



UNIVERSITAT DE
BARCELONA



Campus
de l'Alimentació
Universitat de Barcelona

Nutrición Humana y Dietética
Universitat de Barcelona

TRABAJO DE FINAL DE GRADO

EFECTO DE LA DIETA VEGANA EN LA MICROBIOTA INTESTINAL

TRABAJO DE PROFUNDIZACIÓN: REVISIÓN



Yanina Milagros Cubas Zamora
Junio de 2023

Departamento de Bioquímica y Fisiología (Sección de Fisiología)
Facultad de Farmacia y Ciencias de la Alimentación
Universitat de Barcelona



Esta obra está sujeta a una licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Resumen: La dieta desempeña un papel fundamental en la salud y en la enfermedad, y parece ser que se debe, en parte, a mecanismos dependientes de la microbiota intestinal. La microbiota intestinal humana es un ecosistema complejo formado por diversas comunidades microbianas que interactúan y compiten por los nutrientes contenidos en la dieta. Existen diversos factores que influyen en la modulación de la composición de la microbiota intestinal, entre los cuales, los más relevantes son los hábitos dietéticos. Es necesario comprender el vínculo entre la dieta y la microbiota intestinal para intentar controlar y/o prevenir las enfermedades crónicas no transmisibles. La dieta vegana incluye alimentos ricos en fibra dietética, polifenoles, ácidos grasos insaturados, proteína de origen vegetal y micronutrientes, los cuales pueden tener efectos beneficiosos para la salud humana al promover la diversidad y funcionalidad de la microbiota intestinal y estimular la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC). No obstante, si la dieta no se planifica adecuadamente, existe el riesgo de padecer diversas deficiencias nutricionales. El objetivo de la presente revisión es proporcionar una actualización del conocimiento existente sobre el efecto de la dieta vegana en la composición de la microbiota intestinal humana y, posteriormente, comparar el impacto de este efecto con el originado por otros tipos de dietas.

Palabras clave: dieta vegana; dieta vegetariana; dieta basada en plantas; microbiota intestinal; salud humana

Abstract: The diet plays a key role in health and in disease, and it seems to be due, in part, to gut microbiota-dependent mechanisms. The human gut microbiota is a complex ecosystem of diverse microbial communities that interact and compete for nutrients contained in the diet. There are several factors that influence the modulation of gut microbiota composition, of which the most relevant are the dietary habits. It's necessary to understand the link between diet and gut microbiota to try to control and/or prevent chronic non-communicable diseases. The vegan diet includes foods rich in dietary fiber, polyphenols, unsaturated fatty acids, plant-based protein and micronutrients, which may have beneficial effects on human health by promoting the diversity and functionality of the gut microbiota and stimulating the production of short-chain fatty acids (SCFA). However, if the diet is not properly planned, there is a risk of various nutritional deficiencies. The aim of the present review is to provide an update of existing knowledge on the effect of the vegan diet on the composition of the human gut microbiota, and subsequently to compare the impact caused by other types of diets.

Keywords: vegan diet; vegetarian diet; plant-based diet; gut microbiota; human health

El presente TFG contribuye al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionados con dos ámbitos: personas (promoción de la salud humana) y planeta (protección del medio ambiente).

El ODS 3 “Salud y Bienestar” promueve un estilo de vida activo, saludable y sostenible con el fin de prevenir y combatir las enfermedades. En este trabajo se encuentra suficiente evidencia que respalda que la dieta vegana es un patrón dietético saludable para todas las etapas de la vida y que se relaciona con múltiples beneficios para la salud, siempre que se planifique adecuadamente; por esta razón, es importante buscar el asesoramiento de un profesional competente como el Dietista-Nutricionista. Además, la dieta vegana no solo beneficia la salud humana, sino que también tiene un impacto ambiental positivo, debido principalmente a su nulo consumo de alimentos de origen animal. Así que, este patrón dietético contribuye de manera favorable al medio ambiente al reducir el uso de recursos naturales, como energía, agua y suelo, en la producción de alimentos, ya que el uso excesivo de estos recursos es una de las principales causas de la degradación ambiental a nivel global. Por lo tanto, este trabajo también contribuye a lograr el ODS 12 “Producción y consumo responsables” y el ODS 13 “Acción por el clima”. En definitiva, es importante llevar a cabo una dieta saludable y medioambientalmente sostenible, en este sentido, la evidencia actual sugiere que adoptar una dieta vegana beneficia tanto la salud humana como la del planeta.

ÍNDICE

Resumen.....	1
1. Introducción.....	1
2. Dieta vegana.....	3
2.1. <i>Definiciones (dieta basada en plantas, vegetariana y vegana).....</i>	<i>3</i>
2.2. <i>Principales características de la nutrición vegana.....</i>	<i>5</i>
2.3. <i>Impacto de la dieta vegana en la salud y el medio ambiente.....</i>	<i>7</i>
2.3.1. <i>Beneficios para la salud humana.....</i>	<i>7</i>
2.3.2. <i>Beneficios para el medio ambiente.....</i>	<i>8</i>
3. Microbiota intestinal humana.....	9
4. Efecto de la dieta en la microbiota intestinal.....	11
4.1. <i>Efecto de la dieta vegana en la microbiota intestinal.....</i>	<i>12</i>
4.2. <i>Efecto de otros tipos de dieta en la microbiota intestinal.....</i>	<i>14</i>
4.3. <i>Limitaciones de los estudios revisados.....</i>	<i>17</i>
5. Conclusiones.....	18
Referencias.....	19

Efecto de la dieta vegana en la microbiota intestinal

Yanina Milagros Cubas Zamora ^{1,*}

¹ Facultad de Farmacia y Ciencias de la Alimentación, Campus de la Alimentación de Torribera, Universitat de Barcelona, 08921 Santa Coloma de Gramenet, Barcelona, España

* Correspondencia: cubaszamora97@gmail.com

Resumen: La dieta desempeña un papel fundamental en la salud y en la enfermedad, y parece ser que se debe, en parte, a mecanismos dependientes de la microbiota intestinal. La microbiota intestinal humana es un ecosistema complejo formado por diversas comunidades microbianas que interactúan y compiten por los nutrientes contenidos en la dieta. Existen diversos factores que influyen en la modulación de la composición de la microbiota intestinal, entre los cuales, los más relevantes son los hábitos dietéticos. Es necesario comprender el vínculo entre la dieta y la microbiota intestinal para intentar controlar y/o prevenir las enfermedades crónicas no transmisibles. La dieta vegana incluye alimentos ricos en fibra dietética, polifenoles, ácidos grasos insaturados, proteína de origen vegetal y micronutrientes, los cuales pueden tener efectos beneficiosos para la salud humana al promover la diversidad y funcionalidad de la microbiota intestinal y estimular la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC). No obstante, si la dieta no se planifica adecuadamente, existe el riesgo de padecer diversas deficiencias nutricionales. El objetivo de la presente revisión es proporcionar una actualización del conocimiento existente sobre el efecto de la dieta vegana en la composición de la microbiota intestinal humana y, posteriormente, comparar el impacto de este efecto con el originado por otros tipos de dietas.

Palabras clave: dieta vegana; dieta vegetariana; dieta basada en plantas; microbiota intestinal; salud humana

1. Introducción

A lo largo de las últimas décadas, en las sociedades occidentales ha aumentado la proporción de personas que modifican sus hábitos alimentarios y adoptan patrones de alimentación basados en plantas [1,2], por lo que, se ha observado un creciente interés por las dietas vegetarianas, con todas sus posibles variantes, entre ellas, la dieta vegana [1,3,4]. Esta tendencia ascendente también se ve reflejada en la cantidad de trabajos científicos publicados en PubMed (Figura 1a).

Del mismo modo, en los últimos años, la investigación científica sobre la microbiota ha experimentado un crecimiento exponencial, tendencia que también se refleja en el número de artículos publicados en PubMed (Figura 1b). La evidencia científica muestra cómo diversas enfermedades, no solo las intestinales, están estrechamente relacionadas con alteraciones en el intestino debido a la disbiosis de la microbiota intestinal [5].

La dieta vegana es rica en fibra dietética, vitaminas antioxidantes, fitoquímicos y grasas insaturadas [1,4,6,7], y aunque las investigaciones se han enfocado principalmente en los posibles efectos potenciales para la salud y el bienestar humano [1,3,7,8], también se han documentado limitaciones como las deficiencias nutricionales con respecto a vitaminas, minerales, ácidos grasos y proteína [7–13]. La dieta vegana puede ayudar a reducir los factores de riesgo asociados con enfermedades crónicas [1,3,4], asimismo, ha demostrado ciertos beneficios relacionados con diversas comorbilidades médicas, como la diabetes *mellitus* tipo 2, la obesidad, las enfermedades cardiovasculares, el síndrome metabólico, el cáncer, la salud ósea, la artritis reumatoide, entre otros [1,3,7,8,12,14,15].

Cita: Cubas-Zamora, Y.M. Efecto de la dieta vegana en la microbiota intestinal. *Nutrients* 2023, 15, x. <https://doi.org/10.3390/xxxxx>

Editor Académico: nombre

Recibido: fecha

Revisado: fecha

Aceptado: fecha

Publicación: fecha



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Además, la dieta vegana ha sido reconocida como un modelo representativo de un patrón dietético saludable que beneficia a la microbiota intestinal [16,17].

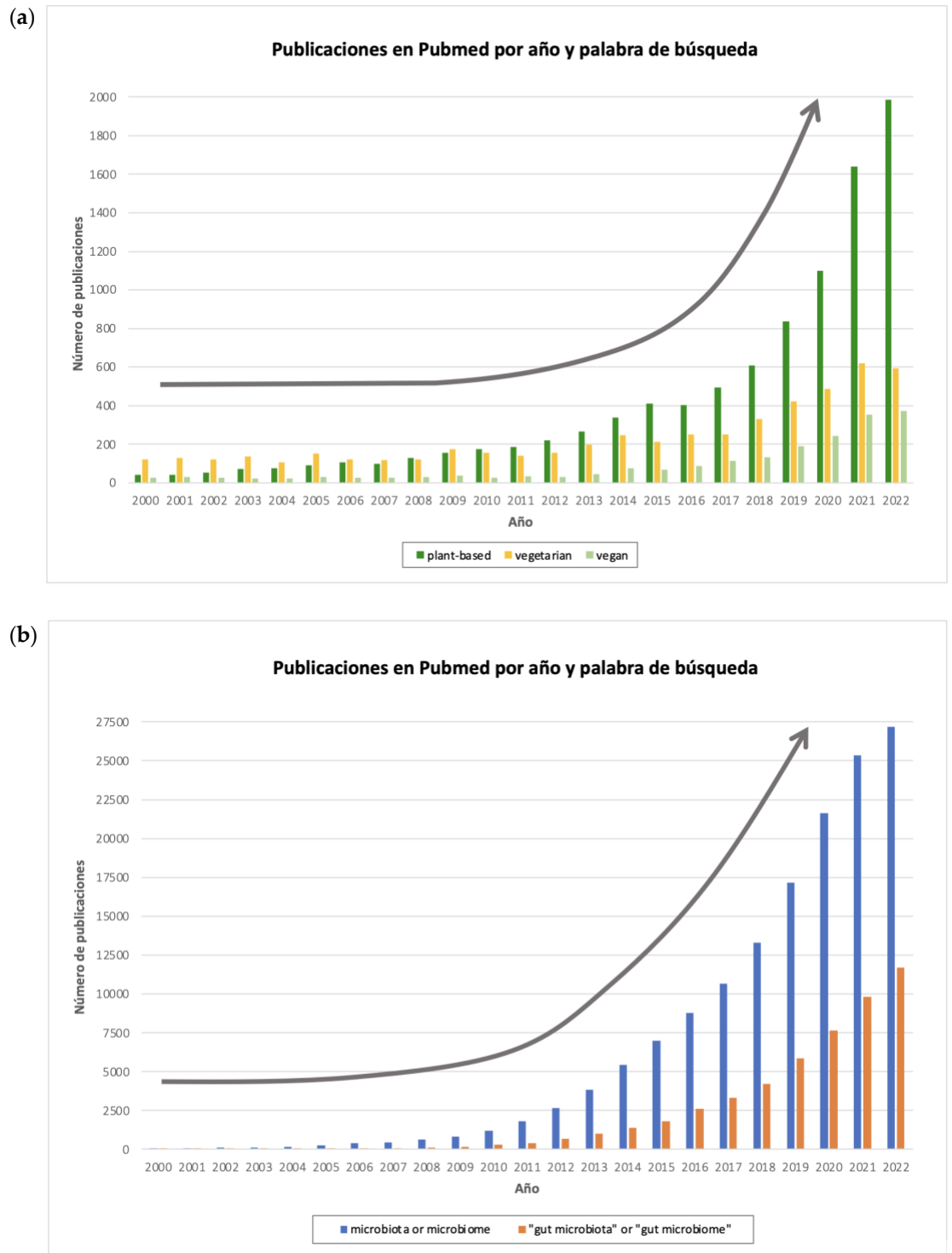


Figura 1. Frecuencia de las publicaciones en PubMed desde el año 2000 hasta el año 2022 de diferentes términos de búsqueda: (a) "plant-based" (en verde oscuro - basado en plantas), "vegetarian" (en amarillo - vegetariano) y "vegan" (en verde claro - vegano); (b) "microbiota" OR "microbiome" (en azul - microbiota o microbioma) y "gut microbiota" OR "gut microbiome" (en naranja - "microbiota intestinal" o "microbioma intestinal"). Acceso a PubMed el 25 de marzo de 2023.

