



Revisión

¿Son las dietas vegetarianas nutricionalmente adecuadas? Una revisión de la evidencia científica

Are vegetarian diets nutritionally adequate? A revision of the scientific evidence

Elena García-Maldonado, Angélica Gallego-Narbón y M.^a Pilar Vaquero

Departamento de Metabolismo y Nutrición. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos y Nutrición (ICTAN-CSIC). Madrid

Resumen

El seguimiento de dietas vegetarianas está en auge y, aunque estas se han relacionado con algunos beneficios para la salud, la baja biodisponibilidad de determinados micronutrientes en los alimentos vegetales puede resultar en riesgo de déficit nutricional, por lo que se hace necesaria una adecuada planificación de dichas dietas. En este sentido, se ha evidenciado el déficit de vitamina B12 en vegetarianos y está consensuada la necesidad de ingerir complementos de esta vitamina. La deficiencia de vitamina D puede ser más frecuente que en omnívoros, particularmente durante el invierno, cuando la síntesis cutánea es mínima. La baja biodisponibilidad del hierro, el zinc y el selenio en los alimentos vegetales puede afectar también al estado nutricional de vegetarianos. Además, las dietas vegetarianas suelen ser deficitarias en ácidos grasos poliinsaturados de la serie omega-3, eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA). Por otro lado, estas dietas sí parecen aportar cantidades adecuadas de otras vitaminas, como el ácido ascórbico, el ácido fólico y las vitaminas liposolubles A y E.

En esta revisión se presentan las características de la ingesta de macro- y micronutrientes procedentes de las dietas vegetarianas y la relación dieta-salud. Se exponen, además, datos sobre el estado nutricional de adultos que consumen dichas dietas, proponiendo recomendaciones nutricionales primordiales para prevenir deficiencias. Finalmente, se presenta la posible aplicación clínica de intervenciones controladas con dietas vegetarianas.

Palabras clave:

Dieta vegetariana.
Dieta vegana. Estado nutricional. Alimentos fortificados.
Complementos nutricionales.

Abstract

Vegetarian diets are booming and, although these diets have been linked to some health benefits, the low bioavailability of some micronutrients in plant foods may result in risk of nutritional deficiencies, which makes necessary adequate planning of these diets. In this regard, vitamin B12 deficiency in vegetarians has been evidenced and there is a consensus on the need of supplementation of this vitamin. Vitamin D deficiency may be more frequent than in omnivores, particularly during the winter, when skin synthesis is minimal. The low bioavailability of iron, zinc and selenium in vegetables can also affect nutritional status of vegetarians. Furthermore, vegetarian diets are usually deficient in polyunsaturated fatty acids of the omega-3 family, eicosapentaenoic (EPA) and docosahexaenoic (DHA) acids. On the other hand, these diets appear to provide adequate quantities of other vitamins, such as ascorbic acid, folic acid and the fat-soluble vitamins A and E.

In this review, the characteristics of the intake of macro- and micronutrients of vegetarian diets and the diet and health relationships are presented. In addition, data on nutritional status of this population are also shown and suggestions on nutritional recommendations to prevent deficiencies are given. Finally, the possible clinical application of controlled interventions with vegetarian diets is presented.

Key words:

Vegetarian diet.
Vegan diet. Nutritional status. Fortified foods.
Supplementation.

Recibido: 20/02/2019 • Aceptado: 26/04/2019

García-Maldonado E, Gallego-Narbón A, Vaquero MP. ¿Son las dietas vegetarianas nutricionalmente adecuadas? Una revisión de la evidencia científica. *Nutr Hosp* 2019;36(4):950-961

DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.02550>

Correspondencia:

M.^a Pilar Vaquero. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos y Nutrición (ICTAN-CSIC). C/José Antonio Novais 10. 28040 Madrid
e-mail: mpvaquero@ictan.csic.es

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la popularidad de las dietas vegetarianas ha aumentado considerablemente. Aunque existen multitud de variantes de estas dietas, la ovolactovegetariana y la vegana son las más comunes. La dieta ovolactovegetariana puede incluir huevos, lácteos y miel, mientras que la dieta vegana no incluye ningún alimento ni derivado de origen animal. Aunque se conoce que el seguimiento de dietas vegetarianas está en aumento en todo el mundo, no existen cifras precisas sobre la población que sigue este tipo de dietas (1). Concretamente, en España se sabe que el consumo de carne y pescado ha descendido en los últimos años, pero no se dispone de cifras reales sobre población vegetariana (2).

La Asociación Dietética Americana afirma que las dietas vegetarianas convenientemente planificadas son saludables, nutricionalmente adecuadas y que pueden ser beneficiosas para la prevención y el tratamiento de algunas enfermedades como la diabetes tipo 2, ciertos tipos de cáncer, la hipertensión, la cardiopatía isquémica y la obesidad (3). Sin embargo, este tipo de dietas pueden ser deficitarias en ciertos nutrientes como la vitamina B12, la vitamina D3, los ácidos grasos poliinsaturados (AGPs) omega-3 (n-3), el hierro y el zinc (4).

Dado que los estudios científicos sobre dietas vegetarianas son escasos, el objetivo de esta revisión fue profundizar en el conocimiento sobre la valoración del estado nutricional en vegetarianos teniendo en consideración la ingesta de los distintos macronutrientes y micronutrientes. Para ello, se ha llevado a cabo una búsqueda de la literatura más relevante existente sobre dietas vegetarianas y estado nutricional priorizando los artículos publicados entre los años 2000 y 2019. Se utilizaron principalmente las bases de datos PubMed y Google Scholar. Además, se realizó una búsqueda secundaria a través de las referencias incluidas en los artículos y libros encontrados. Se incluyen referencias en inglés y español.

Esto permitirá la difusión de información científica precisa y el avance en investigación sobre las dietas vegetarianas, facilitando futuros estudios en vegetarianos españoles así como el diseño de complementos nutricionales o alimentos funcionales y su implicación en el estado nutricional y en la salud.

INGESTA DE ENERGÍA Y PERFIL CALÓRICO

En algunos estudios se ha observado que la ingesta energética en vegetarianos es menor que en omnívoros (5,6), aunque no se aprecia esta diferencia en otros (7). Tanto en hombres como en mujeres vegetarianos se ha observado que el índice de masa corporal (IMC) es significativamente inferior al de los omnívoros, sobre todo en veganos (8).

En relación al perfil calórico, el mayor porcentaje energético se obtiene a partir de los carbohidratos, que aportan aproximadamente el 52% de la energía total en dietas ovolactovegetarianas y el 55% en dietas veganas (8). La contribución energética de las proteínas es menor en vegetarianos que en omnívoros (7), aportando aproximadamente un 13% del total de la energía (8), al igual que la ingesta de grasa total, que se ha estimado en un 30% (9). Generalmente,

el porcentaje de energía procedente de ácidos grasos saturados (AGS) es bajo en dietas vegetarianas, siendo en las dietas veganas aproximadamente un tercio menor que en dietas omnívoras (6).

MACRONUTRIENTES

LÍPIDOS

Las dietas vegetarianas se asocian generalmente a niveles bajos de lípidos totales en plasma. Se ha observado que en vegetarianos las concentraciones de colesterol total, colesterol-LDL y colesterol-HDL son más bajas que en omnívoros, pero no se han encontrado diferencias en la concentración de triglicéridos (10). Como se ha comentado anteriormente, los AGS en dietas vegetarianas suelen estar en menor proporción que en dietas omnívoras. Sin embargo, la ingesta de AGPs es más elevada, hasta un 45% más alta que en otras dietas (11).

Existen dos AGPs esenciales: el ácido linoleico (LA), perteneciente a la familia de ácidos grasos omega-6 (n-6) y precursor del ácido araquidónico (AA), y el ácido α -linolénico (ALA), perteneciente a la familia n-3 y precursor de los ácidos eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA) (12). Como puede observarse en la figura 1, las rutas metabólicas del LA y del ALA comparten las mismas enzimas. En dietas vegetarianas predomina la ingesta de AGPs pertenecientes a la serie n-6 y es deficitaria la ingesta de n-3, lo que afecta a la síntesis de EPA y DHA. Por tanto, esto puede ser un inconveniente para la salud ya que ambos tienen un papel importante en las funciones neurológicas, cardiovasculares y cognitivas, entre otras (12,13).

