

# **Optimización Nutricional en una Alimentación Basada en Plantas: Análisis de Requerimientos y Fuentes Alimentarias**

**Universidad Iberoamericana León**  
**Lic. en nutrición y Ciencia de los Alimentos**  
**Fátima Marín Gallardo**

## **OBJETIVO**

Analizar los requerimientos nutricionales en una alimentación basada en plantas para optimizar la ingesta de micro y macronutrientes, brindando herramientas prácticas para la planificación de una dieta nutricionalmente completa.

## **JUSTIFICACIÓN**

En México las principales causas de defunción en 2019, fueron las enfermedades del corazón, la diabetes y tumores malignos, padecimientos estrechamente vinculados con el sobrepeso y la obesidad (Gobierno de México, 2021).

La adopción de una dieta basada en plantas ha demostrado múltiples beneficios, especialmente desde el punto de vista nutricional, ya que contribuye a la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles que afectan a gran parte de la población mexicana. Según Morales et al.(2021), afirman que un cambio hacia patrones dietéticos saludables basados en plantas podría aliviar la epidemia actual de enfermedades crónicas relacionadas con la dieta, así como también las crisis ambientales y de seguridad alimentaria.

El veganismo, originalmente fundamentado en principios éticos de activismo, se ha expandido progresivamente para incorporar consideraciones relacionadas con la salud pública y la sostenibilidad ambiental. En el contexto mexicano, tanto el veganismo como el vegetarianismo han experimentado un incremento notable en su adopción, registrándose que aproximadamente el 20% de la población mexicana se adhería a patrones alimentarios libres de productos de origen animal para el año 2021. (The Food Tech, 2024)

Este crecimiento se encuentra respaldado por la acumulación de evidencia científica que documenta los beneficios para la salud humana, así como por la reducción significativa del impacto ambiental asociado con el consumo de dietas basadas en plantas. (The Food Tech, 2024)

Por otro lado, la Asociación Dietética Americana establece que las dietas vegetarianas estrictas adecuadamente planificadas, constituyen patrones alimentarios saludables y nutricionalmente adecuadas, con potencial para brindar beneficios en la prevención y manejo de diversas patologías. Una alimentación completamente basada en plantas

correctamente estructuradas resultan apropiadas para individuos en todas las etapas del ciclo de la vida, abarcando los períodos de gestación, lactancia, infancia, niñez y adolescencia, así como para poblaciones con demandas metabólicas elevadas como deportistas. (American Dietetic Association, 2009)

Debido a lo anterior se puede comprender la importancia de informar a futuros y/o nuevos veganos sobre cómo llevar una alimentación basada en plantas que cumpla con la características de la dieta correcta: suficiente, adecuada, equilibrada, completa, inocua y variada. Para así preservar la salud de los individuos y obtener los beneficios de este tipo de alimentación.

## **ÍNDICE**

|             |                                                                                                                    |           |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>I.</b>   | <b>Impacto beneficioso a la salud de una alimentación basada en plantas.....</b>                                   | <b>3</b>  |
|             | <b>1.1 Patologías relacionadas con el consumo de carne.....</b>                                                    | <b>3</b>  |
|             | <b>1.2 Revisión y análisis de estudios sobre beneficios a la salud de una alimentación basadas en plantas.....</b> | <b>4</b>  |
| <b>II.</b>  | <b>Macro y micronutrientes esenciales a considerar.....</b>                                                        | <b>7</b>  |
|             | <b>2.1 Macronutrientes.....</b>                                                                                    | <b>7</b>  |
|             | <b>2.2 Micronutrientes.....</b>                                                                                    | <b>9</b>  |
|             | <b>2.3 Ejemplo de menús a base de plantas.....</b>                                                                 | <b>12</b> |
| <b>III.</b> | <b>Optimización del aprovechamiento nutricional y técnicas culinarias.....</b>                                     | <b>16</b> |
|             | <b>3.1 Procesos físicos y digestibilidad proteica.....</b>                                                         | <b>19</b> |
|             | <b>3.2 Procesos químicos y digestibilidad proteica.....</b>                                                        | <b>21</b> |
|             | <b>3.3 Micronutrientes y su digestibilidad.....</b>                                                                | <b>22</b> |
|             | <b>Conclusión.....</b>                                                                                             | <b>24</b> |
|             | <b>Bibliografía .....</b>                                                                                          | <b>25</b> |

## **I. Impacto beneficioso a la salud de una dieta basada en plantas.**

En México las principales causas de defunción en 2019, fueron las enfermedades del corazón, la diabetes y tumores malignos, padecimientos estrechamente vinculados con el sobrepeso y la obesidad (Gobierno de México, 2021).

La adopción de una dieta basada en plantas ha demostrado múltiples beneficios, especialmente desde el punto de vista nutricional, ya que contribuye a la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles que afectan a gran parte de la población mexicana. Según Morales et al.(2021), afirman que un cambio hacia patrones dietéticos saludables basados en plantas podría aliviar la epidemia actual de enfermedades crónicas relacionadas con la dieta, así como también las crisis ambientales y de seguridad alimentaria.

### **1.1 Patologías relacionadas con el consumo de carne.**

El consumo elevado de carne, especialmente carne roja y procesada, se ha asociado con un mayor riesgo de obesidad y diversas enfermedades crónicas. Esta relación podría explicarse en parte por el hecho de que una ingesta alta de carne suele estar vinculada a patrones dietéticos de menor calidad. Diversos estudios han analizado si una alta frecuencia en el consumo de estos productos está relacionada con hábitos alimentarios menos saludables, evaluando tanto la ingesta de nutrientes clave como el consumo de otros grupos de alimentos y la calidad general de la dieta (Fogelholm, Kanerva & Männistö, 2015).

Según Christopher Gardner, presidente del comité de nutrición de la Asociación Americana del Corazón y profesor en la Universidad de Stanford, diversas investigaciones realizadas por esta institución, así como por la Asociación Americana contra el Cáncer y otras entidades reconocidas, han evidenciado que el consumo de carne roja puede tener efectos perjudiciales para la salud (Austin, 2023).