La microbiota intestinal humana, ampliamente estudiada, se considera un ecosistema complejo compuesto por diversas poblaciones microbianas, que desempeña un papel fundamental en numerosos aspectos de la salud y el bienestar humano [5,6,17,18]. En este sentido, diversos estudios han sugerido que la microbiota intestinal modula el riesgo de varias enfermedades crónicas, como la diabetes *mellitus* tipo 2, la obesidad, las enfermedades cardiovasculares, la enfermedad inflamatoria intestinal y el cáncer [5,19]. Además, la composición microbiana se ve influenciada por diversos factores que afectan tanto a su diversidad y abundancia como a sus funciones, entre los cuales se incluyen la edad, el tipo de parto de la madre, las transiciones infantiles, el consumo de probióticos o prebióticos, el uso de antibióticos, los hábitos de estilo de vida, el Índice de Masa Corporal (IMC), los patrones dietéticos, entre otros [5,6,17,18].

Existe suficiente evidencia que respalda la existencia de diferencias en la composición de la microbiota intestinal entre personas que siguen diferentes patrones dietéticos [16,17,19]. Por lo tanto, estos hallazgos confirman la importancia que tiene para los seres humanos consumir alimentos que promuevan el desarrollo de una microbiota intestinal saludable [18]. En este sentido, parece ser que seguir una alimentación basada en plantas beneficia la salud humana, ya que promueve la diversidad y la estabilidad de los sistemas microbianos hacia un ecosistema con más bacterias beneficiosas que favorece tanto la salud en general como la salud de la microbiota [6,16–18].

La adopción de patrones dietéticos basados en plantas, como las dietas vegetarianas (entre ellas, la dieta vegana), implica un mayor consumo de alimentos de origen vegetal ricos en fibra dietética, fitoquímicos y grasas insaturadas, y un menor o nulo consumo de alimentos de origen animal [1,3,7,8]. Esto puede ser beneficioso para la salud de la microbiota intestinal al mantener un estado de eubiosis, lo cual contribuye positivamente a la salud general [6,16,17,19]. Además, las dietas veganas y vegetarianas han ganado popularidad entre los adolescentes y adultos jóvenes, especialmente entre las mujeres, debido a diversas razones como, los beneficios para la salud, los valores morales y religiosos, los principios éticos relacionados con los derechos y el bienestar animal, las preocupaciones ambientales, entre otros [3,8,12,20,21]. Del mismo modo, el veganismo se ha popularizado entre los atletas de élite, y aunque aún no se ha cuantificado de forma precisa su prevalencia, es razonable presuponer que seguirá una tendencia similar a la observada en la población general [22,23].

La investigación de las interacciones entre los patrones de alimentación basados en plantas y la microbiota intestinal humana es un campo en constante evolución [6]. El objetivo de la presente revisión es proporcionar una actualización del conocimiento existente sobre el efecto de la dieta vegana en la composición de la microbiota intestinal humana y, posteriormente, comparar el impacto de este efecto con el originado por otros tipos de dietas.

2. Dieta vegana

2.1. Definiciones (dieta basada en plantas, vegetariana y vegana)

Las dietas basadas en plantas han sido motivo de múltiples investigaciones debido a su creciente interés en la población, sus beneficios para la salud y su impacto positivo en el medio ambiente, sin embargo, todavía existe confusión en torno a la definición exacta de dieta basada en plantas, dieta vegetariana y dieta vegana [3,4].

Una revisión reciente de Hargreaves et al. de 2023, propone definir la **dieta basada en plantas** como “un patrón dietético en el que se excluyen total o mayoritariamente los alimentos de origen animal”, es decir, se incluyen todas las dietas que se basan principalmente en alimentos de origen vegetal y en menor proporción en productos de origen animal. Por lo tanto, esta definición abarca los siguientes tipos de dietas: vegetarianas, semivegetarianas

(como la dieta pescetariana y pollovegetariana), flexitariana y otros patrones dietéticos (como la Dieta Mediterránea, DASH, entre otros), siempre y cuando haya un consumo reducido de alimentos de origen animal, ya sea carnes, huevos o productos lácteos [3].

En esta misma revisión, también se propone definir la **dieta vegetariana** como “*un patrón dietético que excluye la carne, los alimentos derivados de la carne y, en diferente grado, otros productos de origen animal*”, es decir, se incluyen todas las dietas que excluyen las carnes y los productos cárnicos. Por lo tanto, en esta definición se engloban las dietas ovovegetarianas, lactovegetarianas, ovolactovegetarianas y veganas [3]. Aunque se asume que los vegetarianos se alimentan principalmente de alimentos de origen vegetal, en algunos casos es posible que consuman un exceso de productos de origen animal, como huevos, lácteos, productos lácteos y/o miel [13]; en este punto, cabe matizar que, si la proporción de calorías provenientes de estos alimentos es significativa, la dieta vegetariana no se considera basada en plantas [3].

El vegetarianismo abarca una amplia variedad y diversidad de prácticas dietéticas [12,21]. Se enfoca principalmente en verduras, frutas, legumbres, cereales, frutos secos, semillas y aceites vegetales; y se excluye parcial o totalmente ciertos productos derivados de origen animal. Por lo tanto, la dieta vegetariana puede incluir huevos (ovovegetariana), productos lácteos (lactovegetariana), ambos (ovolactovegetariana) o ningún derivado animal (vegana); si incluye pescados y mariscos (pescetariana) o excluye las carnes rojas (pollovegetariana) [1,3,4,8,21,24], se consideran dietas semivegetarianas [3].

A menudo, las dietas vegetarianas se clasifican como “dietas restrictivas” debido a que se excluyen ciertos grupos de alimentos [25], sin embargo, esta clasificación no es apropiada y puede generar una percepción e imagen negativa del vegetarianismo, ya que puede sugerir erróneamente que carece de nutrientes o no es adecuada para el mantenimiento de la salud [3]. De hecho, las dietas vegetarianas, incluidas las veganas, planificadas correctamente se consideran saludables y apropiadas para todas las etapas de la vida [24], por lo tanto, es mejor referirse a ellas como patrones dietéticos alternativos o no convencionales [3].

En la Figura 2 se presenta un resumen visual que muestra la relación entre los diferentes tipos de dietas mencionadas anteriormente. Estas dietas pueden o no considerarse basadas en plantas en función de la cantidad de la ingesta de productos de origen animal. En este sentido, se observa que las dietas vegetarianas, semivegetarianas y flexitariana no se consideran dietas basadas en plantas si la proporción calórica proveniente de los alimentos de origen animal es alta.

Por lo tanto, según la revisión de Hargreaves et al. de 2023, se puede definir la **dieta vegana** como un tipo de dieta vegetariana que se caracteriza por no incluir ningún alimento de origen animal, es por este motivo, que a veces se le denomina “dieta vegetariana estricta” [3]. La dieta vegana se enfoca exclusivamente en alimentos de origen vegetal como verduras, frutas, legumbres, cereales, frutos secos, semillas y grasas y aceites vegetales [4,7,24]. Cabe matizar que, si la alimentación vegana se basa en alimentos integrales y excluye los alimentos ultraprocesados, se denomina “dieta vegana de alimentos integrales”, o también conocida como “dieta basada en plantas de alimentos integrales”, a pesar de que no es únicamente basada en plantas, sino que es completamente vegana [3].

Por último, es relevante destacar que todas las definiciones propuestas no consideran aspectos relacionados con la calidad de la dieta, sino que se centran exclusivamente en determinar la presencia, ausencia o limitación de grupos de alimentos específicos [3].

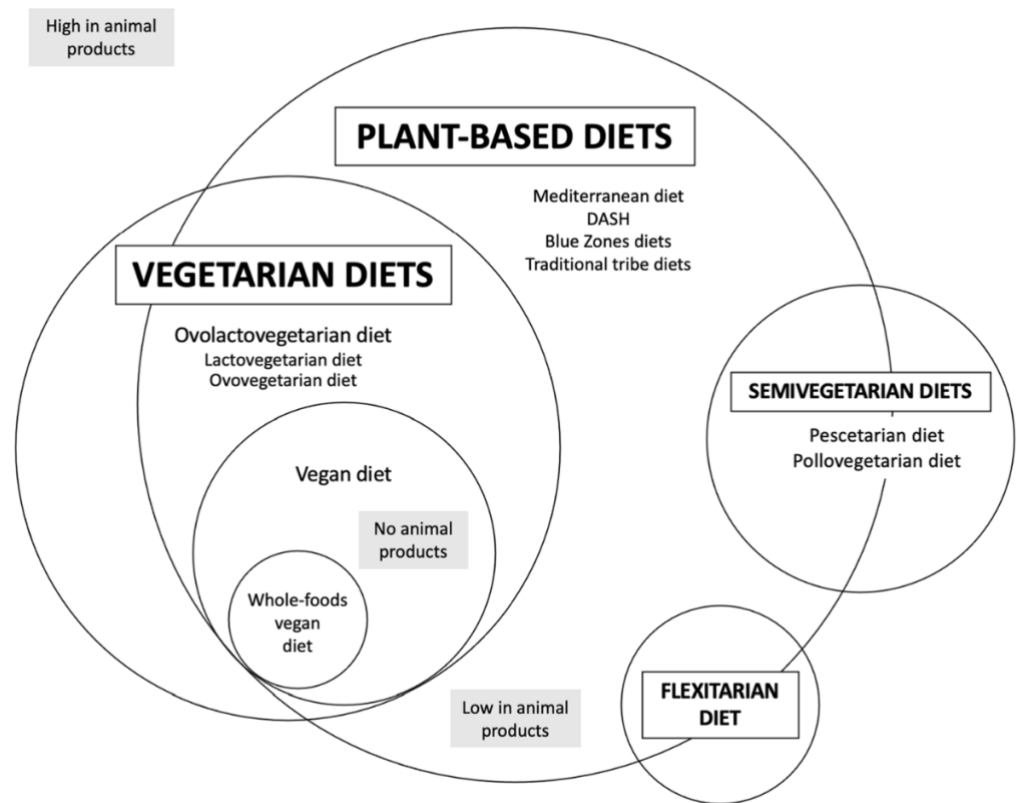


Figura 2. Interacción entre los diferentes tipos de dietas que se basan principalmente en alimentos de origen vegetal. Estas dietas pueden o no considerarse basadas en plantas dependiendo del consumo de productos de origen animal, que se especifica en cada caso si es “alto”, “bajo” o “nulo”. Figura extraída de Hargreaves et al. [3].

2.2. Principales características de la nutrición vegana

La dieta vegana se enfoca principalmente en el consumo de alimentos situados en la base de la pirámide alimentaria. Estos alimentos de origen vegetal se asocian con múltiples beneficios para la salud gracias a su alto contenido de fibra dietética, grasas insaturadas, vitaminas C y E, ácido fólico (vitamina B9), potasio, magnesio y abundantes fitoquímicos [7]. No obstante, si una dieta vegana no se planifica correctamente, puede resultar en una ingesta calórica reducida y en deficiencias nutricionales de ácidos grasos, proteínas, vitaminas y minerales [1,7,8,11–13].

Los alimentos ricos en **fibra dietética** son abundantes en la dieta vegana. La fibra dietética, presente en verduras, frutas, legumbres y cereales integrales, es un tipo de carbohidrato no digerible resistente a la digestión en el intestino delgado, por lo que es fermentada en el intestino grueso por la microbiota intestinal dando lugar a la producción de metabolitos específicos, como los ácidos grasos de cadena corta (AGCC) [26].

El aporte de **ácidos grasos y grasas saturadas** es particularmente bajo en la dieta vegana [6]. Los alimentos de origen vegetal presentan cantidades reducidas de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados, siendo principalmente ácido oleico y ácido α -linolénico (ALA), respectivamente. Los ácidos grasos poliinsaturados están presentes en gran parte de los aceites vegetales, semillas y nueces. Respecto a los ácidos grasos omega-3 de cadena larga, como el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA), la ingesta es muy pequeña o nula, y aunque el EPA y el DHA se pueden producir endógenamente a partir del ALA, esta producción es ineficiente y esta influenciada por

diferentes factores [24]. En este sentido, se puede tomar DHA en forma de suplementos (a base de microalgas) o en alimentos fortificados [7,24].