Numerosos estudios han demostrado que la ingesta y la concentración en plasma de EPA y DHA en ovolactovegetarianos y veganos son menores que en omnívoros (7,14), ya que las principales fuentes alimentarias son los pescados grasos y sus derivados. Algunos productos lácteos y huevos fortificados contienen pequeñas cantidades de DHA (0,02-0,3 g/porción) que pueden ser las únicas fuentes de este ácido graso en vegetarianos que consumen estos alimentos (15). Se ha observado que los niveles plasmáticos de DHA disminuyen conforme aumenta el tiempo de seguimiento de una dieta vegetariana, lo que sugiere una baja conversión de ALA a DHA, que se ha estimado en un 5-7% (15).

Desde un punto de vista dietético, sería posible maximizar la conversión de ALA a EPA y DHA combinando un aumento en la ingesta de ALA y una disminución en la de LA, logrando el equilibrio óptimo entre los AGPs n-3/n-6 (16). La ingesta de ALA en vegetarianos puede aumentarse mediante el consumo de semillas de lino, semillas de chía o microalgas. Otra opción metabólicamente más eficaz sería administrar una fuente directa de estos ácidos grasos de cadena larga mediante un complemento alimenticio de procedencia vegetal (17).

PROTEÍNAS

La digestibilidad de algunas proteínas vegetales, como es el caso de la soja, es similar a la de la proteína del huevo, considera-

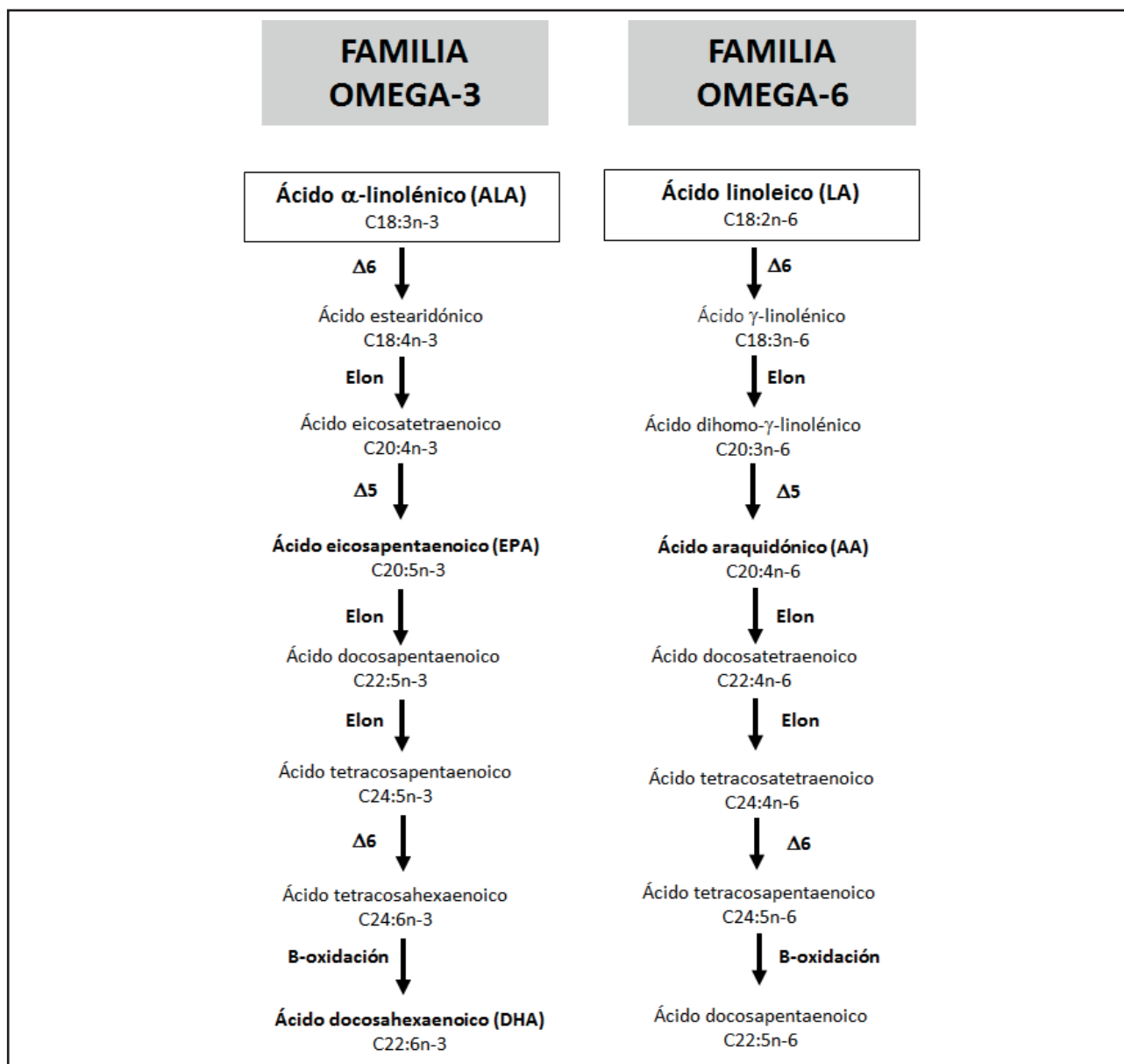


Figura 1.

Biosíntesis de los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga en el ser humano ($\Delta 6$: desaturasa $\Delta 6$; $\Delta 5$: desaturasa $\Delta 5$; Elon: elongasa).

do el alimento con las proteínas de mayor valor biológico (18). Sin embargo, la existencia de antinutrientes en los vegetales, como los fitatos y los taninos, puede dificultar la absorción proteica. Al estudiar la ingesta dietética en vegetarianos se ha observado que el consumo de proteínas, particularmente de los aminoácidos lisina y metionina, es menor que en omnívoros (5,7,8,19). No obstante, se considera que una dieta vegetariana bien planificada en la que se combinan alimentos con diferentes aminoácidos y cuya ingesta de energía es adecuada no supone un déficit proteico (20). La ingesta combinada de proteínas a lo largo del día, y no necesariamente en la misma comida, es suficiente para obtener todos los aminoácidos esenciales (3).

CARBOHIDRATOS

En las dietas vegetarianas, sobre todo en las veganas, los carbohidratos representan el mayor aporte energético, incluso superior al de las dietas omnívoras (6,7). Asimismo, el consumo de cereales de grano entero es superior que en las dietas omnívoras (9) y en cuanto a los azúcares, no existe una diferencia significativa en la cantidad consumida al comparar vegetarianos y omnívoros. Sin embargo, cabe destacar que en el caso de los vegetarianos estos azúcares provienen mayoritariamente de frutas, y no de azúcares añadidos a los alimentos (4), lo que implica la ingesta de otros constituyentes de las frutas que pueden tener beneficios para la salud.

La fibra dietética, presente únicamente en alimentos de origen vegetal, es de especial interés por sus propiedades beneficiosas, relacionándose con la prevención de diversas enfermedades como la diabetes, enfermedades del tracto digestivo, obesidad, enfermedades cardiovasculares, la reducción del tránsito intestinal y la estimulación de los microorganismos beneficiosos de la microbiota, entre otras (21,22). Generalmente, su contenido en dietas vegetarianas es más alto que en dietas omnívoras (5,23) e incluso puede llegar a duplicarse (9). No obstante, es necesario considerar que un consumo excesivo de fibra puede disminuir la biodisponibilidad de otros nutrientes como el calcio, el hierro, el cobre y el zinc (24,25). El riesgo de deficiencia de estos minerales es elevado en personas vegetarianas con dietas inadecuadamente diseñadas, lo que, combinado con una elevada ingesta de fibra, puede conllevar un déficit nutricional.

MICRONUTRIENTES

VITAMINAS

Vitaminas B12, B6 y ácido fólico

El metabolismo de la vitamina B12 está estrechamente relacionado con el de la vitamina B6 y el folato, como puede observarse en la figura 2. La vitamina B12 interviene como cofactor en la conversión de la homocisteína (Hcy) en metionina y en la producción de succinil-CoA a partir de metilmalonil-CoA, la forma

activa del ácido metilmalónico (MMA). Así, ante insuficiencias de vitamina B12 en los tejidos, el MMA y la Hcy en suero se incrementan, por lo que se consideran marcadores tempranos del déficit de esta vitamina.