Además, el consumo excesivo de carne roja no solo se ha vinculado con un mayor riesgo de desarrollar diabetes tipo 2, sino también con enfermedades cardiovasculares, hepáticas, obesidad y ciertos tipos de cáncer. En este sentido, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha clasificado a las carnes procesadas como carcinógenos del grupo 1, es decir, con evidencia suficiente de que pueden causar cáncer en humanos, al igual que ocurre con el tabaquismo o la exposición prolongada a rayos ultravioleta. Por su parte, la carne roja no procesada se encuentra clasificada en el grupo 2A, lo que indica que probablemente sea cancerígena para los seres humanos (Austin, 2023).

De esta manera diversas investigaciones han señalado la relación entre el consumo elevado de carne roja, tanto procesada como no procesada, y un mayor riesgo de desarrollar enfermedades crónicas. Una revisión sistemática y metaanálisis reciente realizada por Shi, Huang, Schooling y Zhao (2023) recopiló y analizó los resultados de 43 estudios observacionales sobre enfermedades cardiovasculares (ECV) y 27 estudios sobre diabetes, abarcando una muestra total de más de 6 millones de

personas. Los hallazgos indicaron que una ingesta diaria de 100 g de carne roja no procesada se asoció con un incremento del 11% en el riesgo de ECV, mientras que 50 g diarios de carne roja procesada se vincularon con un aumento del 26% en dicho riesgo.

Además, el estudio encontró asociaciones significativas entre el consumo de carne roja y subtipos de enfermedades cardiovasculares, como la cardiopatía isquémica, el accidente cerebrovascular y la insuficiencia cardíaca, así como con la diabetes tipo 2 y la diabetes gestacional. (Shi, Huang, Schooling y Zhao, 2023)

Es importante hacernos conscientes de las consecuencias graves que el consumo de carne puede implicar en nuestra salud y saber que hoy en día existen alternativas a la carne mucho más saludables que incluso contribuyen a prevenir enfermedades crónicas no transmisibles y mejorar la salud en general.

## **1.2 Revisión y análisis de estudios sobre beneficios a la salud de una alimentación basadas en plantas.**

Una alimentación basada en plantas se refiere a un patrón de alto consumo de vegetales, frutas, granos, leguminosas, nueces y aceites vegetales, así como el nulo o muy baja ingesta de carne. Sin embargo a lo largo de esta investigación hablaremos de alimentación basada en plantas bajo la exclusión total de cualquier tipo de alimento de origen animal.

Esta forma de alimentación se caracteriza por su alto contenido de fibra, vitaminas, minerales y compuestos fitoquímicos, los cuales favorecen la salud. Diversos estudios respaldan sus efectos positivos para prevenir enfermedades como el cáncer, la diabetes tipo 2, las afecciones cardiovasculares, así como en el control del sobrepeso y la obesidad (UNAM, 2022).

La alimentación basada en plantas se ha vuelto muy popular en los últimos años y se ha identificado como una estrategia alimentaria asociada con la prevención de enfermedades crónicas. Sin embargo, su clasificación varía según el tipo de dieta adoptada. Algunas versiones son consideradas saludables debido a su alto contenido de vitaminas, minerales, antioxidantes y fibra, mientras que otras pueden ser menos beneficiosas si contienen niveles elevados de azúcares simples y grasas saturadas. Esta diferencia en la calidad de la dieta influye de manera significativa en su capacidad protectora frente a diversas enfermedades. (Thomas, Calle & Fernández, 2023).

Por ejemplo, el síndrome metabólico, que se caracteriza por niveles elevados de triglicéridos en sangre, bajo colesterol HDL, alteraciones en el metabolismo de la glucosa, presión arterial alta y aumento de marcadores inflamatorios, incrementa el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares y diabetes. En una revisión narrativa se encontró que una alimentación basada en plantas de calidad podría ser especialmente beneficiosas para personas con síndrome metabólico (Thomas, Calle & Fernández, 2023).

A su vez un estudio realizado en adultos australianos encontró que las personas que siguen una alimentación basada en plantas presentan un perfil metabólico significativamente más saludable en comparación con quienes consumen carne de forma regular (Austin et al., 2024).

Entre los beneficios más destacados de una alimentación basada en plantas se encontraron niveles más bajos de colesterol total, colesterol LDL (colesterol malo), colesterol no-HDL y una mejor proporción entre colesterol total y colesterol HDL (colesterol bueno). Estos indicadores están directamente relacionados con un menor riesgo de desarrollar enfermedades del corazón, como la aterosclerosis e infartos (Austin et al., 2024).

En cuanto a los indicadores relacionados con el metabolismo de la glucosa, el grupo que llevaba una alimentación basada en plantas también mostraron niveles más bajos de glucosa en ayuno, hemoglobina A1C (marcador de control de azúcar a largo plazo) e insulina. Esto sugiere una mejor sensibilidad a la insulina y un menor riesgo de padecer diabetes tipo 2 (Austin et al., 2024).

Una alimentación basada en plantas resulta importante ya que no solamente ayuda a mejorar la salud física de las personas y a prevenir enfermedades, sino que este beneficio se ve impactado a nivel económico, social, calidad de vida y salud mental de las personas, tanto a nivel individual como colectivo.

Las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) representan la principal causa de muerte y de carga de morbilidad en el continente americano. En 2019, provocaron 5.8 millones de fallecimientos, lo que equivale al 81% del total en la región. Además, se atribuyen a estas enfermedades 121 millones de años de vida perdidos por muertes prematuras y 105 millones de años vividos con discapacidad (Escamilla-Núñez et al., 2023).

En México, la mortalidad por ECNT ha mostrado un aumento en los últimos años, así como las tendencias globales. Se destacan incrementos en las tasas de mortalidad por diabetes, que pasaron de 71.6 a 84.1 por cada 100 000 habitantes entre 2012 y 2017; por hipertensión arterial, de 16.4 a 18.7 por cada 100 000; y por enfermedades isquémicas del corazón, de 63.3 a 81.9 por cada 100 000 habitantes en el mismo periodo (Escamilla-Núñez et al., 2023).