La ingesta de **proteína** es una cuestión que preocupa en la dieta vegana, porque es un macronutriente vital para múltiples funciones del organismo y el aporte energético en la dieta es bajo. Es importante tener en cuenta tanto el valor biológico de la proteína (contenido de aminoácidos esenciales) como la digestibilidad (digestión, biodisponibilidad y absorción) [6]. Respecto al valor biológico, algunas plantas carecen de ciertos aminoácidos, como la metionina en las legumbres, y la lisina en los cereales, el maíz y el arroz; sin embargo, si los alimentos de origen vegetal se combinan adecuadamente aportan todos los aminoácidos esenciales [13]. En relación con la digestibilidad, se sabe que existen agentes inhibidores como, la presencia de antinutrientes (fitatos, taninos, inhibidores de enzimas, entre otros) y el procesado de alimentos (por ejemplo, el tratamiento térmico), motivo por el cual la mayoría de los productos de origen vegetal tienen baja digestibilidad, sin embargo, esto no supone un problema, ya que los veganos suelen consumir cantidades significativas de diversas fuentes de proteína vegetal. Además, las proteínas purificadas o concentradas, a partir de la soja o el propio gluten, presentan una alta digestibilidad [6,13].

Los alimentos de origen vegetal también son una fuente de **vitaminas** en la dieta vegana. Aportan grandes cantidades de vitamina C, carotenoides (precursores de la vitamina A) y vitamina E [4,7]; sin embargo, el aporte de vitamina B12 y vitamina D es muy escaso [4,7,12,13,22]. Respecto a la vitamina B12, se encuentra principalmente en alimentos de origen animal, por lo que es difícil obtener cantidades suficientes a través de alimentos de origen vegetal y, además, no son fuentes confiables [1,7,10,13,22]. Dado que este micronutriente es esencial para el funcionamiento del sistema nervioso y la producción de células sanguíneas (hematopoyesis) [8–10,22,27], es necesario incorporar alimentos enriquecidos (como bebidas vegetales) y/o fortificados (como cereales para el desayuno); y, sobre todo, es imprescindible la suplementación debido a los efectos perjudiciales de la deficiencia de vitamina B12 [1,7,8,10,11,13,22,28]. En relación con la vitamina D, la principal fuente proviene de la exposición solar, ya que permite la síntesis endógena de esta vitamina en el organismo. También, se puede obtener con la ingesta de alimentos de origen animal y vegetal, como pescados azules, hongos tratados con luz ultravioleta, bebidas vegetales enriquecidas y cereales fortificados para el desayuno. Por lo tanto, si la exposición solar y la ingesta de alimentos enriquecidos son suficientes para cumplir con los requerimientos de vitamina D, no es necesario suplementarse; en caso contrario, es imprescindible la suplementación [4,7,13,22,24], ya que este micronutriente desempeña un papel esencial en el metabolismo del calcio y la homeostasis ósea, además de tener otras muchas funciones importantes en el organismo [7,22,24,29–31].

El aporte necesario de **elementos minerales** se puede obtener con la dieta vegana. El hierro se encuentra en alimentos de origen vegetal, pero en forma de hierro no hemo. Esta forma química necesita la presencia de vitamina C (ácido ascórbico) para ser absorbida. Por este motivo, los alimentos de origen vegetal que son fuente de hierro no hemo, como hortalizas de hoja verde, legumbres, cereales integrales, frutos secos y semillas, se tienen que consumir junto con alimentos ricos en vitamina C, como frutas cítricas, kiwi, papaya, fresas, grosella, pimienta roja, entre otros [7,8,22,27,32,33]. El calcio es un mineral que también está presente en alimentos de origen vegetal, pero su biodisponibilidad se ve afectada por la presencia de oxalato, y en menor proporción, de fitato y fibra dietética; estos tres compuestos son abundantes en la dieta vegana. Por lo tanto, a pesar de que las hortalizas de hoja verde, el tahini o el tofu son fuentes ricas en calcio, su biodisponibilidad es limitada debido a que también contienen altos niveles de oxalato. Por esta razón, es preferible optar por verduras con bajo contenido de oxalato, como brócoli o col, o bien consumir alimentos enriquecidos con calcio [4,7,8,13,22–24,31]. El zinc se encuentra en alimentos de origen vegetal, pero su absorción no es tan eficiente, no obstante, está

presente en diversos alimentos, como pan, cereales integrales, frutos secos, maíz, legumbres, berros, rábanos, guisantes, entre otros. Este mineral participa en el metabolismo del hierro, por lo tanto, concentraciones bajas de zinc reducen las concentraciones séricas de hierro [7,8,13,23,34].

Además, la dieta vegana no solo aporta macronutrientes y micronutrientes, sino que también contienen una gran variedad de fitoquímicos que, si bien no proporcionan un valor nutricional adicional, pueden tener impactos en varias vías metabólicas del organismo, ofreciendo numerosos beneficios para la salud [35–38].

2.3. Impacto de la dieta vegana en la salud y el medio ambiente

La dieta vegana ha ganado popularidad entre los adolescentes y adultos jóvenes, especialmente entre las mujeres [1,8,21], por diversos motivos, principalmente, razones éticas, religiosas, ambientales o de salud. El veganismo se suele adoptar por principios éticos relacionados con los derechos y el bienestar animal, por creencias religiosas, por preocupaciones ambientales y de sostenibilidad (en la producción de alimentos de origen animal se utilizan más recursos naturales), por preocupación por el bienestar y la salud en general, por limitaciones socioeconómicas (problemas económicos o acceso limitado a alimentos de origen animal), por preferencias alimentarias (desagrado al sabor de los alimentos cárnicos), entre otros [3,7,12,13,22].

2.3.1. Beneficios para la salud humana

Una alimentación vegana puede ofrecer múltiples beneficios para la salud humana. La ingesta abundante de alimentos de origen vegetal se asocia con resultados de salud más favorables, como reducción del peso corporal y del IMC (Índice de Masa Corporal), mejora del perfil lipídico y menor riesgo de enfermedades crónicas, como enfermedades cardiovasculares, diabetes *mellitus* tipo 2, algunos tipos de cáncer, entre otros [1,3,24,39,40].

Una revisión reciente de Selinger et al. de 2022, reveló que en población general sana, seguir una dieta vegana se asocia con la reducción del peso corporal y un menor riesgo de incidencia de cáncer, y se observa una tendencia a disminuir el riesgo de mortalidad por todas las causas, sin embargo, también se asocia con un mayor riesgo de fracturas óseas. Además, en personas con diabetes o con alto riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares, una dieta vegana redujo la adiposidad, el colesterol total y el colesterol LDL (lipoproteínas de baja densidad), y mejoró el control glucémico (niveles más bajos de glucosa e insulina en sangre en ayunas). Todos estos hallazgos sugieren que la adopción de una dieta vegana podría contribuir a una mejor salud cardiometabólica, pero también puede afectar a la salud ósea [3,31,40–43].

Los patrones dietéticos que se basan en alimentos de origen vegetal suelen implicar una mayor ingesta de fibra dietética, proteína vegetal, vitaminas y fitoquímicos. Estos nutrientes han sido asociados con un menor riesgo de desarrollar niveles elevados de colesterol LDL, enfermedades cardiovasculares, diabetes *mellitus* tipo 2 y cáncer de colon. Estos beneficios también están relacionados, entre otros factores, por la reducción en la ingesta de grasas totales y grasas saturadas [3,21,24,41,43,44].

En primer lugar, en la dieta vegana se consume mayoritariamente alimentos ricos en fibra dietética y antioxidantes. Estos nutrientes mejoran el control de la inflamación sistémica y reducen la fermentación de proteínas, por eso, pueden contribuir a un menor riesgo de desarrollar enfermedades crónicas [1,3,24]. Además, a partir de la fermentación de la fibra dietética se producen ácidos grasos de cadena corta (AGCC), que están asociados a múltiples efectos beneficiosos para la salud humana, como control del peso corporal, menor riesgo de enfermedades cardiovasculares, mejora del sistema

inmunitario, prevención del cáncer colorrectal, mejor regulación del apetito (más saciedad) y mejora de la salud intestinal [1,6,26].

En segundo lugar, la dieta vegana no aporta cantidades excesivas de grasas saturadas y colesterol, lo que contribuye a la pérdida de peso, mejora del perfil lipídico y reducción de la presión arterial. Estos beneficios están asociados con la prevención de enfermedades coronarias y otras enfermedades crónicas [24,28,41,45].

En tercer lugar, los veganos suelen consumir cantidades adecuadas de legumbres. Este grupo de alimentos se ha asociado con factores preventivos contra el cáncer de estómago, colon y próstata. Además, el consumo de legumbres puede tener un efecto cardioprotector al reducir los niveles de lípidos y lipoproteínas séricas, como el colesterol total, el colesterol LDL y los triglicéridos [6,7,24,43].

En cuarto lugar, las vitaminas y los minerales presentes en los alimentos de origen vegetal se han asociado con un efecto protector en diversas enfermedades neoplásicas, como pulmonares (vitamina A), hematológicas (vitamina C), prostáticas, mamarias, colorrectales (vitamina E y selenio), orofaríngeas, cutáneas, uterinas y ováricas (selenio) [6,41,46].

En quinto lugar, los fitoquímicos que aportan los alimentos de origen vegetal se han asociado con efectos beneficiosos sobre el peso corporal, la tolerancia a la glucosa, las enfermedades cardiovasculares, el cáncer y la salud mental [1,35–37,43].

Por último, cabe destacar que la mayoría de las personas que siguen un patrón dietético vegano, generalmente adoptan hábitos de estilo de vida más saludables, como practicar regularmente actividad física, reducir o abstenerse del consumo de alcohol, fomentar las interacciones sociales, entre otros [6,12].

2.3.2. Beneficios para el medio ambiente

La dieta vegana no solo beneficia la salud, sino que también tiene un impacto ambiental positivo. Este patrón dietético contribuye de manera favorable al medio ambiente al reducir el uso de recursos naturales, como energía, agua y suelo, en la producción de alimentos. El uso excesivo de estos recursos es una de las principales causas de la degradación ambiental a nivel global [3,4,39,47].

Según una revisión de Hargreaves et al. de 2023, la dieta vegana presenta una huella de carbono y una huella hídrica más baja en comparación con otros patrones dietéticos [3]. También, se estima que cambiar de una dieta occidental a un patrón dietético más sostenible, que implique una reducción o exclusión de alimentos de origen animal, podría disminuir un 50 % el uso de agua en la producción de alimentos, así como reducir hasta un 80 % el uso de tierras y las emisiones de gases de efecto invernadero [3,47].

La ONU, junto con otros organismos, ha recomendado una transformación a nivel mundial hacia dietas más sostenibles y basadas en plantas como una estrategia para contribuir al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas [21].

La importancia de llevar a cabo una dieta saludable y medioambientalmente sostenible también se refleja en el *Informe sobre recomendaciones dietéticas sostenibles y recomendaciones de actividad física para la población española*, elaborado por el Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN). En esta guía, publicada recientemente, se impulsa un cambio de paradigma que aboga por un enfoque *One Health* (una sola salud). Este enfoque reconoce la estrecha relación entre la salud humana y la sostenibilidad medioambiental. Por lo tanto, es necesario actualizar nuestros patrones de consumo para no solo proteger nuestra salud, sino también preservar el medio ambiente y reducir nuestro impacto sobre él. En este sentido, la

AESAN considera que, si la población española adopta un patrón dietético caracterizado principalmente por un mayor consumo de alimentos de origen vegetal y en menor cantidad alimentos de origen animal, en línea con la Dieta Mediterránea, se puede mejorar tanto el estado de salud y bienestar como reducir el impacto medioambiental del sistema alimentario [48].

Una revisión realizada por Chai et al. en 2019, concluyó que es posible lograr un impacto ambiental similar al de la dieta vegana sin necesariamente excluir por completo los alimentos de origen animal, como carnes y lácteos, sino reduciendo significativamente su consumo [47].

En definitiva, el sistema global de producción de alimentos está agotando los recursos de nuestro planeta, lo que representa una amenaza para el medio ambiente y la seguridad alimentaria futura. Existe una estrecha interrelación entre la salud individual, la salud de la población y la salud del planeta, y todas ellas seguirán siendo vulnerables a menos que se tomen medidas adecuadas. En este sentido, una solución viable radica en cambiar los patrones dietéticos globales actuales hacia dietas basadas en plantas de alta calidad, lo cual podría mitigar tanto las cargas ambientales como los problemas de salud [39].

3. Microbiota intestinal humana

La microbiota intestinal humana es un ecosistema complejo compuesto por diversas especies de microorganismos que habitan en el tracto gastrointestinal. Principalmente, estos microorganismos son bacterias, aunque también pueden incluir virus, protozoos y hongos. En total se estima que hay más de 1000 especies bacterianas y aproximadamente 100 billones de microorganismos [5,6,16,18,26,49,50].