La vitamina B12, que es sintetizada exclusivamente por microorganismos, puede ingerirse a través de los alimentos de origen animal. Los animales ingieren la vitamina a través del pasto, donde habitan las bacterias sintetizadoras, o de pienso enriquecido (26). En cambio, solo algunas variedades de algas y hongos tienen vitamina B12 y por tanto, la ingesta en vegetarianos puede ser insuficiente. Aunque la concentración plasmática de vitamina B12 puede encontrarse en niveles adecuados, se han observado valores elevados de MMA y Hcy en suero tanto en ovolactovegetarianos como en veganos (27). En el primer estudio realizado en España sobre el estado de la vitamina B12 en esta población se han detectado deficiencias en ambos grupos (27). Asimismo, se observó que aquellos individuos que consumían complementos de vitamina B12 presentaron menor concentración de MMA y mayor concentración sérica de vitamina B12 que los no suplementados. Esto reafirma la necesidad de la suplementación tanto en ovolactovegetarianos como en veganos (26,27).

La vitamina B12, al ser cofactor de la enzima metionina sintasa (Fig. 2), participa en el ciclo del folato, en la formación de tetrahidrofolato (THF) a partir de 5-metiltetrahidrofolato (5-MTHF) y en el ciclo de la metionina en la conversión de Hcy a metionina. En consecuencia, la deficiencia de folato, al igual que la deficiencia de vitamina B12, puede dar lugar a hiperhomocisteinemia, que se considera un factor de riesgo de enfermedad cardiovascular. Los vegetales son la principal fuente alimentaria de folato y, en consecuencia, en las

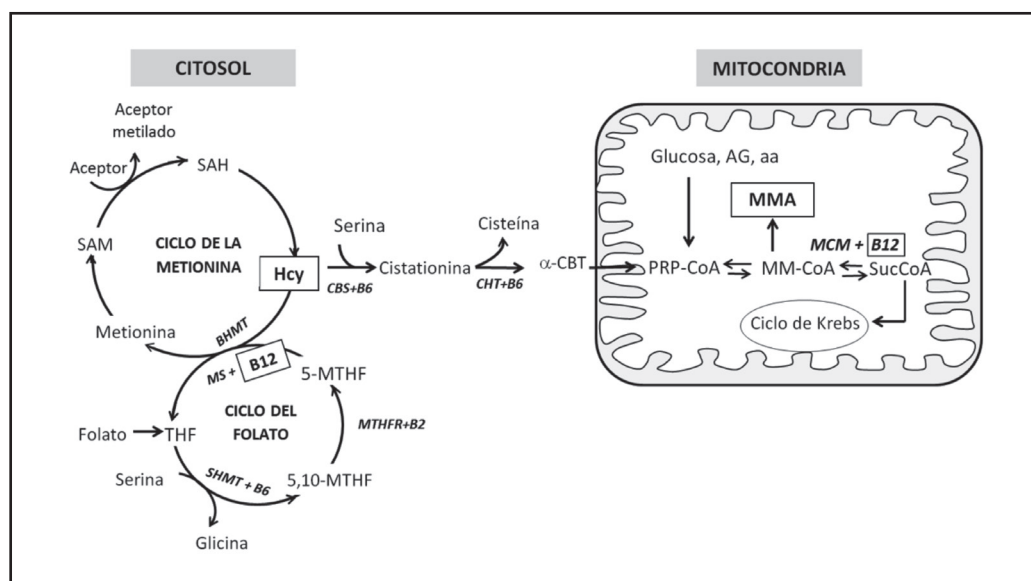


Figura 2.

Metabolismo de la vitamina B12 y del folato. Se muestran subrayados los principales marcadores del estado de la vitamina B12. α -CBT: α -cetobutirato; aa: aminoácidos; AG: ácidos grasos; Hcy: homocisteína; 5-MTHF: 5-metiltetrahidrofolato; 5,10-MTHF: 5,10-metiltetrahidrofolato; MM-CoA: metilmalonil-CoA; PRP-CoA: propionil-CoA; SAH: S-adenosil-homocisteína; SAM: S-adenosil-metionina; BHMT: betaína-homocisteína S-metiltransferasa; CBS: cistionina- β -sintasa; CHT: cistionasa; MCM: metilmalonil-CoA mutasa; MS: metionina sintasa; MTHFR: metiltetrahidrofolato reductasa; SHMT: serina hidroximetiltransferasa; SucCoA: succinil-CoA; B2: vitamina B2; B6: vitamina B6; B12: vitamina B12.

dietas vegetarianas generalmente su ingesta es elevada (28,29). Una dieta rica en folatos puede reducir los niveles de Hcy en sangre enmascarando la deficiencia temprana de vitamina B12 y haciendo evidente esta carencia mediante signos neurológicos cuando el déficit es más severo, lo cual puede causar neuropatías, demencia o atrofia de los nervios ópticos, entre otros problemas de salud (26). Por ello, la Hcy es un marcador de estado de vitamina B12 insuficiente, especialmente en vegetarianos, y se hace necesario el análisis de MMA para un diagnóstico más específico (30).

La vitamina B6 interviene en el metabolismo de la vitamina B12 como piridoxal-5-fosfato, su forma biológicamente activa, en la formación de cistationina a partir de Hcy y de 10-metiltetrahydrofolato (10-MTHF) a partir de THF (Fig. 2). Además, participa junto a la vitamina B12 en la remetilación de Hcy a metionina. Esta vitamina, al estar involucrada en el metabolismo de la Hcy, también puede causar hiperhomocisteinemia. Existe cierta controversia sobre la relación

entre las dietas vegetarianas y el estado de la vitamina B6. Algunos autores han encontrado un consumo mayor de esta vitamina en vegetarianos que en omnívoros (28,29), aunque en otros estudios no se han observado diferencias (31). Sin embargo, aunque la ingesta se encuentra en el rango de cantidad diaria recomendada, se ha detectado que los vegetarianos tienen bajas concentraciones plasmáticas de piridoxal-5-fosfato (28,29,31), pero este marcador aisladamente no informa sobre una deficiencia funcional. Altas cantidades de fibra pueden reducir la biodisponibilidad de esta vitamina, por lo que se trata de un factor a tener en cuenta en dietas vegetarianas (31).

Vitamina D

El ser humano puede obtener la vitamina D a través de la incidencia de la radiación solar en la piel o mediante la dieta (Fig. 3).