Los costos de las enfermedades no transmisibles para el sistema de salud, las empresas y las personas, son considerables y cada vez mayores. Los gobiernos, las comunidades y las industrias privadas se ven afectados por los costos elevados de la muerte prematura y de discapacidad de las personas, así como de los tratamientos y la prestación de cuidados para quienes tienen este tipo de enfermedades. Según el informe anual sobre riesgos del Foro Económico Mundial, las enfermedades no transmisibles han sido definidas como un riesgo importante de pérdidas económicas a nivel mundial, siendo este impacto de millones de dólares anuales (OPS, s.f.).

Por otro lado existe evidencia de la presencia de estados emocionales en las ECNT, como la depresión y la ansiedad. Durante las fases de recaída o crisis es común encontrar síntomas de depresión, ansiedad y angustia, que se desencadenan por diversas situaciones tales como la hospitalización, la percepción de deterioro de la salud, la aparición de nuevos síntomas asociados a la enfermedad o la presencia de algunos que ya se habían mantenido bajo control. Lo anterior provoca incertidumbre en el paciente, debido al curso impredecible de la enfermedad, la continua amenaza a la vida y la pérdida de la esperanza de una cura real (Orozco & Castiblanco, 2015).

De igual manera la depresión se encuentra relacionada con factores que predicen la supervivencia, afectando directamente la calidad de vida del paciente pues se disminuye la motivación, la concentración y la energía requerida para llevar a cabo, de forma consistente, las tareas de autocuidado, tales como la toma de medicación, el automonitoreo y la actividad física; y esto a su vez aumenta el riesgo de presentar condiciones físicas negativas y discapacidad (Orozco & Castiblanco, 2015).

En el siguiente apartado se abordará mediante evidencia científica cómo es que una alimentación basada en plantas puede cumplir con los requerimientos necesarios del ser humano tanto de macro como micronutrientes, para llevar un estilo de vida saludable.

## **II. Macro y micronutrientes esenciales a considerar en la nutrición humana**

Una alimentación basada en plantas puede ser saludable y aportar múltiples beneficios al organismo, siempre que cumpla con ciertos criterios alineados con los principios de la dieta correcta: debe ser variada, inocua, adecuada, equilibrada, suficiente y completa. Además, es fundamental que se base en alimentos naturales y

minimice, en la medida de lo posible, el consumo de productos ultraprocesados, ya que estos pueden limitar los efectos positivos sobre la salud.

En este apartado se analizarán los componentes esenciales de una dieta equilibrada y se explicará cómo pueden integrarse adecuadamente dentro de un patrón alimentario basado en plantas.

## **2.1 Macronutrientes**

Los nutrientes son compuestos que provienen de los alimentos y sirven para proporcionar energía a la células del cuerpo, formar estructuras y participar en reacciones químicas para que se pueda dar el metabolismo, estos nutrientes se clasifican en dos grupos: macronutrientes y micronutrientes, los macronutrientes son moléculas más grandes que los micronutrientes y son llamados así porque el organismo precisa mayor cantidad (UNAM, s.f.).

Dentro de los macronutrientes encontramos tres grupos: los hidratos de carbono, las proteínas y los lípidos.

Originalmente, el término “hidratos de carbono” se utilizaba para describir compuestos formados únicamente por átomos de carbono y una cantidad equivalente de moléculas de agua. Esto se reflejaba en su fórmula general condensada, como ocurre con la glucosa, la galactosa y la fructosa:  $C_6(H_2O)_6$ . No obstante, en la actualidad el concepto abarca una amplia familia de compuestos que, además de carbono, hidrógeno y oxígeno, pueden contener otros elementos como azufre, fósforo o nitrógeno (Badui, 2020).

Los hidratos de carbono tienen como función principal proporcionar energía al organismo, siendo además los nutrientes que generan una combustión más limpia. El cerebro y el sistema nervioso dependen exclusivamente de la glucosa como fuente de energía. Además, cumplen una función de ahorro proteico, ya que su presencia permite que las proteínas se utilicen para funciones estructurales y no como fuente de energía (Gay, 2018).

Los hidratos de carbono simples como el azúcar, la miel de abeja, miel de agave, etc., no son fuentes tan recomendables, ya que un consumo excesivo se ha asociado con obesidad y diabetes, mientras que los hidratos de carbono complejos son los más abundantes en la alimentación del ser humano, siendo estos los más recomendados, tales como cereales integrales, verduras, tubérculos, leguminosas, etc. Estos alimentos a su vez son ricos en fibra, un tipo de hidrato de carbono que no puede ser absorbido por el cuerpo humano, sin embargo es vital en la dieta ya que favorece el tránsito intestinal y la salud en la microbiota (Gay, 2018).

Por otro lado, las proteínas son biomoléculas esenciales que participan en prácticamente todas las funciones biológicas. Actúan como elementos estructurales, transportadores, motores del movimiento celular, defensores del organismo, moléculas de señalización, reservas de nutrientes, y también como enzimas, responsables de acelerar reacciones químicas fundamentales para la vida (Badui,

2020).

Están formadas por aminoácidos, en el ser humano hay 22, de los cuales 9: histidina, fenilalanina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, treonina, triptófano y valina, son esenciales, lo que quiere decir que no se pueden sintetizar en nuestro organismo y se deben de consumir a través de los alimentos. La calidad de una proteína, es decir, su valor biológico, depende de la cantidad de aminoácidos esenciales que hay en ella (Gay, 2018).

Las proteínas que consumimos a través de la alimentación no son útiles como tales, se debe llevar a cabo el proceso de digestión, absorción y metabolización, para que se descompongan en aminoácidos libres, pasen al torrente sanguíneo y se vuelvan a unir para así formar las proteínas específicas. Estos aminoácidos se pueden encontrar tanto en fuentes animales como vegetales, cuando se habla de proteínas de origen animal no podemos ignorar el hecho de que también se ingieren los desechos del metabolismo celular presentes en tejidos animales como el amoníaco, ácido úrico, entre otros que los animales no fueron capaces de eliminar antes de ser sacrificados (Gay, 2018).