La composición de la microbiota varía en cada región anatómica del intestino debido a las diferentes condiciones fisiológicas, como el pH, la presión de oxígeno, la disponibilidad de sustrato, las secreciones enzimáticas para la digestión, entre otros. En el intestino delgado, estas condiciones son más adversas debido a los tiempos de tránsito más cortos y las altas concentraciones de bilis, por lo que la colonización microbiana es menor y limitada. En cambio, en el intestino grueso, las condiciones son más favorables debido a la menor velocidad de flujo y el pH neutro o ligeramente ácido, por lo que es aquí donde alberga la mayor parte de comunidades microbianas [5].

La clasificación taxonómica de los microorganismos se realiza a nivel de filos, clases, órdenes, familias, géneros y especies [5,26]. Los filos bacterianos que se encuentran comúnmente en la microbiota intestinal de personas adultas son *Bacteroidetes*, *Firmicutes*, *Actinobacteria*, *Proteobacteria*, *Verrucomicrobia* y *Fusobacteria* (Figura 3). Aunque, aproximadamente el 90% de la composición total de la microbiota intestinal está compuesta por *Bacteroidetes* y *Firmicutes*. Por un lado, el filo *Bacteroidetes* está formado principalmente por géneros como *Bacteroides* y *Prevotella*. Por otro lado, el filo *Firmicutes* está compuesto por más de 200 géneros diferentes, entre los cuales se encuentra *Clostridium* (representa el 95% del filo), *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Bacillus* y *Ruminococcus*. También, aunque en menor abundancia, el filo *Actinobacteria* está representado principalmente por el género *Bifidobacterium*. (Figura 3) [5,6,18,26,51,52].

La microbiota intestinal se considera el órgano más grande del cuerpo humano y el sistema más complejo de microorganismos. Este órgano desarrolla varias funciones esenciales que contribuyen al bienestar y la salud humana, como la digestión de los alimentos, el metabolismo y biodisponibilidad de los nutrientes, el metabolismo de fármacos y toxinas, el mantenimiento de la función de la barrera intestinal, la modulación del sistema inmunitario, la intervención en el eje intestino-cerebro, eje intestino-hígado y eje intestino-pulmón, la protección contra la colonización de microorganismos patógenos

y el mantenimiento de la salud gastrointestinal y cardiovascular. También, la microbiota regula el almacenamiento de lípidos, por lo que se está investigando su papel en la obesidad y en el síndrome metabólico. En definitiva, la microbiota intestinal juega un papel relevante tanto en la salud como en la enfermedad [5,6,16–18,26,49–54].

Bacteroidetes	Firmicutes	Actinobacteria
<i>Bacteroides</i>	<i>Clostridium</i>	<i>Bifidobacterium</i>
<i>Prevotella</i>	<i>Faecalibacterium</i>	
	<i>Enterococcus</i>	Verrucomicrobia
Proteobacteria	<i>Streptococcus</i>	<i>Akkermansia</i>
<i>Escherichia</i>	<i>Roseburia</i>	
<i>Shigella</i>	<i>Lactobacillus</i>	Fusobacteria
	<i>Bacillus</i>	<i>Fusobacterium</i>
	<i>Eubacterium</i>	
	<i>Ruminococcus</i>	

Figura 3. Composición de la microbiota intestinal en personas adultas a nivel de filo (en negrita) y género (en cursiva). Se muestra los principales filos bacterianos, con sus respectivos géneros, que comúnmente están presentes en la microbiota intestinal de los seres humanos. *Figura extraída de Sakkas et al. [6].*

Los metabolitos microbianos son los compuestos producidos por la microbiota intestinal como, por ejemplo, ácidos grasos de cadena corta (AGCC), bacteriocinas, microcinas, aminoácidos, vitaminas (del complejo B y vitamina K), entre otros. Estos metabolitos parece que están relacionados con la activación de la respuesta inmunitaria intestinal y la defensa contra patógenos externos [5,26,51–53,55]. En este sentido, varias bacterias tienen la capacidad de sintetizar diferentes vitaminas, por ejemplo, *Lactobacillus* puede producir vitamina B12 (cobalamina) y otras vitaminas del complejo B; *Bifidobacterium* es capaz de producir vitaminas K, B12 (cobalamina), B9 (folato) y B7 (biotina); y *Bacillus subtilis* y *Escherichia coli* tienen la capacidad de sintetizar vitamina B2 (riboflavina) [16]. Además, la microbiota intestinal juega un papel fundamental en la fermentación de sustratos no digeribles, como la fibra dietética, proceso en el cual se producen AGCC, como el acetato, el butirato y el propionato. Estos metabolitos son importantes moléculas de señalización que participan en la regulación del metabolismo y en la inflamación. Así pues, la microbiota intestinal desempeña un papel crucial en la regulación de la homeostasis metabólica del individuo [5,26,49–52,55,56].

La abundancia y la diversidad de la microbiota intestinal se puede alterar continuamente, ya que está influenciada por múltiples factores diferentes, como la edad, la etnia, el estilo de vida, la frecuencia de ejercicio físico, el estrés, la obesidad, las transiciones infantiles (edad gestacional al nacer, tipo de parto de la madre, alimentación con leche materna o de fórmula, etc.), los hábitos dietéticos y culturales, el consumo de probióticos y/o prebióticos, el uso de antibióticos, el consumo de alcohol o tabaco, los factores geográficos y ambientales, las comorbilidades intestinales, las enfermedades metabólicas, entre otros [5,6,16–18,26,49–52,55].

La microbiota intestinal de cada individuo es única y diferente, debido a la gran variabilidad inter e intraindividual y los múltiples factores que influyen en su composición. Esta microbiota se compone por una combinación específica de especies

bacterianas que se forman en las primeras etapas de vida, se modifican a lo largo de la vida y permanecen relativamente estables en la edad adulta. Es por esta razón que el objetivo no es tener una microbiota en concreto, ya que no existe una composición microbiana única, óptima y saludable para todos, sino que cada individuo debe lograr un equilibrio saludable entre sus comunidades microbianas. En este sentido, cuanto más abundante y diversa sea la microbiota intestinal, mejor será su capacidad para resistir amenazas externas y desempeñar de manera óptima las funciones metabólicas e inmunológicas, lo que puede ayudar a prevenir la aparición de enfermedades. En definitiva, una microbiota intestinal equilibrada y saludable se caracteriza por una comunidad microbiana diversa y abundante [5,26,51,52,55,57].

Aunque cada individuo tiene una composición microbiana única, se han identificado patrones comunes que se repiten en diferentes personas y se conocen como enterotipos. El enterotipo es una manera de clasificar a los individuos según su diversidad microbiana intestinal, mediante el cálculo de la proporción entre *Prevotella* y *Bacteroides* (ratio P/B). Se han identificado tres enterotipos que se caracterizan por la dominancia de un género bacteriano en particular: *Bacteroides* (enterotipo 1), *Prevotella* (enterotipo 2) y *Ruminococcus* o *Bifidobacterium* (enterotipo 3) [1,6,26,51]. En esta línea, se ha observado que el predominio de *Prevotella* spp. se asocia con propiedades antiinflamatorias en algunas enfermedades [6,16] y puede estar relacionada con una mayor síntesis de AGCC [1], y el predominio de *Bacteroides* spp. suele estar vinculado a diversas infecciones relacionadas con la resistencia a antibióticos y puede actuar como comensales beneficiosos para el hospedador [6]. Es importante destacar que los enterotipos están influenciados principalmente por la dieta [51].

Las comunidades microbianas que habitan en el intestino pueden estar en un estado de equilibrio y en simbiosis con su hospedador, lo que se conoce como “eubiosis”. Por el contrario, el término “disbiosis” hace referencia a un desequilibrio o alteración en la composición y función de la microbiota intestinal y en el estado de simbiosis. La disbiosis se ha asociado con diferentes manifestaciones clínicas, aunque aún no está claro si los patrones disbióticos son la causa o la consecuencia de la enfermedad [5,26,49–52,57]. Estos trastornos incluyen diabetes *mellitus* tipo 2, obesidad, alergia, comorbilidades neurológicas y neuropsiquiátricas (Alzheimer, Parkinson, depresión, trastorno del espectro autista, encefalopatía hepática, esclerosis lateral amiotrófica), enfermedades infecciosas, carcinogénesis, enfermedades autoinmunes (enfermedad celíaca, artritis reumatoide, psoriasis, lupus eritematoso sistémico, dermatitis atópica), enfermedades cardiovasculares, hepáticas, renales y gastrointestinales crónicas. Además, entre los trastornos más comunes del tracto gastrointestinal relacionados con la disbiosis de la microbiota intestinal se encuentran las enfermedades inflamatorias intestinales (colitis ulcerosa y enfermedad de Crohn), síndrome del intestino irritable, enfermedad diverticular y cáncer colorrectal [5,19,26,50–52,55,56,58,59].

En definitiva, la disbiosis de la microbiota intestinal no solo está vinculada a trastornos intestinales, sino también a múltiples enfermedades extraintestinales, como trastornos metabólicos y neurológicos [5,26,50–52,55,56].

4. Efecto de la dieta en la microbiota intestinal

Los patrones dietéticos pueden modificar la diversidad, la abundancia y la función de la microbiota intestinal humana, aunque estos cambios generalmente se observan a largo plazo [6,60].

4.1. Efecto de la dieta vegana en la microbiota intestinal

La dieta vegana se caracteriza por ser un patrón dietético alto en fibra y bajo en grasas saturadas, ya que excluye todos los alimentos de origen animal y se enfoca principalmente en frutas, verduras, cereales, legumbres, frutos secos, semillas y aceites vegetales. Estos alimentos aportan polímeros alimenticios de origen vegetal como fibra dietética, polifenoles, grasas insaturadas y proteína de origen vegetal, los cuales suelen desempeñar un papel importante en las principales vías metabólicas de la microbiota intestinal [18,60].

En un estudio realizado por Klimenko et al. en 2018, se evidenció que el consumo a largo plazo de vegetales se correlaciona con la diversidad microbiana y que la ingesta elevada de fibra dietética aumenta la prevalencia de microorganismos beneficiosos para la salud intestinal [18,61]. En este sentido, parece ser que tanto el alto aporte de fibra dietética como los polifenoles presentes en la dieta vegana juegan un papel fundamental en el mantenimiento de un ecosistema microbiano con mayor diversidad de bacterias beneficiosas. Esto ocurre porque incrementa la cantidad de bacterias capaces de metabolizar sustratos no digeribles, como *Bifidobacterium*, *Prevotella*, *Bacteroides* y *Clostridium*. Además, se ha reportado que la dieta vegana reduce la presencia de patobiontes asociados con la inflamación de bajo grado, como *Enterobacteriaceae* [16,18,60,62–64].

En primer lugar, la dieta vegana incluye un consumo elevado de alimentos ricos en **fibra dietética** que actúan como prebióticos, es decir, la dieta vegana proporciona sustratos para el metabolismo de las bacterias intestinales. Estos sustratos tienen diversos efectos beneficiosos, como el incremento en la absorción de bifidobacterias, lactobacilos y calcio, la reducción de poblaciones bacterianas menos beneficiosas, la disminución de la fermentación proteica, la producción de metabolitos beneficiosos, la mejora en la inmunidad intestinal y la protección de la permeabilidad de la barrera intestinal [6,60]. Entre los productos finales del metabolismo bacteriano se incluyen los ácidos grasos de cadena corta (AGCC), que actúan como fuente de energía para los colonocitos y también, pueden pasar al torrente sanguíneo y ejercer importantes funciones en órganos distales [5,6,51,63]. Los AGCC pueden ser acetato, propionato y butirato. El acetato y el propionato se utilizan como sustratos para el metabolismo del colesterol, lípidos y glucosa, mientras que el butirato desempeña funciones importantes en la regulación del sistema inmunológico y en el mantenimiento de la función de barrera tisular [26,65]. También, los AGCC están involucrados en varias otras funciones fisiológicas importantes, como la disminución del pH colónico, la inhibición del crecimiento de patógenos pertenecientes a algunos géneros de *Proteobacteria* (por ejemplo, *Escherichia coli*) y *Firmicutes* (por ejemplo, *Clostridium perfringens* y *Clostridium histolyticum*), la mejora de la tolerancia a la glucosa, la reducción del colesterol circulante, la mejora de la sensibilidad a la insulina, la absorción de agua y sodio, el fortalecimiento de la mucosa de la barrera intestinal y la inhibición de la proliferación de células cancerosas al interferir con múltiples mecanismos [6,19,57,65–67]. Por estas razones, los AGCC desempeñan un papel protector en diversas enfermedades, como la diabetes *mellitus* tipo 2, la enfermedad inflamatoria intestinal y las enfermedades inmunitarias [16,60].