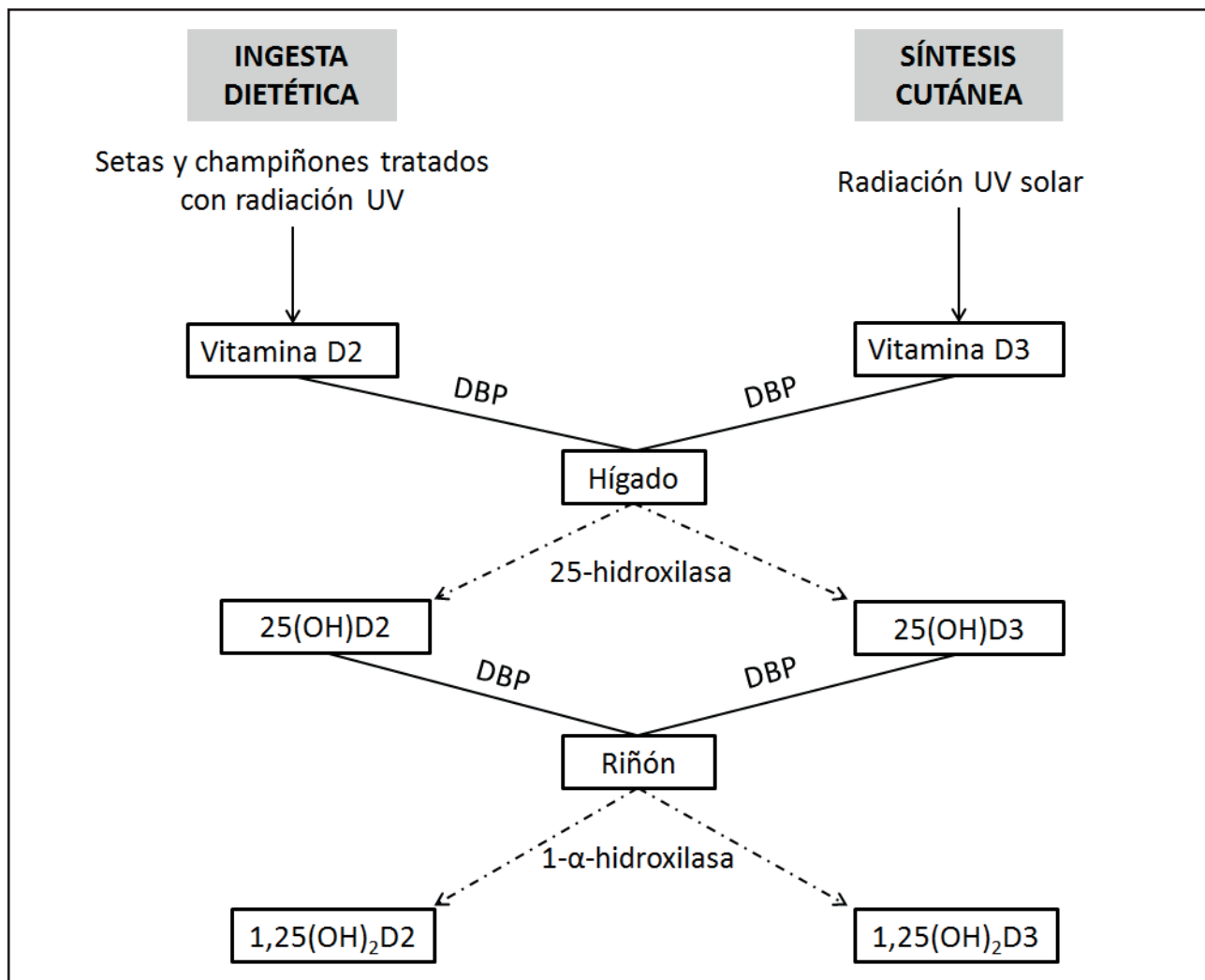


Figura 3.

Metabolismo de la vitamina D en vegetarianos. Se muestran las dos vías de obtención de vitamina D: la dieta y la síntesis cutánea (DBP: proteína transportadora específica de vitamina D).

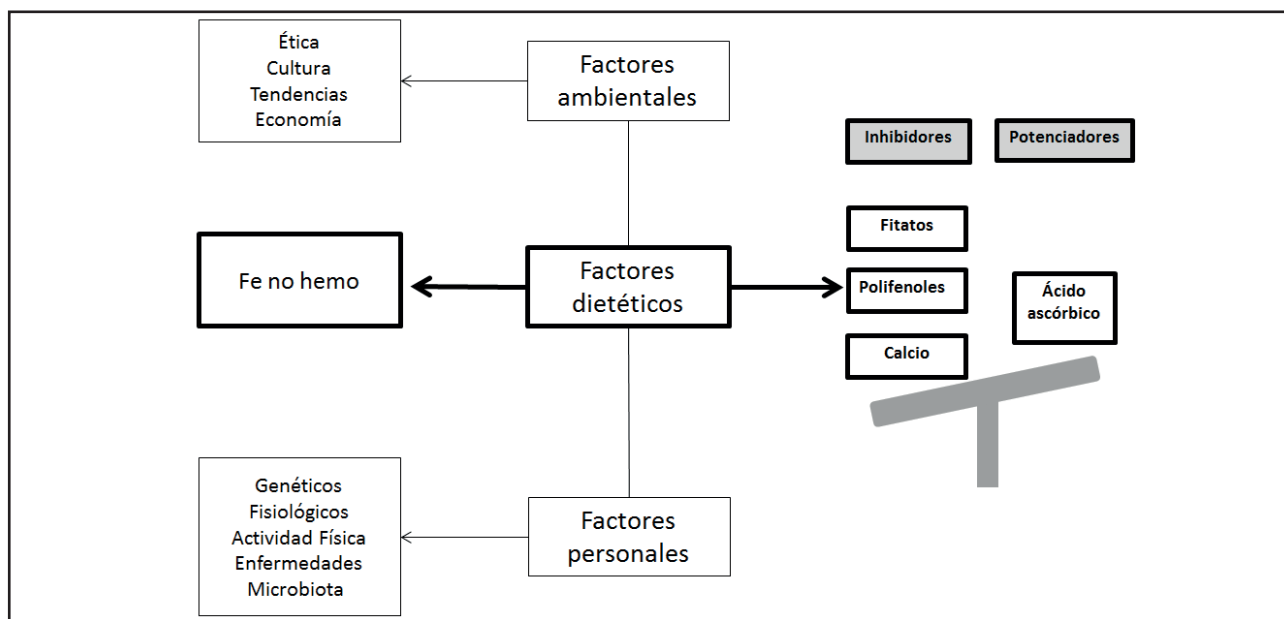


Figura 4.

Factores que condicionan la biodisponibilidad del hierro en vegetarianos, destacando los factores dietéticos..

La síntesis cutánea es la vía principal de obtención de esta vitamina, lo que ocurre mediante la activación por radiación ultravioleta del precursor 7-deidrocolesterol presente en la piel, que posteriormente es transformado a vitamina D3 o calciferol. A través de la dieta se puede obtener en forma de D3, de origen animal, o de D2 (ergocalciferol) presente en algunos vegetales (32). Tanto la forma D2 como la forma D3 se transportan unidas a la proteína transportadora específica de vitamina D (DBP) hasta el hígado, donde se hidroxilan mediante la acción de la enzima 25-hidroxilasa dando lugar a 25-hidroxivitamina D2, 25(OH)D2, y 25-hidroxivitamina D3, 25(OH)D3, respectivamente (33). Normalmente, se hace referencia al 25(OH)D total, que es el marcador del estado de la vitamina, y se transporta unido a la DBP hasta el riñón, donde sufre otra hidroxilación mediante la enzima 1- α -hidroxilasa, obteniéndose 1,25-dihidroxicolecalciferol, 1,25(OH)₂D, o calcitriol. Esta es la forma activa de la vitamina D y responsable de las funciones biológicas, siendo su actividad más relevante la mineralización y regulación del remodelado óseo.

En numerosos estudios se afirma que la 25-hidroxilasa y la DBP presentan mayor afinidad por la vitamina D3 que por la D2 y, en consecuencia, la forma D3 contribuye mayoritariamente a la concentración plasmática de 25(OH)D total (33). Asimismo, la degradación de la forma D2 es mayor que la de la D3, lo que favorece también que la forma D3 sea la más activa (33).

Al comparar diferentes grupos de omnívoros, ovolactovegetarianos y veganos se observó que los veganos ingerían una menor cantidad de vitamina D a través de la dieta (6,34). La concentración plasmática de 25(OH)D total es generalmente menor en veganos, sobre todo la concentración plasmática de 25(OH)D3 (7), y existe una alta asociación entre la baja ingesta de vitamina D y el nivel plasmático de 25(OH)D (34). Sin em-

bargo, las concentraciones séricas de 25(OH)D no dependen exclusivamente de la dieta, sino que influyen también la pigmentación de la piel y la exposición solar. En situaciones en las que la síntesis cutánea de vitamina D está disminuida, por ejemplo en invierno, y al no ingerir alimentos de origen animal, puede existir mayor riesgo de déficit en vegetarianos. Con el fin de asegurar unos niveles adecuados, se aconseja la exposición solar y la ingesta de alimentos fortificados con vitamina D, como bebidas vegetales, zumos y cereales de desayuno. Si no se consume este tipo de alimentos y existe riesgo de déficit de esta vitamina, sería necesaria la suplementación diaria con 5-10 μ g de vitamina D (4).

Vitamina E

Generalmente, los vegetarianos ingieren mayor cantidad de esta vitamina que los omnívoros (11,29,35). Hay que tener en cuenta que la actividad biológica de la vitamina E en los alimentos dependerá de la variedad de los tocoferoles y tocotrienoles que se encuentren en ellos. El cociente tocoferol/colesterol permite estudiar la protección que ofrece la vitamina frente a la oxidación, ya que una parte del α -tocoferol se transporta unido a lipoproteínas de baja densidad. En vegetarianos se ha observado que este cociente es mayor que en omnívoros, lo que indica una mayor efectividad en la protección contra la oxidación de los lípidos de baja densidad en esta población (35).