Por otro lado las proteínas de origen vegetal suelen ser de menor calidad pues no todas contienen todos los aminoácidos esenciales, sin embargo, una adecuada combinación de ellas como la mezcla de leguminosas y cereales, puede lograr un aporte suficiente en calidad y cantidad. Puesto que los cereales son ricos en metionina pero pobres en lisina y las leguminosas por otro lado son ricas en lisina pero pobres en metionina (Gay, 2018).

Las proteínas en una alimentación basada en plantas las podemos encontrar en diferentes alimentos tales como: tofu, leguminosas, tempeh, cacahuates, semillas de chía, edamame, entre muchos otros. Incluir diferentes alimentos va a permitir tener todo el aporte de aminoácidos esenciales.

El tercer macronutriente son los lípidos, estos son esenciales para el crecimiento y desarrollo de todos los organismos, asimismo son la energía de reserva para nuestro organismo por excelencia. Los lípidos son básicos en la alimentación, pero si consumimos exceso de alimentos ricos en grasa el cuerpo almacena las que no necesita en el tejido adiposo. Además de su función energética tiene funciones como impedir pérdidas excesivas de calor para mantener la temperatura corporal, formar parte de la estructura de las membranas celulares, rellenar órganos vitales como el corazón y los riñones protegiéndolos de golpes y traumas, intervenir en el transporte de vitaminas liposolubles (A, D, E, K), así como para la formación de determinadas hormonas (Gay, 2018).

Las grasas se dividen en tres grupos principales: saturadas, monoinsaturadas y poliinsaturadas. Las grasas saturadas se pueden encontrar en una alimentación basada en plantas en el aceite de coco y el de palma (el cual no es éticamente



sostenible<sup>1</sup>), las grasas monoinsaturadas por su lado se encuentran únicamente en grasas de origen vegetal tales como el aceite de oliva y el aguacate. Por otro lado las poliinsaturadas se encuentran tanto en alimentos de origen vegetal como animal. En una alimentación basada en plantas las podemos encontrar en aceites de semillas y frutos secos (Gay, 2018).

Es importante considerar que debemos consumir grasas que nos aporten “ácidos grasos esenciales” (AGE) ya que nuestro cuerpo no los puede fabricar. Estos ácidos grasos esenciales son el ácido linoleico (omega 6) y el alfa-linolénico (omega 3). Un balance adecuado en el consumo de ácidos grasos omega 6 y omega 3 determina un menor riesgo de enfermedades cardiovasculares, alergias, enfermedades inflamatorias y algunos cánceres. En una alimentación basada en plantas conseguir buenas cantidades de ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA) resulta un tanto complicado ya que estos se encuentran en alimentos de origen animal como pescados, sin embargo el ácido alfa-linolénico (omega 3) permite la elaboración de estos (Gay, 2018).

Es por lo anterior que en una alimentación a base de plantas resulta fundamental consumir suficiente cantidad de omega 3 los cuales los podemos encontrar en alimentos como semillas de linaza, aceite de linaza, semillas de chía, nueces, aceite de soya, aceite de maíz, aceite de girasol, entre otros (Clínica Universidad de Navarra, 2025)

## **2.2 Micronutrientes**

Existen diferentes tipos de micronutrientes esenciales para el cuerpo humano, sin embargo en una alimentación basada en plantas hay algunos que se han catalogado popularmente como difíciles de encontrar o que ni siquiera se pueden obtener en una alimentación basada en plantas. En esta sección hablaremos de los más significativos para este tipo de alimentación y en qué alimentos podemos encontrarlos.

### *Hierro*

El hierro es un mineral necesario para el crecimiento y desarrollo del cuerpo. Es necesario en los humanos para fabricar hemoglobina, una proteína de los glóbulos rojos que transporta oxígeno de los pulmones a todo el cuerpo, además de la mioglobina, una proteína que suministra oxígeno a los músculos. El cuerpo también necesita hierro para fabricar hormonas y tejido conectivo (National Institutes of Health, 2022).

El contenido de hierro en las dietas 100% a base de plantas es mayor que en las dietas ovolactovegetarianas u omnívoras. Sin embargo, el hierro presente en los

---

<sup>1</sup> Los impactos ambientales más comunes incluyen la deforestación, la reducción de biomasa leñosa y los efectos negativos sobre la biodiversidad y la calidad del agua, así como un aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación por humo cuando se utilizan incendios. Este tipo de cultivo también requiere una gran cantidad de mano de obra para realizar actividades como la siembra, el cultivo, la cosecha, la recolección y el procesamiento de los racimos. En consecuencia, suele dar lugar a problemas sociales como la explotación laboral, los bajos salarios, la desigualdad social y el deterioro del bienestar a nivel comunitario. Otro problema social relacionado es la apropiación de tierras y los conflictos por el uso de la tierra (Alhaji et al., 2024).

alimentos de origen vegetal se encuentra en su forma no hemo, la cual tiene una absorción más variable en comparación con el hierro hemo, que se encuentra en la carne, el pescado y sus derivados (con una biodisponibilidad de 1–34% para el hierro no hemo y de 15–35% para el hierro hemo). Por otro lado, solo la absorción del hierro no hemo está regulada por mecanismos homeostáticos, lo que podría proteger a quienes siguen una alimentación basada en plantas del exceso de hierro, un factor de riesgo para enfermedades cardiometabólicas (Baroni et al., 2019).

Los alimentos que contienen mayor cantidad de hierro por porción, de origen vegetal son los siguientes: habas, pistaches, lentejas, garbanzos, frijoles, almendras, avellanas, espinacas, higos y ciruelas deshidratadas, nueces, cacao, cacahuates y dátiles (Clínica Universidad de Navarra, s.f.).