Por lo tanto, la ingesta de fibra dietética influye en el ecosistema microbiano, tanto en términos de diversidad como de abundancia de las comunidades microbianas presentes. En este sentido, la literatura científica ha revelado que las dietas ricas en carbohidratos no digeribles, como el salvado de trigo y los cereales integrales, se asocian con un incremento de la presencia de *Bifidobacterium* spp. y *Lactobacillus* spp., y la cebada integral y el almidón resistente, se asocian con un incremento de las bacterias del ácido láctico, como *Roseburia* spp., *Eubacterium rectale* y *Ruminococcus* spp. Además, los carbohidratos no digeribles reducen la presencia de los géneros *Clostridium* y *Enterococcus* [6,16,19,66]. Las bifidobacterias y los lactobacilos desempeñan funciones importantes en el metabolismo sacarolítico y en la protección de la barrera intestinal, ya que inhiben la

invasión y el crecimiento de patógenos bacterianos [6,16]. No solo los carbohidratos no digeribles tienen efectos positivos, también los carbohidratos digeribles presentes en las frutas se asocian con un incremento de la presencia de *Bifidobacterium* y una reducción del género *Bacteroides* y *Clostridium* [16,19]. Además, se ha observado que las personas que siguen patrones dietéticos basados en plantas, incluyendo la dieta vegana, presentan una mayor relación de *Prevotella/Bacteroides* (ratio P/B), es decir, el género dominante en su microbiota intestinal es *Prevotella* (enterotipo 2). Este hallazgo se puede atribuir al consumo elevado de fibra dietética y polifenoles en la dieta vegana [1,6,18,65,68].

En segundo lugar, los **polifenoles** también son compuestos abundantes en la dieta vegana. Los polifenoles son una amplia familia que incluye flavonoides, ácidos fenólicos, estilbenos, lignanos y secoiridoides. Estos compuestos han demostrado incrementar la presencia de *Bifidobacterium* spp. y *Lactobacillus* spp., géneros bacterianos que ofrecen beneficios para la salud, así como protección cardiovascular y efectos antibacterianos y antiinflamatorios [16,19,53,60,64,66]. Los polifenoles se metabolizan en el colon y las bacterias colónicas influyen en su bioactividad, no obstante, es posible que una pequeña proporción sea absorbida en el intestino delgado [53,64,69]. La microbiota intestinal tiene capacidad de convertir compuestos inactivos presentes en la dieta en moléculas bioactivas. Un ejemplo de esto es la transformación de ciertas isoflavonas de la soja en compuestos con actividad estrogénica, como el equol [51,69]. En este sentido, la literatura científica ha revelado que existen interacciones beneficiosas entre la microbiota intestinal y las isoflavonas presentes en el té o la soja [6]. Además, el consumo de polifenoles presentes en frutas, semillas y té puede reducir la presencia de bacterias no beneficiosas, como *Clostridium perfringens* y *Clostridium histolyticum* [19,66]. También, se ha observado que la ingesta de polifenoles derivados del cacao tiene efectos positivos en la salud, ya que aumenta las lipoproteínas de alta densidad (cHDL) y disminuye tanto los triglicéridos como los niveles séricos de proteína C-reactiva (PCR) [19]. La evidencia científica actual sugiere que existe una interacción bidireccional entre el metabolismo de los flavonoides y la microbiota intestinal [64,70].

En tercer lugar, la ingesta de **grasas**, tanto por la calidad como la cantidad, pueden tener un impacto en la composición de la microbiota intestinal [6]. La dieta vegana es baja en grasas y aporta principalmente grasas monoinsaturadas y poliinsaturadas, lo que promueve un aumento en la proporción de *Bacteroidetes* en comparación con *Firmicutes*, un incremento de las bacterias del ácido láctico y un aumento del género *Bifidobacterium* [16,19]. Es esta misma línea, en una revisión sistemática de Losno et al. de 2021, se reveló que en individuos veganos, fue abundante el filo *Bacteroidetes*, en particular, el género *Prevotella* [18]. También, se ha reportado que el consumo de frutos secos, particularmente las nueces, tienen efectos beneficiosos en la composición de la microbiota intestinal, ya que aumenta la presencia de *Ruminococcus* spp. y *Bifidobacterium* spp., al mismo tiempo que disminuye la presencia de *Clostridium* spp. [16,71].

En cuarto lugar, el aporte energético proveniente de las **proteínas** es bajo en la dieta vegana, no obstante, la proteína de origen vegetal es beneficiosa para la microbiota intestinal [6]. En un estudio de Singh et al. de 2017, se reportó que tras la ingesta de proteína de guisante, se observó un incremento en los géneros de *Bifidobacterium* y *Lactobacillus*, así como un aumento de los niveles de ácidos grasos de cadena corta (AGCC), mientras que se observó una disminución en la presencia de los patógenos *Clostridium perfringens* y *Bacteroides fragilis* [19].

En resumen, una dieta vegana adecuadamente planificada proporciona nutrientes de calidad que tienen efectos positivos y beneficiosos para la salud humana. Esto se debe a que influyen tanto en la composición microbiana como en las vías metabólicas de la microbiota intestinal [6]. En la Figura 4 se presenta un resumen visual que muestra el impacto en la microbiota intestinal humana y los efectos fisiopatológicos de las fibras dietéticas, los polifenoles, las grasas y las proteínas de origen vegetal.

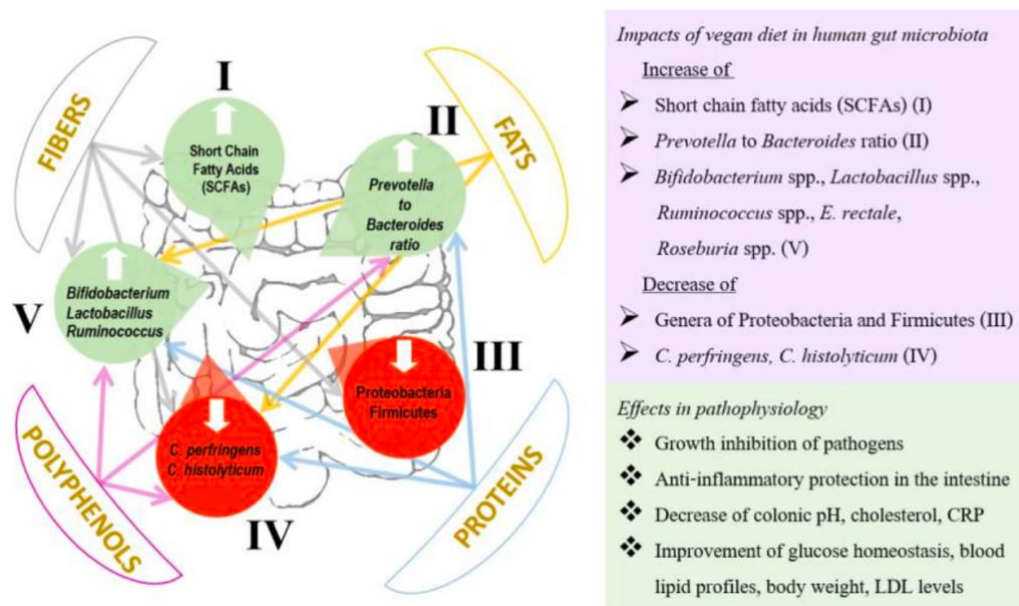


Figura 4. Impacto de los nutrientes más abundantes de la dieta vegana en la microbiota intestinal humana y los efectos fisiopatológicos asociados más relevantes. *E. rectale*: *Eubacterium rectale*; *C. perfringens*: *Clostridium perfringens*; *C. histolyticum*: *Clostridium histolyticum*; LDL: lipoproteína de baja densidad; CPR: proteína C-reactiva. Figura extraída de Sakkas et al. [6].

Es importante destacar que se requieren investigaciones adicionales para aclarar los mecanismos subyacentes y las interrelaciones entre el patrón dietético vegano y la composición de la microbiota intestinal. La mayoría de los estudios existentes se centran en examinar los efectos de los alimentos de origen vegetal en la modulación de la microbiota intestinal. Dado que la dieta vegana se basa en el consumo exclusivo de estos alimentos, los resultados se pueden atribuir a este patrón dietético. Sin embargo, es importante tener en cuenta que no es el único patrón dietético en el cual se consumen alimentos de origen vegetal, y también que en ocasiones se utiliza indistintamente el término vegano y vegetariano. Por lo tanto, todos estos resultados deben interpretarse con cautela, no solo porque dentro de un patrón dietético vegano pueden existir diferencias en la calidad de la dieta, sino también debido a las diversas metodologías utilizadas para identificar la microbiota intestinal, el tamaño de la muestra de estudio, el período de intervención, el tipo de estudio y los factores que afectan a la microbiota por sí solos, como el origen geográfico, la edad, el sexo, el estilo de vida, la masa corporal, entre otros. Todo esto influye en los resultados de los estudios y, por eso, a veces se obtienen resultados controvertidos [17,26]. En este sentido, un estudio transversal llevado a cabo por Losasso et al. en 2018 y una revisión sistemática realizada por Trefflich et al. en 2020, sugirieron que la dieta vegana tiene un impacto en la microbiota intestinal, pero debido a la alta variabilidad intra e interindividual, no se pueden obtener conclusiones definitivas sobre cuál es la composición de la microbiota intestinal en un patrón dietético vegano [68,72].

4.2. Efecto de otros tipos de dieta en la microbiota intestinal

Los patrones dietéticos, entre otros factores, influyen significativamente en la modulación de la composición de la microbiota intestinal [16,66]. Por lo tanto, la dieta puede tener tanto efectos positivos como negativos en la salud del individuo. Por ejemplo, la Dieta Mediterránea y la dieta vegetariana se han asociado con efectos positivos, debido a que son altas en fibra dietética y polifenoles y bajas en grasas saturadas, en cambio, la Dieta Occidental se ha asociado con efectos negativos, debido a que son bajas en fibra

dietética y altas en grasas saturadas y carbohidratos refinados [62]. Estas diferencias en la composición de la dieta se reflejan en diferencias en la composición de la microbiota intestinal [18].

Las dietas occidentales, el estilo de vida moderno, el sedentarismo, el hábito de fumar y el consumo de drogas ha contribuido a una reducción significativa de la diversidad microbiana y se ha relacionado con muchas enfermedades no transmisibles. Todos estos aspectos están vinculados al estilo de vida occidental, siendo la dieta el factor principal que puede tener un gran impacto en la modulación de la microbiota intestinal [66,67,73]. A nivel global, la morbilidad y la mortalidad de las enfermedades crónicas ha aumentado por el tipo de dieta, debido a que ésta es de baja calidad y de alta densidad calórica [3,39].

Por un lado, la Dieta Mediterránea se caracteriza por incluir diversos grupos de alimentos, como hortalizas y verduras, frutas, aceite de oliva, frutos secos y legumbres, junto con cantidades moderadas de pescado, aves y vino, y un consumo limitado de carnes rojas y procesadas [18,62]. Es un patrón dietético rico en fibra dietética y ácidos grasos insaturados, que se ha asociado con un menor riesgo de enfermedad cardiovascular y síndrome metabólico [62]. Por otro lado, la Dieta Occidental se caracteriza por una mayor ingesta de carne y productos cárnicos, carbohidratos refinados y alimentos procesados [18]. Es un patrón dietético bajo en fibra dietética y alto en grasas saturadas y carbohidratos refinados, que está estrechamente relacionado con la disbiosis, la pérdida de diversidad microbiana y un alto riesgo de obesidad, enfermedades cardiovasculares, síndrome metabólico y cáncer [62,67,73].

En primer lugar, los alimentos que proporcionan sustratos a la microbiota intestinal son aquellos que contienen nutrientes con baja biodisponibilidad, como las paredes celulares de plantas intactas y los alimentos no sometidos a tratamiento térmico. Esto permite que más sustratos lleguen a la parte final del tracto gastrointestinal, lo cual contribuye al desarrollo y la función normal de la microbiota intestinal [16,74]. En este sentido, la fibra dietética es un excelente sustrato para la microbiota, por eso las dietas veganas en comparación con las dietas omnívoras promueven un aumento de las bacterias especializadas en la degradación de la fibra dietética, entre las cuales se incluyen *Bifidobacterium*, *Prevotella*, *Bacteroides* y *Clostridium*, y se asocian con efectos protectores. Este efecto positivo, también se podría dar en una Dieta Mediterránea, ya que el consumo de fibra dietética es alto [16,18]. Sin embargo, la Dieta Occidental contiene más alimentos ultraprocesados con nutrientes acelulares, por lo que, se absorben mayoritariamente en el intestino delgado y casi no llegan nutrientes al colon, lo que ocasiona una alteración en la composición y el metabolismo de la microbiota intestinal e inducen inflamación [16,75].