Por lo tanto, el aporte de vitamina E es adecuado en dietas vegetarianas gracias al elevado consumo de alimentos ricos en esta vitamina, como son los aceites vegetales y sus derivados, el germen de trigo, los cereales y los frutos secos.

Vitamina C

Numerosos estudios muestran que las dietas vegetarianas implican el consumo de más cantidad de vitamina C que las dietas omnívoras (6,11,29), pudiendo llegar a diferenciarse la ingesta entre veganos y omnívoros en más de 20 mg diarios (6). Un aspecto importante de esta vitamina, interesante en dietas vegetarianas, es que favorece la absorción de hierro por dos mecanismos: la reducción a hierro ferroso y la formación de un quelato con el hierro en el estómago que se mantiene hasta llegar al intestino, lo que evita que este mineral interactúe con factores inhibidores de su absorción (36).

Por tanto, el aporte de vitamina C a través del consumo de vegetales es suficiente. No obstante, se trata de una vitamina lábil que puede destruirse durante el procesado y cocinado de los alimentos, por lo que es recomendable el consumo de los alimentos en crudo o con tratamientos térmicos moderados.

Vitamina A

Los retinoides, compuestos estructuralmente relacionados con el retinol (considerado la vitamina A preformada), solo se encuentran en alimentos de origen animal (37). Como consecuencia, algunos estudios afirman que los vegetarianos ingieren menor cantidad de vitamina A como retinol que los omnívoros (23,29). En cuanto al β -caroteno, considerado el carotenoide más importante, se ha observado que los veganos tienen mayor concentración plasmática que los omnívoros (3,35). Este puede metabolizarse dando lugar a retinoides y se considera que es suficiente para la obtención de retinol.

En conclusión, las dietas vegetarianas adecuadamente planificadas no parecen suponer un problema en el aporte de vitamina A debido a la conversión de los carotenoides. Con el fin de mejorar la biodisponibilidad de los carotenoides y aumentar su conversión, sería recomendable cocinar los alimentos mediante un tratamiento térmico moderado, puesto que así se desprende de las proteínas a las que está unido, e incluir alimentos con elevado contenido en vitamina E y otros antioxidantes que protegen la vitamina A, además de pequeñas cantidades de grasa en las comidas. También puede incrementarse su biodisponibilidad mediante el corte y la trituración de los vegetales (3).

MINERALES

Hierro

Múltiples factores (Fig. 4) están implicados en la biodisponibilidad del hierro desde la ingesta hasta su utilización metabólica o almacenamiento en el organismo (36). El hierro hemo, cuya absorción es más eficaz que la del hierro no hemo, solo se encuentra en alimentos de origen animal (38,39). La biodisponibilidad del hierro no hemo está influenciada por factores dietéticos inhibidores y potenciadores de su absorción, siendo el ácido ascórbico

el principal potenciador en dietas vegetarianas. Actúa formando un quelato con el hierro e impidiendo que otros componentes alimentarios se unan a este. Además, el ácido ascórbico es cofactor de la enzima Dcytb, que tiene actividad ferroreductasa y cuya expresión está aumentada en situaciones de deficiencia de hierro e hipoxia. Por otra parte, los inhibidores de la absorción del hierro no hemo se encuentran principalmente en los alimentos de origen vegetal, siendo los mayoritarios los fitatos, presentes en cereales de grano entero y legumbres, y los polifenoles, que se pueden encontrar en el té o el cacao, entre otros. El calcio es un inhibidor de la absorción tanto del hierro hemo como del no hemo, debido a su interacción con el transportador DMT-1, como se ha observado en estudios con modelos *in vitro* que simulan la captación de Fe^{2+} por el enterocito (36).

Los vegetarianos obtienen hierro no hemo de diversas fuentes vegetales, como las legumbres, los cereales integrales y los vegetales de hojas oscuras. Sin embargo, su menor biodisponibilidad es un factor a considerar especialmente en mujeres en edad fértil, que presentan mayor prevalencia de deficiencia de hierro que los hombres y son más propensas a sufrir anemia ferropénica, lo que se ha asociado fundamentalmente a las pérdidas menstruales (39). No obstante, es necesario tener en cuenta la cantidad de hierro total que se ingiere. En este sentido, en las dietas vegetarianas y en las omnívoras la ingesta de hierro es similar, incluso más elevada en el caso de las dietas veganas (6). Otro aspecto interesante es la posible existencia de una respuesta adaptativa que ocasiona un aumento en la absorción del hierro no hemo en vegetarianos. Por todo ello, es posible que el estado de hierro sea adecuado y no exista mayor riesgo de anemia (40).

En conclusión, con el fin de prevenir la deficiencia de hierro en vegetarianos, se recomienda separar la ingesta de productos ricos en polifenoles, como café y té, de las comidas principales (41). Además, para aumentar su biodisponibilidad es aconsejable consumir conjuntamente alimentos vegetales ricos en hierro y alimentos ricos en vitamina C.

Calcio

Los lácteos se consideran las principales fuentes de calcio en la dieta, aunque algunos alimentos vegetales también son ricos en este mineral (42). En la biodisponibilidad del calcio procedente de los alimentos intervienen variables fisiológicas, como la edad, el embarazo y la lactancia, y variables dietéticas, entre las que se incluyen aquellos compuestos que inhiben o promueven la absorción (43). Los fitatos y los oxalatos son los inhibidores de la absorción de calcio más destacados en alimentos vegetales (3). El procesado, la cocción y la digestión de los alimentos pueden disminuir este efecto inhibidor. En dietas vegetarianas, sobre todo veganas, es necesario tener en cuenta estos factores y escoger aquellos vegetales con bajo contenido en ácido oxálico y otras fuentes alimentarias de calcio, como la soja y sus derivados elaborados con sales cálcicas (3).

La relación entre dietas vegetarianas y salud ósea es un tema de interés que se ha analizado mediante distintos estudios. Se

ha observado que las personas que siguen una dieta vegetariana ingieren menor cantidad de calcio que aquellas que consumen alimentos de origen animal (11,34). La ingesta de calcio en vegetarianos puede ser hasta un 25% menor que en omnívoros y procede fundamentalmente de bebidas sustitutivas de leche fortificadas con este mineral (6). En un estudio realizado en Dinamarca en el cual comparaban veganos y omnívoros, se observó que los veganos presentaban la concentración plasmática de PTH elevada y la de 25(OH)D disminuida, lo que se relaciona con un aumento de la resorción ósea (44). Sin embargo, no se ha considerado que las dietas vegetarianas se asocien con menor densidad mineral ósea, en parte porque los estudios disponibles se han realizado en jóvenes (45) y por la influencia de otros factores dietéticos y la actividad física. No obstante, es recomendable seleccionar alimentos vegetales con calcio de elevada biodisponibilidad e ingerir alimentos fortificados con este mineral para el mantenimiento de la salud ósea en vegetarianos.

Zinc

El zinc está presente tanto en alimentos de origen animal como vegetal. Sin embargo, el zinc en los vegetales es de baja biodisponibilidad debido a la interacción con factores inhibidores como el ácido fítico (46), cuyo efecto puede reducirse mediante el tratamiento térmico, la hidrólisis enzimática o la fermentación de los alimentos (47). Por otro lado, otros componentes que tienen los vegetales facilitan la absorción del zinc, como los aminoácidos azufrados (cisteína y metionina) y los hidroxiacidos (como el ácido cítrico). La concentración de zinc en plasma se regula mediante mecanismos homeostáticos dependiendo del estado nutricional del individuo y de la presencia en la dieta de inhibidores y potenciadores de la absorción (46). Además, existe un reservorio dietético de este mineral y cierta cantidad de zinc se reabsorbe mediante la circulación enterohepática (47).

La ingesta recomendada de zinc es un tema que genera cierta controversia entre organismos internacionales al no haber un criterio unificado para definir su deficiencia. En dietas vegetarianas inadecuadamente diseñadas puede existir riesgo de deficiencia de zinc, debido a la ausencia de fuentes dietéticas de procedencia animal y al elevado consumo de vegetales que contienen inhibidores de la absorción de este mineral. Algunos estudios han observado una menor ingesta y concentraciones séricas bajas de zinc en vegetarianos con respecto a omnívoros (46). No obstante, la baja ingesta de zinc puede dar lugar a la reducción de las pérdidas de este mineral por orina y un incremento de la eficacia de la absorción en los tejidos (47).