Por otro lado, un estudio reciente evaluó cómo varía la absorción de hierro no hemo en personas veganas en comparación con personas omnívoras, participaron 27 personas jóvenes, de entre 18 y 30 años, divididas en dos grupos: veganos y omnívoros. A todos se les realizaron mediciones basales de composición corporal, presión arterial y biomarcadores en sangre. Posteriormente, consumieron 150 gramos de pistaches, un alimento vegetal rico en hierro no hemo, y se les tomaron muestras de sangre antes de comer, a los 120 y a los 150 minutos después de la ingesta, para analizar los niveles de hierro sérico. Lo que se encontró fue que las personas veganas absorbieron mayor cantidad de hierro a comparación de las personas omnívoras, esto se debe a una posible adaptación fisiológica por parte de las personas que llevan una alimentación basada en plantas (López, et al., 2025).

### *Zinc*

El zinc es un nutriente esencial para la salud, ya que fortalece el sistema inmunológico, participa en la producción de ADN y proteínas, y contribuye al desarrollo de huesos, órganos reproductores, piel, pelo y uñas. Es especialmente importante durante el embarazo, la infancia y la adolescencia, etapas clave para el crecimiento. Además, favorece la cicatrización de heridas y es fundamental para el correcto funcionamiento del gusto y el olfato (Clínica Universidad de Navarra, s.f.).

En una alimentación a base de plantas se puede encontrar un buen aporte de zinc en granos, legumbres, soya y nueces, sin embargo, se corre el riesgo de no ser absorbido completamente por el cuerpo debido al contenido de fitatos y fibra encontrado en ciertos alimentos de origen vegetal. En el próximo apartado se explicarán técnicas culinarias para saber como evitar este riesgo de malabsorción (Baroni et al., 2019).

Algunos alimentos de origen vegetal ricos en zinc son los siguientes: levadura nutricional, germen de trigo, semillas de hemp, ajonjolí, semillas de calabaza, almendras, cacahuates, frijoles de soya, nuez de la india, avena, chocolate amargo, nueces, arroz integral y tofu (Clínica Universidad de Navarra, s.f.).

### *Yodo*

El yodo es un mineral que se encuentra en ciertos alimentos y es esencial para la producción de hormonas tiroideas, las cuales regulan el metabolismo y otras funciones vitales del organismo. Estas hormonas también son fundamentales para el desarrollo adecuado del cerebro y los huesos, especialmente durante el embarazo y la infancia. Por ello, es importante asegurar una ingesta suficiente de yodo en todas las etapas de la vida, en particular en bebés y mujeres embarazadas (National Institutes of Health, 2024).

En una alimentación basada en plantas las fuentes alimenticias de yodo son limitadas, sin embargo, la manera más fácil de obtener yodo en la dieta es con el consumo de sal yodada; en México según la NOM-040-SSA1-1993 esta debe contener  $30\text{mg/Kg} \pm 10 \text{ mg/kg}$  de yodo. Para obtener la Ingesta diaria recomendada en adultos se deben de consumir al rededor de 5g de sal yodada al día. De igual manera el consumo de algas marinas aporta una buena cantidad de yodo a la dieta (Diario Oficial de la Federación, 2003).

### *Calcio*

El calcio es el mineral más abundante en el cuerpo humano, sin este diversas funciones vitales no se podrían dar, tales como las transmisiones nerviosas para que los músculos se puedan mover, la circulación de la sangre en los vasos sanguíneos y la liberación de diferentes hormonas necesarias para funciones del organismo. También es importante para la formar y mantener los huesos fuertes (National Institutes of Health, 2023).

Normalmente se piensa que una alimentación basada en plantas es deficiente en este mineral, sin embargo, las fuentes alimentarias donde se encuentra son bastantes, para poder obtener el aporte adecuado es importante incluir en la alimentación diaria verduras de hoja verde, crucíferos, nueces, semillas y leches vegetales fortificadas con calcio (Baroni et al., 2019).

Entre los alimentos que tienen mayor contenido de calcio por porción se encuentran los siguientes: Almendras, avellanas, higos secos, garbanzos, pistaches, habas secas, acelgas, espinacas, nueces, dátiles, uva pasa, lentejas, aceitunas, chía, ajonjolí y brócoli (Clínica Universidad de Navarra, s.f.).

### *Vitamina D*

La vitamina D es un nutriente esencial para mantener una buena salud. Su principal función es favorecer la absorción de calcio, un mineral fundamental para el desarrollo y mantenimiento de huesos fuertes. En conjunto con el calcio, la vitamina D contribuye a la prevención de la osteoporosis, una enfermedad que debilita los huesos, haciéndolos más delgados y propensos a fracturas. Además, esta vitamina cumple un papel clave en otras funciones del organismo: los músculos la requieren para moverse adecuadamente, los nervios para transmitir impulsos entre el cerebro y el resto del cuerpo, y el sistema inmunológico la necesita para defenderse eficazmente de bacterias y virus (National Institutes of Health, 2022).

La concentración sérica de vitamina D depende más de la exposición que se tenga al sol que de la ingesta dietética. Existen algunos factores de riesgo que impiden esta

absorción por parte de la piel, tales como una piel pigmentada, poca exposición solar o vivir en países con poca presencia de luz solar, personas con este tipo de situaciones se les recomienda considerar el consumo de algún suplemento alimenticio, sin embargo, debe ser de vitamina D2 (ergocalciferol) la cual es la fuente vegetal de vitamina D. De no presentar ninguna de las situaciones anteriores, una exposición diaria al sol de 15 minutos sin protección solar, es adecuada para obtener la cantidad necesaria (Baroni et al., 2019).

### *Vitamina B12*

La vitamina B12 es un nutriente esencial para el buen funcionamiento del sistema nervioso y la salud de la sangre. También participa en la formación del ADN, el material genético que se encuentra en todas las células del cuerpo. Además, desempeña un papel importante en la prevención de la anemia megaloblástica, un trastorno sanguíneo que puede provocar fatiga y debilidad (National Institutes of Health).

En una alimentación basada en plantas esta vitamina es la única que no se puede encontrar en los alimentos, por lo que es necesario consumir un suplemento.