En segundo lugar, las grasas saturadas, que se encuentran principalmente en fuentes de origen animal, disminuyen la presencia de *Bifidobacterium* spp. y *Lactobacillus* spp., mientras que aumentan la de algunos géneros de *Proteobacteria* y *Firmicutes*. Estos cambios en la composición microbiana pueden activar la inflamación, ya que inducen la síntesis de citoquinas proinflamatorias como interleucina-1 (IL-1), interleucina-6 (IL-6) y factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α), y gradualmente pueden contribuir al desarrollo de trastornos metabólicos [6,16,19,66]. Este efecto negativo, se podría dar en cualquier patrón dietético donde el consumo de productos de origen animal sea alto [19,66].

En tercer lugar, el efecto en la microbiota intestinal de las proteínas de origen animal difieren del de las proteínas de origen vegetal. El consumo excesivo de proteína animal puede modificar la composición de la microbiota intestinal, aumentando la presencia de *Bacteroides* spp., *Alistipes* spp. y *Bilophila* spp., y disminuyendo la de *Lactobacillus* spp., *Roseburia* spp. y *Eubacterium rectale*. Estas alteraciones en la microbiota se asocian con la patogénesis de la enfermedad inflamatoria intestinal [6,19]. Por ejemplo, en una revisión realizada por Tomova et al. en 2019, se encontró que el grupo de individuos que seguía una dieta alta en proteína de origen animal, a través del consumo de carne de vacuno,

mostró una disminución en la abundancia de ciertas bacterias que metabolizan polisacáridos vegetales, como *Roseburia*, *Eubacterium rectale* y *Ruminococcus bromii*. Además, en comparación con el grupo que no consumía carne, se observó un aumento en las poblaciones bacterianas tolerantes a la bilis, como *Bacteroides* y *Clostridia* [16]. También, en una revisión de Medawar et al. de 2019, se informó que los cambios en la dieta que promueven un consumo elevado de proteína de origen animal se asocian con un aumento en los niveles de N-óxido de trimetilamina (TMAO). El TMAO es un metabolito microbiano que aumenta en presencia de alimentos de origen animal, como huevo, carne roja y cerdo. Este metabolito parece ser que está asociado con trastornos cardiovasculares, neurológicos y enfermedades inflamatorias intestinales [1,16,19,69,76]. En este sentido, las personas que siguen patrones dietéticos basados en plantas presentan niveles sanguíneos más bajos de TMAO, lo cual se asocia con una reducción del riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares [16,69].

La dieta vegana en comparación con las dietas omnívoras suele ser más alta en fibra dietética y más baja en grasas saturadas y proteínas, lo que permite modular la composición de la microbiota intestinal hacia una mayor diversidad de especies bacterianas beneficiosas [1,18]. Por el contrario, las dietas bajas en fibra dietética y altas en grasas y proteínas pueden contribuir a la translocación de las poblaciones bacterianas y reducir la presencia de metabolitos que modulan la inflamación, por lo que puede aumentar tanto la inflamación como la permeabilidad intestinal [6].

La microbiota intestinal de individuos que siguen una Dieta Occidental presenta una menor relación de *Prevotella/Bacteroides* (ratio P/B) en comparación con aquellos que siguen una dieta vegana [6]. Por lo tanto, la microbiota está dominada por especies de *Bacteroides* (enterotipo 1) en personas que consumen dietas ricas en proteína animal, aminoácidos y grasas saturadas, mientras que la microbiota está dominada por especies de *Prevotella* (enterotipo 2) en personas con hábitos dietéticos basados en plantas [1,6,65]. Por ejemplo, en un estudio realizado por Klimenko et al. en 2018, se encontró una asociación entre una dieta alta en productos cárnicos y lácteos con una menor abundancia de especies de *Prevotella* en la microbiota intestinal [18,61].

En una revisión realizada por Norman et al. en 2020, se sugirió que mantener una dieta variada es fundamental para mantener un estado de eubiosis en la microbiota intestinal, por lo que, podría ser incluso más importante incorporar una amplia variedad de alimentos de origen vegetal que no solamente excluir los alimentos de origen animal [69].

Es importante destacar que los cambios en la composición de la microbiota intestinal generalmente se observan a largo plazo [6,60], prueba de ello es un estudio reciente de Kohnert et al. de 2021, donde no encontraron diferencias significativas, después de una intervención de 4 semanas, entre la microbiota intestinal de individuos que seguían una dieta vegana con los que seguían una dieta rica en carne [77].

En resumen, se ha observado que una mayor ingesta de alimentos de origen vegetal se relaciona con mejores resultados de salud, mientras que una alta ingesta de productos de origen animal y/o alimentos procesados se relaciona con una mayor incidencia de enfermedades crónicas no transmisibles [3,39]. Está claro que existe una conexión entre la dieta y la microbiota, lo que resalta la importancia de adoptar una nueva cultura alimentaria que favorezca el consumo de alimentos más saludables y reduzca el exceso de consumo [67], porque como dijo Hipócrates: “Que la comida sea tu alimento y el alimento tu medicina”.

4.3. Limitaciones de los estudios revisados

La investigación sobre el efecto de los diferentes patrones dietéticos en la microbiota intestinal presenta ciertas limitaciones que deben ser consideradas.

En primer lugar, la microbiota es un entorno en constante cambio que está influenciada por diversos factores y en diferentes grados. Por ejemplo, se ha comprobado que la composición de la microbiota se ve afectada por la edad, observándose una disminución de las *Bifidobacteriaceae* a medida que aumenta la edad. Por lo tanto, en los estudios observacionales es fundamental que las cohortes tengan edades comparables y que el rango de edad no sea demasiado amplio [5,18]. Además, aunque a nivel mundial existe una microbiota intestinal central, ésta también se ve modificada según la ubicación geográfica donde se realice el estudio [18].

En segundo lugar, existe una falta de homogeneidad en los estudios, ya que no todos informan sobre la microbiota intestinal en el mismo nivel taxonómico, lo que dificulta la comparación de resultados [18]. Un estudio realizado por De Angelis et al. en 2020, destacó la importancia de analizar la microbiota a nivel de género y especie, ya que a nivel de filo no era suficiente para distinguir entre veganos y omnívoros. Sobre todo, al menos a nivel de especie, ya que los efectos pueden variar significativamente. Incluso entre diferentes cepas de la misma especie es posible observar efectos distintos o incluso opuestos [18,70]. Además, aún no se comprenden completamente las rutas metabólicas de algunos taxones y su papel en la salud y la enfermedad [68].

En tercer lugar, los resultados de los estudios pueden verse afectados por la duración que los participantes siguen la dieta de interés. Aquellas personas que adoptan una dieta vegana por un período corto de tiempo pueden proporcionar datos inexactos en los estudios que evalúan el efecto de la dieta vegana en la microbiota intestinal [3,18].

En cuarto lugar, los patrones dietéticos presentan una gran variabilidad, lo que dificulta su interpretación y comparación con otros patrones. Por ejemplo, algunos vegetarianos pueden consumir una alta proporción de calorías provenientes de alimentos derivados de origen animal, mientras que algunos omnívoros pueden seguir una dieta principalmente basada en plantas y consumir carne de forma ocasional (por ejemplo, una Dieta Mediterránea o DASH). Estas diferencias en las frecuencias de consumo pueden dar lugar a resultados y comparaciones erróneas [3,18].

En quinto lugar, las definiciones de los diferentes patrones dietéticos se centran exclusivamente en determinar la presencia, ausencia o limitación de grupos de alimentos específicos, sin tener en cuenta la calidad de la dieta (es decir, la ingesta de alimentos saludables o no saludables). Aunque adoptar una dieta basada en plantas está asociado con numerosos beneficios para la salud, no todos los alimentos veganos o vegetarianos son igual de saludables. Además, en la última década ha habido un aumento de productos ultraprocesados de origen vegetal, que son poco saludables. En estos casos, no se podría esperar ningún beneficio para la salud, e incluso podría haber un impacto negativo [3,78].

En definitiva, la complejidad y diversidad de la microbiota intestinal dificultan su análisis, pero también, la alimentación de cada individuo puede ser diferente, aunque se incluyan en un mismo patrón dietético. Además, cada persona responde de manera diferente a los cambios en la alimentación, por la variabilidad interindividual. Sin embargo, a pesar de todas estas limitaciones, los estudios actuales brindan una visión general sobre el papel de la dieta en la salud intestinal, pero se requiere de más investigación para obtener conclusiones más sólidas.

5. Conclusiones

La interacción entre la dieta, la microbiota intestinal y la salud humana es compleja. La evidencia actual indica que los hábitos dietéticos son factores claves en la modulación de la composición de la microbiota intestinal humana, ya que es capaz de modificar la riqueza y la diversidad de algunos taxones y las cantidades de algunos metabolitos microbianos.

La dieta desempeña un papel fundamental en la salud y en la enfermedad, y parece ser que se debe, en parte, a mecanismos dependientes de la microbiota intestinal. Aquellos patrones dietéticos que incluyen alimentos altos en fibra dietética, polifenoles, ácidos grasos insaturados, proteína de origen vegetal y micronutrientes, promueven la diversidad y funcionalidad de la microbiota intestinal y estimulan la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC), mientras que una alimentación con una ingesta elevada de proteína de origen animal, grasas saturadas, carbohidratos refinados y alimentos procesados, puede estimular el crecimiento de bacterias patógenas en detrimento de las bacterias beneficiosas, lo que puede conducir a la disbiosis, la activación anormal de las células inmunitarias y la alteración de la función de barrera y permeabilidad intestinal. Por lo tanto, comprender el vínculo entre la dieta y la microbiota intestinal es fundamental para intentar controlar y/o prevenir las enfermedades crónicas no transmisibles.

Existe suficiente evidencia que demuestra que diferentes factores pueden influir en la composición de la microbiota intestinal. La microbiota intestinal humana es un ecosistema formado por diversas comunidades microbianas que interactúan y compiten por los nutrientes contenidos en la dieta, a partir de los cuales producen los metabolitos que se asocian con diferentes aspectos relacionados con la salud y la enfermedad. Es importante destacar que no existe una composición microbiana perfecta que garantice un buen estado de salud, ya que debido a las diferencias intra e interindividuales, cada individuo saludable tiene una microbiota intestinal única y la composición de una microbiota intestinal saludable es diferente para todos.

Está bien documentado que las dietas basadas en plantas están asociadas con un mejor estado de salud. El conocimiento actual sugiere que la dieta vegana, debido a su alto contenido de alimentos de origen vegetal y la exclusión de alimentos de origen animal, puede ser una forma efectiva de promover un ecosistema más diverso y abundante de microorganismos beneficiosos que respalden la salud en general. No obstante, si la dieta no se planifica adecuadamente, existe el riesgo de deficiencia de vitamina B12, vitamina D, calcio, ácidos grasos omega-3 de cadena larga, hierro y zinc. En este sentido, cabe destacar que es imprescindible la suplementación con vitamina B12, y para evitar el déficit del resto de nutrientes esenciales, se recomienda el asesoramiento con un profesional capacitado como el Dietista-Nutricionista.

La dieta vegana no es el único patrón dietético beneficioso para la salud y la microbiota intestinal, ya que también se han reportado beneficios con otras dietas basadas en plantas, como la Dieta Mediterránea, o incluso con una dieta omnívora, siempre y cuando haya un bajo consumo de alimentos de origen animal y un alto consumo de fibra dietética.

La interrelación entre la dieta, la microbiota intestinal y la salud es muy compleja y aún se requieren más investigaciones al respecto. Es evidente que existe una estrecha conexión entre la alimentación y la microbiota intestinal, por eso, la dieta es un factor modificable que puede desempeñar un papel importante en la prevención de ciertas enfermedades. Por lo tanto, modificar los hábitos alimentarios actuales e intentar adoptar un patrón dietético basado en alimentos de origen vegetal o reducir el consumo de alimentos de origen animal, pueden ser buenas estrategias para prevenir la disbiosis de la microbiota y, por ende, prevenir diversos trastornos gastrointestinales y neurológicos. En este contexto, la dieta vegana se posiciona como un patrón dietético que beneficia tanto la salud humana como la microbiota intestinal, además de tener un impacto positivo en el medio ambiente.

