegan, or omnivore diets. *Am J Clin Nutr* 2021; 113 (6). doi:10.1093/ajcn/nqaa445

22. Kiely ME. Risks and benefits of vegan and vegetarian diets in children. *Proceed Nutr Soc* 2021; 80 (2). doi:10.1017/S002966512100001X
23. Salazar-Lugo R, Yépez Z, Rosales M, González P, et al. Relación entre metales pesados y parámetros bioquímicos en vegetarianos, consumidores de productos del mar y omnívoros. *Rev Salud Ambient* 2013; 13 (2).
24. Fernandes Dourado K, de Arruda Cámara E Siqueira Campos F, Sakugava Shinohara NK. Relation between dietary and circulating lipids in lacto-ovo vegetarians. *Nutr Hosp* 2011; 26 (5).
25. Yen CE, Yen CH, Huang MC, Cheng CH, Huang YC. Dietary intake and nutritional status of vegetarian and omnivorous preschool children and their parents in Taiwan. *Nutr Res* 2008; 28 (7). doi:10.1016/j.nutres.2008.03.012
26. Oussalah A, Levy J, Berthezène C, Alpers DH, Guéant JL. Health outcomes associated with vegetarian diets: An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *Clin Nutr* 2020; 39 (11). doi:10.1016/j.clnu.2020.02.037
27. Huang YW, Jian ZH, Chang HC, Nfor ON, et al. Vegan diet and blood lipid profiles: A cross-sectional study of pre and postmenopausal women. *BMC Womens Health* 2014; 14 (1). doi:10.1186/1472-6874-14-55
28. Krajcovicova-Kudlackova M, Šimončič R, Béderová A, Grančičová E, Magálová T. Influence of vegetarian and mixed nutrition on selected haematological and biochemical parameters in children. *Nahrung Food* 1997; 41 (5). doi:10.1002/food.19970410513
29. De Biase SG, Fernandes SFC, Gianini RJ, Duarte JLG. Dieta vegetariana e níveis de colesterol e triglicérides. *Arq Bras Cardiol* 2007; 88 (1): 35-39. doi:10.1590/S0066-782X2007000100006
30. Wang F, Baden MY, Guasch-Ferré M, Wittenbecher C, et al. Plasma metabolite profiles related to plant-based diets and the risk of type 2 diabetes. *Diabetologia* 2022; 65 (7). doi:10.1007/s00125-022-05692-8
31. Jian ZH, Chiang YC, Lung CC, Ho CC, et al. Vegetarian diet and cholesterol and TAG levels by gender. *Public Health Nutr* 2015; 18 (4). doi:10.1017/S1368980014000883
32. García-Maldonado E, Gallego-Narbón A, Vaquero MP. Are vegetarian diets nutritionally adequate? A revision of the scientific evidence. *Nutr Hosp* 2019; 36 (4). doi:10.20960/nh.02550
33. Laskowska-Klita T, Chełchowska M, Ambroszkiewicz J, Gajewska J, Klemarczyk W. The effect of vegetarian diet on selected essential nutrients in children. *Dev Period Med* 2011; 15 (3): 318-325. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22006487/>
34. Carrillo-Gómez CS, Molina-Noyola LD, Torres-Bugarín O. Ácido fólico: Económico modulador de la estabilidad genómica, epigenética y el cáncer; deficiencias, fuentes, efectos adversos por exceso y recomendaciones gubernamentales. *El Residente* 2017; 12 (3): 89-103.
35. Rogerson D. Vegan diets: Practical advice for athletes and exercisers. *J Int Soc Sports Nutr* 2017; 14 (1). doi:10.1186/s12970-017-0192-9
36. Gilling AMJ, Crowe FL, Lloyd-Wright Z, Sanders TAB, et al. Serum concentrations of vitamin B12 and folate in British male omnivores, vegetarians and vegans: Results from a cross-sectional analysis of the EPIC-Oxford cohort study. *Eur J Clin Nutr* 2010; 64 (9). doi:10.1038/ejcn.2010.142
37. Shaw KA, Zello GA, Rodgers CD, Warkentin TD, Baerwald AR, Chilibeck PD. Benefits of a plant-based diet and considerations for the athlete. *Eur J Appl Physiol* 2022; 122 (5). doi:10.1007/s00421-022-04902-w
38. Tucker KL. Vegetarian diets and bone status. *Am J Clin Nutr* 2014; 100 (Suppl. 1): 329S-335S. doi:10.3945/ajcn.113.071621
39. Schürmann S, Kersting M, Alexy U. Vegetarian diets in children: a systematic review. *Eur J Nutr* 2017; 56 (5). doi:10.1007/s00394-017-1416-0
40. Sim M, Garvican-Lewis LA, Cox GR, Govus A, et al. Iron considerations for the athlete: a narrative review. *Eur J Appl Physiol* 2019; 119 (7). doi:10.1007/s00421-019-04157-y
41. Tostado-Madrid T, Benítez-Ruiz I, Pinzón-Navarro A, Bautista-Silva M. Actualidades de las características del hierro y su uso en pediatría. *Acta Pediatr Méx* 2015; 36 (3). doi:10.18233/apm36no3pp189-200
42. Pawlak R, Bell K. Iron status of vegetarian children: A review of literature. *Ann Nutr Metab* 2017; 70 (2). doi:10.1159/000466706
43. Badenhorst CE, Forsyth AK, Govus AD. A contemporary understanding of iron metabolism in active premenopausal females. *Front Sports Act Living* 2022; 4. doi:10.3389/fspor.2022.903937
44. Haider LM, Schwingshackl L, Hoffmann G, Ekmekcioglu C. The effect of vegetarian diets on iron status in adults: A systematic review and meta-analysis. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2018; 58 (8). doi:10.1080/10408398.2016.1259210
45. Alexander D, Ball MJ, Mann J. Nutrient intake and haematological status of vegetarians and age sex matched omnivores. *Eur J Clin Nutr* 1994; 48 (8).
46. Pedlar CR, Bruignara C, Bruinvels G, Burden R. Iron balance and iron supplementation for the female athlete: A practical approach. *Eur J Sport Sci* 2018; 18 (2). doi:10.1080/17461391.2017.1416178
47. Toxqui L, De Piero A, Courtois V, Bastida S, et al. Deficiencia y sobrecarga de hierro; implicaciones en el estado oxidativo y la salud cardiovascular. *Nutr Hosp* 2010; 25 (3).
48. Cheng R, Dhorajia VV, Kim J, Kim Y. Mitochondrial iron metabolism and neurodegenerative diseases. *Neurotoxicology* 2022; 88. doi:10.1016/j.neuro.2021.11.003
49. Tuso PJ, Ismail MH, Ha BP, Bartolotto C. Nutritional update for physicians: plant-based diets. *Perm J* 2013; 17 (2). doi:10.7812/TPP/12-085
50. Raehsler SL, Choung RS, Marietta EV, Murray JA. Accumulation of heavy metals in people on a gluten-free diet. *Clin Gastroenterol Hepatol* 2018; 16 (2): 244-251. doi:10.1016/j.cgh.2017.01.034