De hecho, la mayor parte de la vitamina B12 que se produce industrialmente se destina a la alimentación del ganado. Estos animales, que reciben grandes cantidades de suplementos, medicamentos y residuos químicos procedentes de cultivos, asimilan la vitamina gracias a esa suplementación, y es así como esta se encuentra luego en su carne, leche o huevos. En cambio, las personas que no consumen productos de origen animal obtienen la vitamina B12 directamente a través de suplementos elaborados con bacterias cultivadas o mediante alimentos fortificados, como leches vegetales, jugos o cereales, sin embargo para asegurar la dosis diaria se recomienda tomar la suplementación (Vegplate, s.f.).

Se recomienda la suplementación con cianocobalamina, puede ser una dosis diaria de 50 mcg tableta sublingual o masticable, o bien dos dosis semanales de 1000mcg igualmente tableta sublingual o masticable. Las dosis anteriores se consideran de mantenimiento (Vegplate, s.f.).

### **Ejemplo de menús a base de plantas**

**Mujer de 22 años que mide 1.64m y pesa 65Kg que realiza actividad física leve.**

#### **Desayuno:**

##### *Burritos de frijol con nopales*

- 2 tortillas de harina
- 1/3 taza de frijoles refritos
- 1 taza de nopales asados
- 1 cdita de aceite vegetal
- ajo y cebolla al gusto
- 1/3 pieza de aguacate
- 2 naranjas
- 10 almendras

**Colación:***Pudín sabor pastel de zanahoria*

- 5 cditas de semilla de chía
- ¼ taza de hojuelas de avena
- 1 zanahoria rayada
- 2 cditas de crema de cacahuete
- ½ pieza de plátano maduro
- 1 taza de agua o leche vegetal
- 1 cdita de extracto de vainilla
- Canela al gusto

Mezclar todos los ingredientes en un frasco y dejar reposar por 5 horas.

**Comida***Estofado de garbanzos*

- 1 taza de garbanzos cocidos
- Ajo y cebolla
- 1 cdita de aceite vegetal
- 1 calabacita
- ⅓ taza de puré de tomate
- ⅓ pieza de aguacate
- ¾ taza de arroz blanco cocido

Guisar los ingredientes en una sartén y acompañar con el arroz y aguacate

**Cena***Ensalada de lentejas y pasta*

- 1 taza de pasta de tornillo
- ½ taza de lentejas cocidas
- ½ taza de pepino
- 1 jitomate saladet
- Cebolla y cilantro
- Jugo de limón
- 1 cdita de aceite de oliva
- 2 cditas de ajonjolí tostado
- 3 cditas de semilla de calabaza

Acompañar con 1 manzana y 2 cditas de crema de cacahuete

**Hombre de 22 que mide 1.70m y pesa 72Kg que realiza actividad física leve.**

**Desayuno***Porridge de avena*

- ¾ taza de hojuelas de avena
- 1 taza de leche de soya
- 5 cditas de semillas de chía
- ½ plátano maduro
- 1 manzana en cubos

Cocer todo en una olla y decorar con las frutas.

## Colación

- 1 paquete de 3 salmas (tostaditas horneadas)
- 3 cdas de humus
- 1 taza de jícama
- 28 cacahuates
- $\frac{3}{4}$  taza de piña

## Comida

### *Pasta a la boloñesa*

- 2 tazas de spaghetti cocido
- 1 taza de lentejas cocidas
- 1 taza de champiñones
- $\frac{1}{3}$  taza de puré de tomate
- 2 cditas de aceite de oliva
- Ajo y cebolla
- 4 cditas de semillas de girasol

Sofreir con aceite el ajo y la cebolla, posteriormente incorporar los champiñones, puré de tomate y lentejas cocidas. Una vez integrados los ingredientes añadir el spaghetti cocido y decorar con la semilla de girasol.

## Cena

### *Toast de aguacate*

- 2 piezas de pan integral
- $\frac{1}{2}$  taza de garbanzos (horneados y sazonados con paprika, ajo, sal y 1 cdita de aceite de oliva)
- 1 aguacate
- 1 jitomate saladet
- $\frac{1}{2}$  taza de pepino
- 24 cacahuates
- 1 taza de papaya y 1 taza de melón

## Receta de Humus

- 1 taza de garbanzos cocidos (remojar 24 horas en agua previamente)
- 2 cdas de aceite de oliva
- 2 cdas de jugo de limón
- 1 diente de ajo
- $\frac{1}{4}$  cdita de comino
- sal al gusto
- 3-5 cdas de agua

Licuar todo o procesar en un procesador de alimentos

Cuando se habla de proteínas no solamente se habla de alimentos de origen animal como normalmente se escucha, si partimos de la definición de proteína: “Molécula compuesta de aminoácidos que el cuerpo necesita para funcionar de forma adecuada” (Instituto Nacional del Cáncer, s.f.) estamos hablando de

aminoácidos, nuestro cuerpo descompone las proteínas en pequeñas partículas llamadas aminoácidos, las cuáles dentro de nuestro cuerpo se unen para volver a formar proteínas.

Todos los alimentos contienen aminoácidos en diferentes cantidades; algunos en mayor medida, otros en menor. Dentro de los alimentos de origen vegetal, hay opciones que aportan todos los aminoácidos esenciales, como la soya, la quinoa y las semillas de hemp. Por otro lado, existen alimentos vegetales que, al combinarse entre sí, complementan su perfil de aminoácidos, logrando así una proteína de alto valor biológico. Obtener todos los aminoácidos esenciales es muy sencillo cuando se lleva una alimentación variada, equilibrada y bien planificada. Por ejemplo, la simple combinación de un cereal con una legumbre proporciona una proteína de calidad comparable a la de origen animal, pero sin los riesgos para la salud que esta última puede implicar.