Referencias

1. Medawar, E.; Huhn, S.; Villringer, A.; Witte, A.V. The Effects of Plant-Based Diets on the Body and the Brain: A Systematic Review. *Transl Psychiatry* **2019**, *9*, 1–17, doi:10.1038/s41398-019-0552-0. 784
2. Kaminski, M.; Skonieczna-Żydecka, K.; Krzysztof Nowak, J.; Stachowska, E. Global and Local Diet Popularity Rankings, Their Secular Trends, and Seasonal Variation in Google Trends Data. *Nutrition* **2020**, *79–80*, 1–9, doi:10.1016/j.nut.2020.110759. 785
3. Hargreaves, S.M.; Rosenfeld, D.L.; Moreira, A.V.B.; Zandonadi, R.P. Plant-Based and Vegetarian Diets: An Overview and Definition of These Dietary Patterns. *Eur J Nutr* **2023**, *62*, 1109–1121, doi:10.1007/s00394-023-03086-z. 786
4. Kent, G.; Kehoe, L.; Flynn, A.; Walton, J. Plant-Based Diets: A Review of the Definitions and Nutritional Role in the Adult Diet. *Proceedings of the Nutrition Society* **2022**, *81*, 62–74, doi:10.1017/S0029665121003839. 787
5. Rinninella, E.; Raoul, P.; Cintoni, M.; Franceschi, F.; Miggiano, G.; Gasbarrini, A.; Mele, M. What Is the Healthy Gut Microbiota Composition? A Changing Ecosystem across Age, Environment, Diet, and Diseases. *Microorganisms* **2019**, *7*, 1–22, doi:10.3390/microorganisms7010014. 788
6. Sakkas, H.; Bozidis, P.; Touzios, C.; Kolios, D.; Athanasiou, G.; Athanasopoulou, E.; Gerou, I.; Gartzonika, C. Nutritional Status and the Influence of the Vegan Diet on the Gut Microbiota and Human Health. *Medicina (B Aires)* **2020**, *56*, 1–15, doi:10.3390/medicina56020088. 789
7. Craig, W.J. Health Effects of Vegan Diets. *Am J Clin Nutr* **2009**, *89*, 1627S–1633S, doi:10.3945/ajcn.2009.26736N. 790
8. Bali, A.; Naik, R. The Impact of a Vegan Diet on Many Aspects of Health: The Overlooked Side of Veganism. *Cureus* **2023**, *15*, 1–6, doi:10.7759/cureus.35148. 791
9. Gallego-Narbón, A.; Zapatera, B.; Álvarez, I.; Vaquero, M.P. Methylmalonic Acid Levels and Their Relation with Cobalamin Supplementation in Spanish Vegetarians. *Plant Foods for Human Nutrition* **2018**, *73*, 166–171, doi:10.1007/s11130-018-0677-y. 792
10. Chandra-Hioe, M. V.; Lee, C.; Arcot, J. What Is the Cobalamin Status among Vegetarians and Vegans in Australia? *Int J Food Sci Nutr* **2019**, *70*, 875–886, doi:10.1080/09637486.2019.1580681. 793
11. Allès, B.; Baudry, J.; Méjean, C.; Touvier, M.; Péneau, S.; Hercberg, S.; Kesse-Guyot, E. Comparison of Sociodemographic and Nutritional Characteristics between Self-Reported Vegetarians, Vegans, and Meat-Eaters from the NutriNet-Santé Study. *Nutrients* **2017**, *9*, 1–18, doi:10.3390/nu9091023. 794
12. Cramer, H.; Kessler, C.S.; Sundberg, T.; Leach, M.J.; Schumann, D.; Adams, J.; Lauche, R. Characteristics of Americans Choosing Vegetarian and Vegan Diets for Health Reasons. *J Nutr Educ Behav* **2017**, *49*, 561–567, doi:10.1016/j.jneb.2017.04.011. 795
13. Lemale, J.; Mas, E.; Jung, C.; Bellaiche, M.; Tounian, P. Vegan Diet in Children and Adolescents. Recommendations from the French-Speaking Pediatric Hepatology, Gastroenterology and Nutrition Group (GFHGNP). *Archives de Pédiatrie* **2019**, *26*, 442–450, doi:10.1016/j.arcped.2019.09.001. 796
14. Dinu, M.; Abbate, R.; Gensini, G.F.; Casini, A.; Sofi, F. Vegetarian, Vegan Diets and Multiple Health Outcomes: A Systematic Review with Meta-Analysis of Observational Studies. *Crit Rev Food Sci Nutr* **2017**, *57*, 3640–3649, doi:10.1080/10408398.2016.1138447. 797
15. McMacken, M.; Shah, S. A Plant-Based Diet for the Prevention and Treatment of Type 2 Diabetes. *Journal of Geriatric Cardiology* **2017**, *14*, 342–354, doi:10.11909/j.issn.1671-5411.2017.05.009. 798
16. Tomova, A.; Bukovsky, I.; Rembert, E.; Yonas, W.; Alwarith, J.; Barnard, N.D.; Kahleova, H. The Effects of Vegetarian and Vegan Diets on Gut Microbiota. *Front Nutr* **2019**, *6*, 1–10, doi:10.3389/fnut.2019.00047. 799
17. Wong, M.-W.; Yi, C.-H.; Liu, T.-T.; Lei, W.-Y.; Hung, J.-S.; Lin, C.-L.; Lin, S.-Z.; Chen, C.-L. Impact of Vegan Diets on Gut Microbiota: An Update on the Clinical Implications. *Tzu Chi Med J* **2018**, *30*, 200–203, doi:10.4103/tcmj.tcmj_21_18. 800
18. Losno, E.A.; Sieferle, K.; Perez-Cueto, F.J.A.; Ritz, C. Vegan Diet and the Gut Microbiota Composition in Healthy Adults. *Nutrients* **2021**, *13*, 1–14, doi:10.3390/nu13072402. 801
19. Singh, R.K.; Chang, H.-W.; Yan, D.; Lee, K.M.; Ucmak, D.; Wong, K.; Abrouk, M.; Farahnik, B.; Nakamura, M.; Zhu, T.H.; et al. Influence of Diet on the Gut Microbiome and Implications for Human Health. *J Transl Med* **2017**, *15*, 1–17, doi:10.1186/s12967-017-1175-y. 802
20. Chen, C.; Chaudhary, A.; Mathys, A. Dietary Change Scenarios and Implications for Environmental, Nutrition, Human Health and Economic Dimensions of Food Sustainability. *Nutrients* **2019**, *11*, 1–21, doi:10.3390/nu11040856. 803
21. Vergeer, L.; Vanderlee, L.; White, C.M.; Rynard, V.L.; Hammond, D. Vegetarianism and Other Eating Practices among Youth and Young Adults in Major Canadian Cities. *Public Health Nutr* **2019**, *23*, 609–619, doi:10.1017/S136898001900288X. 804
22. West, S.; Monteyne, A.J.; van der Heijden, I.; Stephens, F.B.; Wall, B.T. Nutritional Considerations for the Vegan Athlete. *Advances in Nutrition* **2023**, 1–22, doi:10.1016/j.advnut.2023.04.012. 805
23. Rogerson, D. Vegan Diets: Practical Advice for Athletes and Exercisers. *J Int Soc Sports Nutr* **2017**, *14*, 1–15, doi:10.1186/s12970-017-0192-9. 806
24. Melina, V.; Craig, W.; Levin, S. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Vegetarian Diets. *J Acad Nutr Diet* **2016**, *116*, 1970–1980, doi:10.1016/j.jand.2016.09.025. 807

783

784

785

786

787

788

789

790

791

792

793

794

795

796

797

798

799

800

801

802

803

804

805

806

807

808

809

810

811

812

813

814

815

816

817

818

819

820

821

822

823

824

825

826

827

828

829

830

831

832

833

834

835

836

25. Cruwys, T.; Norwood, R.; Chachay, V.S.; Ntontis, E.; Sheffield, J. "An Important Part of Who I Am": The Predictors of Dietary Adherence among Weight-Loss, Vegetarian, Vegan, Paleo, and Gluten-Free Dietary Groups. *Nutrients* **2020**, *12*, 1–17, doi:10.3390/nu12040970. 837
838
839
26. Rinninella, E.; Cintoni, M.; Raoul, P.; Lopetuso, L.R.; Scaldaferri, F.; Pulcini, G.; Donato Miggiano, G.A.; Gasbarrini, A.; Mele, M.C. Food Components and Dietary Habits: Keys for a Healthy Gut Microbiota Composition. *Nutrients* **2019**, *11*, 1–23, doi:10.3390/nu11102393. 840
841
842
27. Tong, T.Y.; Key, T.J.; Gaitskill, K.; Green, T.J.; Guo, W.; Sanders, T.A.; Bradbury, K.E. Hematological Parameters and Prevalence of Anemia in White and British Indian Vegetarians and Nonvegetarians in the UK Biobank. *Am J Clin Nutr* **2019**, *110*, 461–472, doi:10.1093/ajcn/nqz072. 843
844
845
28. Lederer, A.-K.; Hannibal, L.; Hettich, M.; Behringer, S.; Spiekerkoetter, U.; Steinborn, C.; Gründemann, C.; Zimmermann-Klemd, A.M.; Müller, A.; Simmet, T.; et al. Vitamin B12 Status upon Short-Term Intervention with a Vegan Diet - A Randomized Controlled Trial in Healthy Participants. *Nutrients* **2019**, *11*, 1–25, doi:10.3390/nu11112815. 846
847
848
29. Saponaro, F.; Saba, A.; Zucchi, R. An Update on Vitamin D Metabolism. *Int J Mol Sci* **2020**, *21*, 1–19, doi:10.3390/ijms21186573. 849
30. Christakos, S.; Li, S.; DeLa Cruz, J.; Verlinden, L.; Carmeliet, G. Vitamin D and Bone. In *Bone Regulators and Osteoporosis Therapy*; Stern, P.H., Ed.; 2020; Vol. 262, pp. 47–63. 850
851
31. Tong, T.Y.N.; Appleby, P.N.; Armstrong, M.E.G.; Fensom, G.K.; Knuppel, A.; Papier, K.; Perez-Cornago, A.; Travis, R.C.; Key, T.J. Vegetarian and Vegan Diets and Risks of Total and Site-Specific Fractures: Results from the Prospective EPIC-Oxford Study. *BMC Med* **2020**, *18*, 1–15, doi:10.1186/s12916-020-01815-3. 852
853
854
32. van Wonderen, D.; Melse-Boonstra, A.; Gerdessen, J.C. Iron Bioavailability Should Be Considered When Modeling Omnivorous, Vegetarian, and Vegan Diets. *J Nutr* **2023**, 1–8, doi:10.1016/j.tjnut.2023.05.011. 855
856
33. Henjum, S.; Groufh-Jacobsen, S.; Stea, T.H.; Tonheim, L.E.; Almendingen, K. Iron Status of Vegans, Vegetarians and Pescatarians in Norway. *Biomolecules* **2021**, *11*, 1–10, doi:10.3390/biom11030454. 857
858
34. Abdelhaleim, A.F.; Amer, A.Y.; Abdo Soliman, J.S. Association of Zinc Deficiency with Iron Deficiency Anemia and Its Symptoms: Results from a Case-Control Study. *Cureus* **2019**, *11*, 1–7, doi:10.7759/cureus.3811. 859
860
35. Di Lorenzo, C.; Colombo, F.; Biella, S.; Stockley, C.; Restani, P. Polyphenols and Human Health: The Role of Bioavailability. *Nutrients* **2021**, *13*, 1–30, doi:10.3390/nu13010273. 861
862
36. Fraga, C.G.; Croft, K.D.; Kennedy, D.O.; Tomás-Barberán, F.A. The Effects of Polyphenols and Other Bioactives on Human Health. *Food Funct* **2019**, *10*, 514–528, doi:10.1039/C8FO01997E. 863
864
37. Rajaram, S.; Jones, J.; Lee, G.J. Plant-Based Dietary Patterns, Plant Foods and Age-Related Cognitive Decline. *Advances in Nutrition* **2019**, *10*, S422–S436, doi:10.1093/advances/nmz081. 865
866
38. Li, H.; Xia, Y.; Liu, H.-Y.; Guo, H.; He, X.-Q.; Liu, Y.; Wu, D.-T.; Mai, Y.-H.; Li, H.-B.; Zou, L.; et al. Nutritional Values, Beneficial Effects, and Food Applications of Broccoli (*Brassica Oleracea* Var. *Italica* Plenck). *Trends Food Sci Technol* **2022**, *119*, 288–308, doi:10.1016/j.tifs.2021.12.015. 867
868
869
39. Hemler, E.C.; Hu, F.B. Plant-Based Diets for Personal, Population, and Planetary Health. *Advances in Nutrition* **2019**, *10*, S275–S283, doi:10.1093/advances/nmy117. 870
871
40. Benatar, J.R.; Stewart, R.A.H. Cardiometabolic Risk Factors in Vegans; A Meta-Analysis of Observational Studies. *PLoS One* **2018**, *13*, 1–23, doi:10.1371/journal.pone.0209086. 872
873
41. Selinger, E.; Neuenschwander, M.; Koller, A.; Gojda, J.; Kühn, T.; Schwingshackl, L.; Barbaresko, J.; Schlesinger, S. Evidence of a Vegan Diet for Health Benefits and Risks - an Umbrella Review of Meta-Analyses of Observational and Clinical Studies. *Crit Rev Food Sci Nutr* **2022**, 1–11, doi:10.1080/10408398.2022.2075311. 874
875
876
42. Webster, J.; Greenwood, D.C.; Cade, J.E. Risk of Hip Fracture in Meat-Eaters, Pescatarians, and Vegetarians: Results from the UK Women's Cohort Study. *BMC Med* **2022**, *20*, 1–10, doi:10.1186/s12916-022-02468-0. 877
878
43. Kahleova, H.; Levin, S.; Barnard, N.D. Vegetarian Dietary Patterns and Cardiovascular Disease. *Prog Cardiovasc Dis* **2018**, *61*, 54–61, doi:10.1016/j.pcad.2018.05.002. 879
880
44. Bowman, S.A. A Vegetarian-Style Dietary Pattern Is Associated with Lower Energy, Saturated Fat, and Sodium Intakes; and Higher Whole Grains, Legumes, Nuts, and Soy Intakes by Adults: National Health and Nutrition Examination Surveys 2013–2016. *Nutrients* **2020**, *12*, 1–13, doi:10.3390/nu12092668. 881
882
883
45. Lee, K.W.; Loh, H.C.; Ching, S.M.; Devaraj, N.K.; Hoo, F.K. Effects of Vegetarian Diets on Blood Pressure Lowering: A Systematic Review with Meta-Analysis and Trial Sequential Analysis. *Nutrients* **2020**, *12*, 1–17, doi:10.3390/nu12061604. 884
885
46. Irimie, A.I.; Braicu, C.; Pasca, S.; Magdo, L.; Gulei, D.; Cojocneanu, R.; Ciocan, C.; Olariu, A.; Coza, O.; Berindan-Neagoe, I. Role of Key Micronutrients from Nutrigenetic and Nutrigenomic Perspectives in Cancer Prevention. *Medicina (B Aires)* **2019**, *55*, 1–22, doi:10.3390/medicina55060283. 886
887
888
47. Chai, B.C.; van der Voort, J.R.; Grofelnik, K.; Eliasdottir, H.G.; Klöss, I.; Perez-Cueto, F.J.A. Which Diet Has the Least Environmental Impact on Our Planet? A Systematic Review of Vegan, Vegetarian and Omnivorous Diets. *Sustainability* **2019**, *11*, 1–18, doi:10.3390/su11154110. 889
890
891
48. Comité Científico AESAN. (Grupo de Trabajo). López García, E.; Bretón Lesmes, I.; Díaz Perales, A.; Moreno-Arribas, V.; Portillo Baquedano, M.P.; Rivas Velasco, A.M.; Fresán Salvo, U.; Tejedor Romero, L.; Ortega Porcel, F.B.; Aznar Laín, S.; 892
893