Se puede concluir que las personas que siguen dietas vegetarianas tienen un riesgo de déficit de zinc superior al de los omnívoros. Para mantener un nivel adecuado de zinc en una dieta vegetariana es necesario tener en cuenta la ingesta de este mineral a través de alimentos de origen vegetal y considerar los factores inhibidores de la absorción, prestando especial atención a aquellos grupos más vulnerables a sufrir deficiencia, como los niños y las embarazadas.

Sodio

La sal añadida a los alimentos supone la principal fuente dietética de sodio. Se ha observado que los vegetarianos ingieren menor cantidad de sodio que los omnívoros (5). Sin embargo, otros autores no han encontrado esta diferencia y consideran que tanto vegetarianos como omnívoros ingieren una elevada cantidad de sal (6), superando los niveles recomendados mediante el consumo de alimentos procesados. Este es un hecho a tener en cuenta, ya que la cantidad de sodio ingerida determina la actividad del sistema renina-angiotensina-aldosterona y niveles elevados de aldosterona se asocian con hipertensión, disfunción endotelial, enfermedades cardiovasculares e insuficiencia cardíaca (48). Por tanto, debido a los problemas que puede ocasionar para la salud, es recomendable limitar la ingesta de sal añadida a los alimentos.

Selenio

Las fuentes dietéticas de selenio son aquellos alimentos con alto contenido en aminoácidos azufrados. Se hallan en forma de selenometionina y sus derivados en vegetales y en forma de selenocisteína en alimentos de origen animal (49). La absorción del selenio presente en vegetales es limitada debido a la presencia de fibra, sobre todo peptinas, y fitatos (49). Así, algunos autores han afirmado la existencia de un riesgo de déficit en vegetarianos (7,23). Es importante tener en cuenta los parámetros utilizados para medir la deficiencia de selenio. En un estudio llevado a cabo en Alemania, se observó que, en comparación con omnívoros, los vegetarianos presentaban concentraciones séricas bajas de selenio y selenoproteína P, transportadora de selenio. Sin embargo, no existían diferencias significativas entre estos grupos al comparar la actividad de la glutatión peroxidasa 3, que puede verse afectada ante un déficit de selenio ya que actúa como cofactor de esta enzima (50).

Por lo tanto, las dietas vegetarianas pueden implicar un riesgo más elevado de déficit de selenio que las dietas omnívoras debido a la escasez en la dieta de selenocisteína. Sería conveniente disminuir la ingesta de inhibidores de la absorción de selenio con el fin de aumentar su biodisponibilidad. Es preciso investigar con mayor profundidad la relación de las dietas vegetarianas y el selenio con el fin de plantear unas pautas dietéticas adecuadas.

Yodo

En los alimentos, el yodo se encuentra mayoritariamente en forma de yoduro, que está presente en cantidades más elevadas en animales marinos y en algas. La cantidad de yodo presente en vegetales está altamente influenciada por la capacidad de estos para absorber dicho mineral y por la composición del suelo (51). El consumo de huevos y productos lácteos también puede contribuir al aporte dietético de yodo, dependiendo de la alimentación del animal. El empleo de sal yodada como condimento es una fuente importante de yodo en países industrializados (52).

Respecto a los estudios realizados sobre la ingesta de yodo en vegetarianos, se ha observado que estos consumen menor cantidad de dicho micronutriente (6,7) y presentan menor concentración en orina que los omnívoros (29). En España no existen datos sobre la ingesta de yodo en vegetarianos, aunque se conoce que en población general el uso de sal yodada contribuye a mantener unos niveles adecuados de este mineral en el organismo. Sin embargo, el consumo elevado de algas o alimentos con alto contenido en compuestos biocógenos, junto con baja ingesta de yodo, podría implicar problemas de salud en vegetarianos.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS

En la presente revisión, se han examinado distintos estudios relacionados con el estado nutricional en vegetarianos. Las investigaciones sobre el estado nutricional de esta población que utilizan biomarcadores son limitadas y los conocimientos sobre vegetarianos españoles son aún escasos. En la revisión se presentan diferentes nutrientes considerados relevantes en dietas vegetarianas, bien por su posible riesgo de deficiencia o por ingesta adecuada. La tabla I resume los nutrientes y sus principales características en dietas vegetarianas. Hay que prestar especial consideración a aquellos nutrientes que fundamentalmente se obtienen mediante alimentos de origen animal (como la vitamina B12 y el DHA) o a aquellos que presentan menor biodisponibilidad en alimentos vegetales (como el hierro o el zinc).

Las dietas vegetarianas implican generalmente unos hábitos alimentarios considerados saludables debido al elevado consumo de frutas, verduras y hortalizas, legumbres y frutos secos. Por ello, es habitual que los vegetarianos, en comparación con omnívoros, presenten menores factores de riesgo relacionados

con enfermedades crónicas como el IMC elevado, un inadecuado perfil lipídico o elevado nivel de glucosa en sangre. Con esta premisa, las dietas vegetarianas se han utilizado en estudios de intervención con el fin de prevenir o tratar algunas enfermedades. Se han llevado a cabo investigaciones sobre los efectos beneficiosos en el tratamiento de la diabetes tipo 2 tras el seguimiento de una dieta vegetariana baja en grasa con resultados positivos (53). Se observó la disminución del colesterol total, el LDL-colesterol y los triglicéridos, además de una disminución de peso, tras el cambio hacia una dieta vegetariana (53). Asimismo, en un estudio de intervención con dieta vegetariana en omnívoros sanos se observó una mejora en la resistencia a la insulina y los niveles de glucosa en sangre y una disminución de los triglicéridos y la relación colesterol total/HDL-colesterol en los primeros días del ensayo (54).

Por consiguiente, las dietas vegetarianas bien planificadas podrían tener un efecto beneficioso en la reducción de factores de riesgo relacionados con enfermedades crónicas. Además, el seguimiento de este tipo de dietas por omnívoros durante un periodo determinado de tiempo podría mejorar sus hábitos dietéticos. No obstante, se considera necesario seguir investigando sobre el estado nutricional de vegetarianos y el posible uso de estas dietas con el fin de prevenir y tratar enfermedades.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a Ana Salvador el aporte de sus conocimientos sobre los ácidos grasos. E. García-Maldonado ha recibido financiación para la realización de Doctorados Industriales de la Comunidad de Madrid. A. Gallego-Narbón ha recibido una ayuda de la iniciativa de empleo juvenil del Fondo Social Europeo.

Tabla I. Nutrientes y sus principales características en dietas vegetarianas

Nutrientes	Ingesta	Estado nutricional	Recomendaciones	Referencias
Lípidos	Ingesta de AGS ↓ ↑ AGPs n-6 ↓ AGPs n-3 No ingesta EPA y DHA	Menor concentración plasmática de EPA y DHA que en omnívoros	Disminuir la ingesta de AGPs n-6 y aumentar la de AGPs n-3 Ingerir complementos de DHA y EPA	(7,10-17)
Proteínas	La ingesta de proteínas, lisina y metionina puede ser menor que en omnívoros	No se ha descrito malnutrición proteica	Combinar los aminoácidos esenciales para obtener proteína completa	(3,5,7,8,18-20)
Carbohidratos	Principal fuente energética Mayor ingesta de fibra que en omnívoros	Contribuyen a mayor % de energía que en omnívoros	Evitar un consumo excesivo de fibra que impida la absorción de minerales	(4-7,9,21-25)
Vitamina B12	Ingesta insuficiente	↑ MMA e hiperhomocisteinemia, indicadores de deficiencia subclínica de vitamina B12	Complementos de vitamina B12	(26,27)
Ácido fólico	Ingesta elevada de folato	Folato elevado Hiperhomocisteinemia	Uso de complementos solo en caso necesario (embarazadas)	(26,28-30)
Vitamina B6	No hay acuerdo sobre si la ingesta es superior o inferior que en omnívoros	Piridoxal-5-fosfato en plasma menor que en omnívoros	Controlar la ingesta de fibra, que puede reducir la biodisponibilidad de la vitamina B6	(28,29,31)
Vitamina D	Hongos irradiados con UV (D2) Síntesis cutánea (D3)	Estado de la vitamina 25(OH)D sérica menor que en omnívoros	Aumentar la exposición solar Consumir alimentos fortificados	(4,6,7,32-34)
Vitamina E	Ingesta elevada	↑ tocoferol/colesterol	Consumir alimentos ricos en vitamina E: aceites vegetales y derivados, germen de trigo, cereales y frutos secos	(11,29,35)
Vitamina C	Ingesta elevada	Niveles plasmáticos adecuados	Consumir alimentos ricos en vitamina C junto con vegetales que contienen hierro no hemo	(6,11,29,36)
Vitamina A	Ingesta de carotenoides elevada Sin ingesta de retinoides, de origen animal	Concentración más elevada de β-caroteno en plasma que en omnívoros	Tratamiento térmico moderado de los alimentos Consumir los alimentos que son fuente de carotenos con algo de grasa y antioxidantes	(3,23,29,35,37)
Hierro	Ingesta exclusiva de hierro no hemo (de baja biodisponibilidad) Inhibidores de la absorción en alimentos vegetales	Hierro corporal y almacenes de hierro, valorados por ferritina sérica, más bajos que en omnívoros	Separar la ingesta de alimentos ricos en polifenoles de las comidas principales Ingerir alimentos ricos en vitamina C con las comidas principales	(6,36,38-41)
Calcio	Menor ingesta que en omnívoros Ingesta de fitatos y oxalatos, inhibidores de la absorción	↑ PTH y marcadores de la resorción ósea por ingestas insuficientes	Elegir técnicas de procesamiento y cocción adecuadas para disminuir la presencia de inhibidores Consumir alimentos fortificados	(3,6,11,34,42-45)
Zinc	Ingesta inferior que en omnívoros Baja biodisponibilidad	Mayor riesgo de déficit que en omnívoros	Ingerir alimentos con cisteína, metionina e hidroxiácidos, que aumentan la absorción Emplear la enzima fitasa en el procesamiento de los alimentos	(46,47)