### **III. Optimización del aprovechamiento nutricional y técnicas culinarias.**

Una alimentación basada en plantas puede aportar fácilmente tanto macro como micronutrientes. No obstante, existen ciertos factores que pueden limitar su

absorción, como lo es la presencia de compuestos conocidos como antinutrientes, los cuales interfieren con la biodisponibilidad de minerales y proteínas. Afortunadamente, diversas técnicas culinarias han demostrado mejorar significativamente la digestión y absorción de estos nutrientes. En este apartado revisaremos estrategias prácticas para preparar los alimentos de manera que se maximice el aprovechamiento de sus nutrimentos, favoreciendo así una nutrición vegetal más completa y eficiente.

Las legumbres son una fuente abundante de proteínas, con una concentración aproximadamente del doble que la de los cereales. Se caracterizan por ser ricas en aminoácidos esenciales como la lisina y la metionina, los cuales suelen estar limitados en la mayoría de los cultivos vegetales. El contenido proteico varía según la especie, situándose entre el 20 % y el 35 %. Además de proteínas, las legumbres aportan hidratos de carbono, fibra dietética, vitaminas, minerales y una variedad de compuestos no nutritivos con propiedades antioxidantes y antihiperlipidémicas (sustancias que disminuyen los lípidos en sangre). Entre estos compuestos destacan los polifenoles, especialmente los taninos condensados (Gu, 2023).

Sin embargo, también contienen factores antinutricionales que pueden afectar negativamente la biodisponibilidad y digestibilidad de las proteínas. Estos compuestos interfieren con rutas metabólicas, pueden alterar la fisiología del tracto gastrointestinal y dificultan la acción de las enzimas digestivas, lo que provoca una menor digestión de proteínas y un aumento de la pérdida de nitrógeno en las heces. Como resultado, se incrementan las demandas proteicas del organismo. En particular, los inhibidores de proteasas pueden modificar la estructura globular de las proteínas, impidiendo la acción de las enzimas intestinales. Asimismo, los polifenoles pueden formar complejos con las enzimas digestivas y disminuir su actividad, reduciendo aún más la digestión y absorción de proteínas (Gu, 2023).

## **Factores antinutricionales**

### **Inhibidores de Tripsina**

Un inhibidor de tripsina es un tipo de proteína presente en diversos alimentos, en particular en leguminosas de grano como los garbanzos, el frijol mungo y la soya. Estos inhibidores limitan la actividad de la tripsina, una enzima implicada en la digestión de proteínas, y pueden afectar la utilización de proteínas en la alimentación humana (Savage & Morrison, 2023).

Los inhibidores de tripsina presentes en las legumbres se dividen en dos tipos según su tamaño molecular: Kunitz (KTI), de aproximadamente 20 kDa, y Bowman-Birk (BBTI), de unos 8 kDa. Algunas legumbres, como la soya, contienen ambos tipos, mientras que otras, como los frijoles comunes y las lentejas, solo poseen BBTI (Gu, 2023).

### **Oligosacáridos**

Los oligosacáridos se encuentran mayormente en legumbres, provienen de la familia de la rafinosa que pertenecen a los galactooligosacáridos y pueden representar más del 50% del total de azúcares solubles. El intestino delgado del ser humano carece de



la enzima  $\alpha$ -galactosidasa por lo que estos hidratos de carbono no pueden ser absorbidos por el sistema digestivo. Solamente los microorganismos encontrados en la microbiota intestinal son capaces de digerirlos. Este proceso provoca la formación de gases debido a la fermentación anaeróbica de los oligosacáridos, lo que puede causar malestar intestinal (Gu, 2023).

Por esto, los oligosacáridos son considerados factores antinutricionales. Sin embargo, son compuestos solubles en agua, por lo que se recomienda remojar las legumbres en agua durante al menos una hora antes de ponerlas al fuego o hornearlas, así se puede eliminar una parte de ellos. Incluso añadir bicarbonato de sodio al agua de remojo hace el proceso mucho más eficaz, ya que mejora la permeabilidad de la pared celular al solubilizarla parcialmente. También se ha visto que técnicas de fermentación y germinación favorecen a la eliminación de  $\alpha$ -galactósidos (Gu, 2023).

### **Ácido fítico**

El ácido fítico es la forma principal de almacenamiento de fosfato en diferentes alimentos como las legumbres, el cual es de hasta un 5%; es conocido como un factor antinutritivo debido a que es una molécula formada de seis grupos fosfatos lo que provoca que se comporte como un agente quelante, esto quiere decir que actúa como "secuestrador" de minerales importantes, especialmente los que tienen dos cargas positivas, tales como el calcio, magnesio, zinc y hierro. Esto provoca deficiencias nutricionales ya que no se logran absorber por completo en el intestino delgado (Gu, 2023).

Asimismo, el ambiente ácido del tracto gastrointestinal propicia que el ácido fítico se una a estos minerales esenciales como los mencionados anteriormente, formando complejos insolubles que no pueden ser disueltos ni absorbidos adecuadamente (Gu, 2023).

Además, el ácido fítico puede interactuar con las proteínas presentes en los alimentos, formando complejos fitato-proteína. Esta interacción reduce la solubilidad y digestibilidad de las proteínas, dificultando su descomposición y absorción. Asimismo, el ácido fítico puede inhibir la actividad de las enzimas digestivas necesarias para la digestión proteica, como la pepsina y la tripsina, lo que agrava aún más la dificultad para aprovechar estos nutrientes (Gu, 2023).

La cocción de los alimentos, en este caso las legumbres puede disminuir ligeramente el nivel original de ácido fítico, aunque la reducción detectada depende de las condiciones del proceso, como el tiempo, el pH, la temperatura y la cantidad de cationes presentes relacionados con la molécula de ácido fítico. La germinación y la fermentación también pueden reducir el contenido de ácido fítico en las legumbres al aumentar la actividad de la fitasa, una enzima que está naturalmente presente en las semillas de legumbres y que cataliza la hidrólisis del ácido fítico en inositol y ortofosfato (Gu, 2023).

### **Ácido oxálico**

El ácido oxálico y sus sales, conocidas como oxalatos, están presentes en la mayoría de las legumbres, así como en muchos vegetales de hoja verde. Existen dos formas

principales de oxalatos: los oxalatos solubles y los oxalatos insolubles, especialmente los que se combinan con calcio formando oxalato de calcio (Shi et al., 2018).