- Lizalde Gil, E.; Carlos Chillerón, M.A. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre recomendaciones dietéticas sostenibles y recomendaciones de actividad física para la población española. *Revista del Comité Científico de la AESAN* **2022**, *36*, 11-70
49. Valdes, A.M.; Walter, J.; Segal, E.; Spector, T.D. Role of the Gut Microbiota in Nutrition and Health. *BMJ* **2018**, *361*, 36–44, doi:10.1136/bmj.k2179.
50. Wang, X.; Zhang, A.; Miao, J.; Sun, H.; Yan, G.; Wu, F.; Wang, X. Gut Microbiota as Important Modulator of Metabolism in Health and Disease. *RSC Adv* **2018**, *8*, 42380–42389, doi:10.1039/C8RA08094A.
51. Álvarez, J.; Fernández Real, J.M.; Guarner, F.; Gueimonde, M.; Rodríguez, J.M.; Saenz de Pipaon, M.; Sanz, Y. Microbiota Intestinal y Salud. *Gastroenterol Hepatol* **2021**, *44*, 519–535, doi:10.1016/j.gastrohep.2021.01.009.
52. Gomma, E.Z. Human Gut Microbiota/Microbiome in Health and Diseases: A Review. *Antonie Van Leeuwenhoek* **2020**, *113*, 2019–2040, doi:10.1007/s10482-020-01474-7.
53. Rowland, I.; Gibson, G.; Heinken, A.; Scott, K.; Swann, J.; Thiele, I.; Tuohy, K. Gut Microbiota Functions: Metabolism of Nutrients and Other Food Components. *Eur J Nutr* **2018**, *57*, 1–24, doi:10.1007/s00394-017-1445-8.
54. Attaye, I.; Pinto-Sietsma, S.-J.; Herrema, H.; Nieuwdorp, M. A Crucial Role for Diet in the Relationship between Gut Microbiota and Cardiometabolic Disease. *Annu Rev Med* **2020**, *71*, 149–161, <https://doi.org/10.1146/annurev-med-062218-023720>.
55. Chen, Y.; Zhou, J.; Wang, L. Role and Mechanism of Gut Microbiota in Human Disease. *Front Cell Infect Microbiol* **2021**, *11*, 1–12, doi:10.3389/fcimb.2021.625913.
56. Hills, R.D.; Pontefract, B.A.; Mishcon, H.R.; Black, C.A.; Sutton, S.C.; Theberge, C.R. Gut Microbiome: Profound Implications for Diet and Disease. *Nutrients* **2019**, *11*, 1–40, doi:10.3390/nu11071613.
57. McBurney, M.I.; Davis, C.; Fraser, C.M.; Schneeman, B.O.; Huttenhower, C.; Verbeke, K.; Walter, J.; Latulippe, M.E. Establishing What Constitutes a Healthy Human Gut Microbiome: State of the Science, Regulatory Considerations, and Future Directions. *J Nutr* **2019**, *149*, 1882–1895, doi:10.1093/jn/nxz154.
58. Fan, Y.; Pedersen, O. Gut Microbiota in Human Metabolic Health and Disease. *Nat Rev Microbiol* **2021**, *19*, 55–71, doi:10.1038/s41579-020-0433-9.
59. Raza, M.H.; Gul, K.; Arshad, A.; Riaz, N.; Waheed, U.; Rauf, A.; Aldakheel, F.; Alduraywish, S.; Rehman, M.U.; Abdullah, M.; et al. Microbiota in Cancer Development and Treatment. *J Cancer Res Clin Oncol* **2019**, *145*, 49–63, doi:10.1007/s00432-018-2816-0.
60. De Angelis, M.; Garruti, G.; Minervini, F.; Bonfrate, L.; Portincasa, P.; Gobetti, M. The Food-Gut Human Axis: The Effects of Diet on Gut Microbiota and Metabolome. *Curr Med Chem* **2019**, *26*, 3567–3583, doi:10.2174/0929867324666170428103848.
61. Klimenko, N.S.; Tyakht, A. V.; Popenko, A.S.; Vasiliev, A.S.; Altukhov, I.A.; Ischenko, D.S.; Shashkova, T.I.; Efimova, D.A.; Nikogosov, D.A.; Osipenko, D.A.; et al. Microbiome Responses to an Uncontrolled Short-Term Diet Intervention in the Frame of the Citizen Science Project. *Nutrients* **2018**, *10*, 1–18, doi:10.3390/nu10050576.
62. Perler, B.K.; Friedman, E.S.; Wu, G.D. The Role of the Gut Microbiota in the Relationship between Diet and Human Health. *Annu Rev Physiol* **2023**, *85*, 449–468, doi:10.1146/annurev-physiol-031522-092054.
63. Prochazkova, M.; Budinska, E.; Kuzma, M.; Pelantova, H.; Hradecky, J.; Heczkova, M.; Daskova, N.; Bratova, M.; Modos, I.; Videnska, P.; et al. Vegan Diet Is Associated with Favorable Effects on the Metabolic Performance of Intestinal Microbiota: A Cross-Sectional Multi-Omics Study. *Front Nutr* **2022**, *8*, 1–18, doi:10.3389/fnut.2021.783302.
64. Yin, R.; Kuo, H.-C.; Hudlikar, R.; Sargsyan, D.; Li, S.; Wang, L.; Wu, R.; Kong, A.-N. Gut Microbiota, Dietary Phytochemicals and Benefits to Human Health. *Curr Pharmacol Rep* **2019**, *5*, 332–344, doi:10.1007/s40495-019-00196-3.
65. Hjorth, M.F.; Blædel, T.; Bendtsen, L.Q.; Lorenzen, J.K.; Holm, J.B.; Küllerich, P.; Roager, H.M.; Kristiansen, K.; Larsen, L.H.; Astrup, A. Prevotella-to-Bacteroides Ratio Predicts Body Weight and Fat Loss Success on 24-Week Diets Varying in Macronutrient Composition and Dietary Fiber: Results from a Post-Hoc Analysis. *Int J Obes* **2019**, *43*, 149–157, doi:10.1038/s41366-018-0093-2.
66. Campaniello, D.; Corbo, M.R.; Sinigaglia, M.; Speranza, B.; Racioppo, A.; Altieri, C.; Bevilacqua, A. How Diet and Physical Activity Modulate Gut Microbiota: Evidence, and Perspectives. *Nutrients* **2022**, *14*, 1–16, doi:10.3390/nu14122456.
67. Klement, R.J.; Paziienza, V. Impact of Different Types of Diet on Gut Microbiota Profiles and Cancer Prevention and Treatment. *Medicina (B Aires)* **2019**, *55*, 1–10, doi:10.3390/medicina55040084.
68. Trefflich, I.; Jabakhanji, A.; Menzel, J.; Blaut, M.; Michalsen, A.; Lampen, A.; Abraham, K.; Weikert, C. Is a Vegan or a Vegetarian Diet Associated with the Microbiota Composition in the Gut? Results of a New Cross-Sectional Study and Systematic Review. *Crit Rev Food Sci Nutr* **2020**, *60*, 2990–3004, doi:10.1080/10408398.2019.1676697.
69. Norman, K.; Klaus, S. Veganism, Aging and Longevity: New Insight into Old Concepts. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* **2020**, *23*, 145–150, doi:10.1097/MCO.0000000000000625.
70. De Angelis, M.; Ferrocino, I.; Calabrese, F.M.; De Filippis, F.; Cavallo, N.; Siragusa, S.; Rampelli, S.; Di Cagno, R.; Rantsiou, K.; Vannini, L.; et al. Diet Influences the Functions of the Human Intestinal Microbiome. *Sci Rep* **2020**, *10*, 1–15, doi:10.1038/s41598-020-61192-y.

71. Bamberger, C.; Rossmeier, A.; Lechner, K.; Wu, L.; Waldmann, E.; Fischer, S.; Stark, R.; Altenhofer, J.; Henze, K.; Parhofer, K.G. A Walnut-Enriched Diet Affects Gut Microbiome in Healthy Caucasian Subjects: A Randomized, Controlled Trial. *Nutrients* **2018**, *10*, 1–14, doi:10.3390/nu10020244. 950
951
72. Losasso, C.; Eckert, E.M.; Mastrorilli, E.; Villiger, J.; Mancin, M.; Patuzzi, I.; Di Cesare, A.; Cibir, V.; Barrucci, F.; Perntaler, J.; et al. Assessing the Influence of Vegan, Vegetarian and Omnivore Oriented Westernized Dietary Styles on Human Gut Microbiota: A Cross Sectional Study. *Front Microbiol* **2018**, *9*, 1–12, doi:10.3389/fmicb.2018.00317. 952
953
954
955
73. Kopp, W. How Western Diet and Lifestyle Drive the Pandemic of Obesity and Civilization Diseases. *Diabetes Metab Syndr Obes* **2019**, *12*, 2221–2236, doi:10.2147/DMSO.S216791. 956
957
74. Ercolini, D.; Fogliano, V. Food Design to Feed the Human Gut Microbiota. *J Agric Food Chem* **2018**, *66*, 3754–3758, doi:10.1021/acs.jafc.8b00456. 958
959
75. Zinöcker, M.K.; Lindseth, I.A. The Western Diet-Microbiome-Host Interaction and Its Role in Metabolic Disease. *Nutrients* **2018**, *10*, 1–15, doi:10.3390/nu10030365. 960
961
76. Agus, A.; Clément, K.; Sokol, H. Gut Microbiota-Derived Metabolites as Central Regulators in Metabolic Disorders. *Gut* **2021**, *70*, 1174–1182, doi:10.1136/gutjnl-2020-323071. 962
963
77. Kohnert, E.; Kreutz, C.; Binder, N.; Hannibal, L.; Gorkiewicz, G.; Müller, A.; Storz, M.A.; Huber, R.; Lederer, A.-K. Changes in Gut Microbiota after a Four-Week Intervention with Vegan vs. Meat-Rich Diets in Healthy Participants: A Randomized Controlled Trial. *Microorganisms* **2021**, *9*, 1–15, doi:10.3390/microorganisms9040727. 964
965
966
78. Gehring, J.; Touvier, M.; Baudry, J.; Julia, C.; Buscail, C.; Srour, B.; Hercberg, S.; Péneau, S.; Kesse-Guyot, E.; Allès, B. Consumption of Ultra-Processed Foods by Pesco-Vegetarians, Vegetarians, and Vegans: Associations with Duration and Age at Diet Initiation. *J Nutr* **2021**, *151*, 120–131, doi:10.1093/jn/nxaa196. 967
968
969
970