AGS: ácidos grasos saturados; AGPs: ácidos grasos poliinsaturados; n-3: omega-3; n-6: omega-6; EPA: ácido eicosapentaenoico; DHA: ácido docosahexaenoico; MMA: ácido metilmalónico; 25(OH)D: 25-hidroxivitamina D; PTH: paratohormona.

(Continúa en la página siguiente)

Tabla I (Cont.). Nutrientes y sus principales características en dietas vegetarianas

Nutrientes	Ingesta	Estado nutricional	Recomendaciones	Referencias
Sodio	Controversia sobre si la ingesta es superior o inferior que en omnívoros	Similar a omnívoros	Limitar el consumo de alimentos procesados No exceder en el uso de sal común	(5,6,48)
Selenio	Ingesta de selenio de baja biodisponibilidad	Selenio y selenoproteína P menores que en omnívoros	Limitar el consumo de fibra y fitatos, que inhiben la absorción	(7,23,49,50)
Yodo	Menor ingesta que en omnívoros	Menor concentración en orina que en omnívoros	Limitar el consumo excesivo de algas y alimentos con alto contenido en compuestos bociógenos Uso de sal yodada	(6,7,29,51,52)

AGS: ácidos grasos saturados; AGPs: ácidos grasos poliinsaturados; n-3: omega-3; n-6: omega-6; EPA: ácido eicosapentaenoico; DHA: ácido docosahexaenoico; MMA: ácido metilmalónico; 25(OH)D: 25-hidroxivitamina D; PTH: paratormona.

BIBLIOGRAFÍA

- Leahy E, Lyons S, Tol R. An estimate of the number of vegetarians in the world. ESRI Working Paper no. 340; 2010.
- Informe del Consumo de Alimentación en España 2017. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación; 2018. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/images/es/informeannualdeconsumoalimentario2017_tcm30-456186.pdf
- Melina V, Craig W, Levin S. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: vegetarian diets. J Acad Nutr Diet 2016;116(12):1970-80. DOI: 10.1016/j.jand.2016.09.025
- Craig WJ. Health effects of vegan diets. Am J Clin Nutr 2009;89(5):1627s-33s. DOI: 10.3945/ajcn.2009.26736N
- Clarys P, Deliens T, Huybrechts I, Deriemaeker P, Vanaelst B, De Keyser W, et al. Comparison of nutritional quality of the vegan, vegetarian, semi-vegetarian, pesco-vegetarian and omnivorous diet. Nutrients 2014;6(3):1318-32. DOI: 10.3390/nu6031318.
- Sobiecki JG, Appleby PN, Bradbury KE, Key TJ. High compliance with dietary recommendations in a cohort of meat eaters, fish eaters, vegetarians, and vegans: results from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition-Oxford study. Nutr Res 2016;36(5):464-77. DOI: 10.1016/j.nutres.2015.12.016
- Elorinne AL, Alfthan G, Erlund I, Kivimäki H, Paju A, Salminen I, et al. Food and nutrient intake and nutritional status of Finnish vegans and non-vegetarians. PLoS One 2016;11(2):e0148235. DOI: 10.1371/journal.pone.0148235
- Spencer EA, Appleby PN, Davey GK, Key TJ. Diet and body mass index in 38000 EPIC-Oxford meat-eaters, fish-eaters, vegetarians and vegans. Int J Obes Relat Metab Disord 2003;27(6):728-34. DOI: 10.1038/sj.ijo.0802300
- Clarys P, Deriemaeker P, Huybrechts I, Hebbelink M, Mullie P. Dietary pattern analysis: a comparison between matched vegetarian and omnivorous subjects. Nutr J 2013;12:82.
- Yokoyama Y, Levin SM, Barnard ND. Association between plant-based diets and plasma lipids: a systematic review and meta-analysis. Nutr Rev 2017;75(9):683-98.
- Davey GK, Spencer EA, Appleby PN, Allen NE, Knox KH, Key TJ. EPIC-Oxford: lifestyle characteristics and nutrient intakes in a cohort of 33883 meat-eaters and 31546 non meat-eaters in the UK. Public Health Nutr 2003;6(3):259-69. DOI: 10.1079/phn2002430
- Zarate R, El Jaber-Vazdekis N, Tejera N, Pérez JA, Rodríguez C. Significance of long chain polyunsaturated fatty acids in human health. Clin Transl Med 2017;6(1):25. DOI: 10.1186/s40169-017-0153-6
- Sanders TA. Plant compared with marine n-3 fatty acid effects on cardiovascular risk factors and outcomes: what is the verdict? Am J Clin Nutr 2014;100(Suppl 1):453s-8s. DOI: 10.3945/ajcn.113.071555
- Burdge GC, Tan S-Y, Henry CJ. Long-chain n-3 PUFA in vegetarian women: a metabolic perspective. J Nutr Sci 2017;6:e58. DOI:10.1017/jns.2017.62
- Burns-Whitmore B, Haddad E, Sabate J, Rajaram S. Effects of supplementing n-3 fatty acid enriched eggs and walnuts on cardiovascular disease risk markers in healthy free-living lacto-ovo-vegetarians: a randomized, crossover, free-living intervention study. Nutr J 2014;13:29. DOI: 10.1186/1475-2891-13-29
- Wood KE, Mantzioris E, Gibson RA, Ramsden CE, Muhlhauser BS. The effect of modifying dietary LA and ALA intakes on omega-3 long chain polyunsaturated fatty acid (n-3 LCPUFA) status in human adults: a systematic review and commentary. Prostag Leukotr Ess 2015;95:47-55. DOI: 10.1016/j.plefa.2015.01.001
- Davis BC, Kris-Etherton PM. Achieving optimal essential fatty acid status in vegetarians: current knowledge and practical implications. Am J Clin Nutr 2003;78(3 Suppl):640s-6s. DOI:10.1093/ajcn/78.3.640S
- Hughes GJ, Ryan DJ, Mukherjee R, Schasteen CS. Protein digestibility-corrected amino acid scores (PDCAAS) for soy protein isolates and concentrate: criteria for evaluation. J Agric Food Chem 2011;59(23):12707-12. DOI: 10.1021/jf203220v
- Schmidt JA, Rinaldi S, Scalbert A, Ferrari P, Achaintre D, Gunter MJ, et al. Plasma concentrations and intakes of amino acids in male meat-eaters, fish-eaters, vegetarians and vegans: a cross-sectional analysis in the EPIC-Oxford cohort. Eur J Clin Nutr 2016;70(3):306-12. DOI: 10.1038/ejcn.2015.144
- Agnoli C, Baroni L, Bertini I, Ciappellano S, Fabbri A, Papa M, et al. Position paper on vegetarian diets from the working group of the Italian Society of Human Nutrition. Nutr Metab Cardiovasc Dis 2017;27(12):1037-52. DOI: 10.1016/j.numecd.2017.10.020
- Kalala G, Kambashi B, Everaert N, Beckers Y, Richel A, Pachikian B, et al. Characterization of fructans and dietary fibre profiles in raw and steamed vegetables. Int J Food Sci Nutr 2018;69(6):682-9. DOI: 10.1080/09637486.2017.1412404
- Sánchez-Muniz FJ. Dietary fibre and cardiovascular health. Nutr Hosp 2012;27(1):31-45. DOI: 10.1590/s0212-16112012000100005
- Kristensen NB, Madsen ML, Hansen TH, Allin KH, Hoppe C, Fagt S, et al. Intake of macro- and micronutrients in Danish vegans. Nutr J 2015;14:115. DOI: 10.1186/s12937-015-0103-3
- Escudero Álvarez E, González Sánchez P. La fibra dietética. Nutr Hosp 2006;21(2):61-72.
- Warrilow A, Mellor D, McKune A, Pumpa K. Dietary fat, fibre, satiation, and satiety - A systematic review of acute studies. Eur J Clin Nutr 2018. DOI: 10.1038/s41430-018-0295-7
- Rizzo G, Laganà AS, Rapisarda AMC, La Ferrera GMG, Buscema M, Rossetti P, et al. Vitamin B12 among vegetarians: status, assessment and supplementation. Nutrients 2016;8(12):767. DOI: 10.3390/nu8120767
- Gallego-Narbón A, Zapatera B, Álvarez I, Vaquero MP. Methylmalonic acid levels and their relation with cobalamin supplementation in Spanish vegetarians. Plant Foods Hum Nutr 2018;73(3):166-71. DOI: 10.1007/s11130-018-0677-y
- Majchrzak D, Singer I, Manner M, Rust P, Genser D, Wagner KH, et al. B-vitamin status and concentrations of homocysteine in Austrian omnivores, vegetarians and vegans. Ann Nutr Metab 2006;50(6):485-91. DOI: 10.1159/000095828
- Schubach R, Wegmuller 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):283-93. DOI: 10.1007/s00394-015-1079-7

30. Gallego-Narbón A, Zapatera B, Vaquero MP. Vitamin B12 and folate status in Spanish lacto-ovo vegetarians and vegans. *J Nutr Sci* 2019. DOI: 10.1017/jns.2019.2
31. Huang YC, Chang SJ, Chiu YT, Chang HH, Cheng CH. The status of plasma homocysteine and related B-vitamins in healthy young vegetarians and nonvegetarians. *Eur J Nutr* 2003;42(2):84-90. DOI: 10.1007/s00394-003-0387-5
32. Cardwell G, Bornman JF, James AP, Black LJ. A review of mushrooms as a potential source of dietary vitamin D. *Nutrients* 2018;10(10):1498. DOI: 10.3390/nu10101498
33. Wilson LR, Tripkovic L, Hart KH, Lanham-New SA. Vitamin D deficiency as a public health issue: using vitamin D2 or vitamin D3 in future fortification strategies. *Proc Nutr Soc* 2017;76(3):392-9. DOI: 10.1017/S0029665117000349
34. Crowe FL, Steur M, Allen NE, Appleby PN, Travis RC, Key TJ. Plasma concentrations of 25-hydroxyvitamin D in meat eaters, fish eaters, vegetarians and vegans: results from the EPIC-Oxford study. *Public Health Nutr* 2011;14(2):340-6. DOI: 10.1017/s1368980010002454
35. Rauma AL, Mykkanen H. Antioxidant status in vegetarians versus omnivores. *Nutrition* 2000;16(2):111-9.
36. Blanco-Rojo R, Vaquero MP. Iron bioavailability from food fortification to precision nutrition. A review. *Innov Food Sci Emerg Technol* 2019;51:126-38. DOI: 10.1016/j.ifset.2018.04.015
37. Brossaud J, Pallet V, Corcuff JB. Vitamin A, endocrine tissues and hormones: interplay and interactions. *Endocrine Connect* 2017;6(7):R121-r30. DOI: 10.1530/ec-17-0101
38. Vaquero MP, García-Quismondo Á, Cañizo FJD, Sánchez-Muniz F J, Kumar A. Iron status biomarkers and cardiovascular risk. *Recent Trends Cardiovasc Risks* 2017;6:97-117. DOI: 10.5772/intechopen.69040
39. Blanco-Rojo R, Toxqui L, López-Parra AM, Baeza-Richer C, Pérez-Granados AM, Arroyo-Pardo E, et al. Influence of diet, menstruation and genetic factors on iron status: a cross-sectional study in Spanish women of childbearing age. *Int J Mol Sci* 2014;15(3):4077-87. DOI: 10.3390/ijms15034077
40. 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):1359-74. DOI: 10.1080/10408398.2016.1259210
41. Toxqui L, De Piero A, Courtois V, Bastida S, Sánchez-Muniz FJ, Vaquero MP. Deficiencia y sobrecarga de hierro: implicaciones en el estado oxidativo y la salud cardiovascular. *Nutr Hosp* 2010;25(3):350-65.
42. Martínez de Victoria E. El calcio, esencial para la salud. *Nutr Hosp* 2016;33:26-31.
43. Theobald HE. Dietary calcium and health. *Nutr Bull* 2005;30(3):237-77. DOI: 10.1111/j.1467-3010.2005.00514.x
44. Ansen TH, Madsen MTB, Jorgensen NR, Cohen AS, Hansen T, Vestergaard H, et al. Bone turnover, calcium homeostasis, and vitamin D status in Danish vegans. *Eur J Clin Nutr* 2018;72(7):1046-54. DOI: 10.1038/s41430-017-0081-y
45. Knurick JR, Johnston CS, Wherry SJ, Aguayo I. Comparison of correlates of bone mineral density in individuals adhering to lacto-ovo, vegan, or omnivore diets: a cross-sectional investigation. *Nutrients* 2015;7(5):3416-26. DOI: 10.3390/nu7053416
46. Foster M, Samman S. Chapter three - Vegetarian diets across the lifecycle: impact on zinc intake and status. En: Henry J, ed. *Advances in Food and Nutrition Research*. Academic Press; 2015. pp. 93-131.
47. Saunders AV, Craig WJ, Baines SK. Zinc and vegetarian diets. *Med J Aust* 2013;199(4 Suppl):S17-21.
48. Toxqui L, Vaquero MP. Aldosterone changes after consumption of a sodium-bicarbonated mineral water in humans. A four-way randomized controlled trial. *Physiol Biochem* 2016;72(4):635-41. DOI: 10.1007/s13105-016-0502-8
49. Letsiou S, Nomikos T, Panagiotakos D, Pergantis SA, Fragopoulou E, Antonopoulou S, et al. Dietary habits of Greek adults and serum total selenium concentration: the ATTICA study. *Eur J Nutr* 2010;49(8):465-72. DOI: 10.1007/s00394-010-0105-z
50. Hoefflich J, Hollenbach B, Behrends T, Hoeg A, Stosnach H, Schomburg L. The choice of biomarkers determines the selenium status in young German vegans and vegetarians. *Br J Nutr* 2010;104(11):1601-4. DOI: 10.1017/s0007114510002618
51. Choudhry H, Nasrullah M. Iodine consumption and cognitive performance: confirmation of adequate consumption. *Food Sci Nutr* 2018;6(6):1341-51. DOI: 10.1002/fsn3.694
52. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre la evaluación del riesgo asociado al consumo de algas macroscópicas con alto contenido en yodo. 2009. Número de referencia: AESAN-2012-003.
53. Quiles L, Portolés O, Vicente Sorlí J, Corell D. Efectos a corto plazo en el perfil lipídico y la glucemia de una dieta vegetariana baja en grasa. *Nutr Hosp* 2015;32:156-64.
54. Draper CF, Vassallo I, Di Cara A, Milone C, Comminetti O, Monnard I, et al. A 48-hour vegan diet challenge in healthy women and men induces a BRANCH-chain amino acid related, health associated, metabolic signature. *Mol Nutr Food Res* 2018;62(3). DOI: 10.1002/mnfr.201700703