En los seres humanos, los oxalatos son un producto final del metabolismo que no aporta beneficios a la salud, por lo que deben ser eliminados a través de la orina. Su principal efecto negativo se relaciona con su capacidad quelante, es decir, con su habilidad para unirse a minerales como el calcio, magnesio, zinc y hierro, reduciendo así su biodisponibilidad y absorción en el organismo (Shi et al., 2018).

Además, un consumo elevado de alimentos ricos en oxalatos puede aumentar la excreción de oxalato en la orina, lo cual favorece la formación de cristales de oxalato de calcio y puede derivar en la aparición de cálculos renales. Por estas razones, aunque los alimentos ricos en oxalatos como las espinacas, acelgas, betabel o ciertas legumbres son nutritivos, es recomendable moderar su consumo y aplicar técnicas como la cocción y el remojo, que ayudan a reducir su contenido. También es útil combinar estos alimentos con fuentes de calcio (brócoli, coliflor, tofu, almendras, aonjolí, etc.) para que el oxalato se una al calcio en el intestino y se elimine sin ser absorbido, disminuyendo el riesgo de acumulación en el sistema urinario (Shi et al., 2018).

### **Polifenoles**

Los polifenoles son compuestos naturales presentes en muchas hierbas, frutas, maderas y bebidas como té, café y vino. Tienen una fuerte afinidad por minerales como hierro, zinc y cobre, formando complejos que reducen su absorción intestinal. Infusiones como yerba mate, té negro, té verde y algunas hierbas como orégano tienen alto contenido de taninos, mientras que especias o infusiones como manzanilla o cedrón tienen niveles bajos. El café, por ejemplo, contiene ácidos clorogénicos que también pueden disminuir significativamente la absorción de hierro no hemo, al igual que los taninos del té. Para cuidar las reservas de estos minerales, lo ideal es tomar bebidas ricas en polifenoles como té, café, vino o yerba mate al menos una o dos horas antes o después de las comidas principales (Pizarro, Olivares, Hertrampf, & Walter, 1994)

### **Técnicas culinarias para disminuir antinutrientes**

Diversas técnicas de procesamiento de alimentos tanto físicos como químicos pueden favorecer a disminuir la acción de los antinutrientes, estos incluyen el remojo, descascarado, cocción, extrusión, ultratrazado térmico (UHT), fermentación y germinación, estos han demostrado mejorar la calidad nutricional de las proteínas en las legumbres. Métodos de cocción como hervido, autoclavado y microondas pueden incrementar el contenido de aminoácidos esenciales. Sin embargo, algunos tratamientos térmicos pueden reducir el contenido proteico y modificar la estructura de las globulinas, aunque también aumentan ciertos aminoácidos como la cisteína y tirosina. Se ha reportado que la cocción a presión durante una hora reduce al mínimo la pérdida de aminoácidos (Gu, 2023).

El tratamiento térmico aumenta la digestibilidad in vitro al destruir inhibidores de enzimas y desnaturalizar las proteínas, facilitando su degradación. El aumento en la

digestibilidad se atribuye a la reducción de compuestos como ácido fítico y taninos. No obstante, la aplicación de calor seco a altas temperaturas puede provocar la reacción de Maillard, que produce el pardeamiento de los alimentos y la degradación de aminoácidos esenciales, afectando negativamente la calidad proteica y su biodisponibilidad. Los productos formados durante esta reacción pueden inhibir la digestibilidad de las proteínas, especialmente la disponibilidad de lisina (Gu, 2023).

### **3.1 Procesos físicos y digestibilidad proteica**

#### **Remojo**

El remojo de legumbres antes de la cocción o descascarado es una práctica tradicional que ha demostrado tener efectos positivos en la digestibilidad in vitro de proteínas (IVPD). Diversos estudios señalan que el remojo mejora la IVPD en legumbres como chícharos, caupí y frijoles rojos, siendo más notorio en ciertas variedades como los caupí canadienses. Sin embargo, también se ha observado una ligera pérdida de proteínas solubles, ya que algunas se filtran al agua de remojo (Gu, 2023).

La mejora en la digestibilidad proteica se debe, en parte, a la reducción de factores antinutricionales como lectinas y ácido fítico durante el remojo. Sin embargo, en algunos casos, como en los frijoles comunes, la IVPD puede disminuir debido a la condensación de taninos durante el proceso. Por lo que el efecto del remojo sobre la digestibilidad proteica varía según la legumbre y las condiciones del remojo, ya que influyen factores como la solubilización de inhibidores de proteasas y la retención de taninos (Gu, 2023).

#### **Descascarado**

El descascarado en las legumbres consiste en eliminar la cáscara externa con el objetivo de reducir significativamente los niveles de taninos y fibra, y mejorar características como la textura, el sabor y la digestibilidad de las mismas. Además puede aumentar el contenido de proteína, ya que al eliminar la cáscara, se concentra más el endospermo, que es la parte rica en nutrimentos (Gu, 2023).

También se ha encontrado que el descascarado mejora la digestibilidad in vitro de las proteínas (IVPD) en legumbres como chícharos, garbanzos y lentejas, aunque en la soya el efecto es mínimo. Esta mejora se debe a la eliminación de taninos y polifenoles presentes en la cáscara, los cuales están asociados negativamente con la digestibilidad. Además, se ha observado que la fibra dietética puede inhibir la acción de la pepsina, una enzima digestiva, lo que también afectaría negativamente la IVPD (Gu, 2023).

En la práctica diaria la eliminación de la cáscara en ciertas legumbres, resulta un tanto complicada, sin embargo existen otras que al cocerse bien, eliminar su cáscara es relativamente sencillo, como en el caso del garbanzo, chícharo y frijoles.

#### **Cocción**

La cocción es uno de los métodos más utilizados para procesar legumbres, y consiste en hervirlas en agua caliente hasta que se ablanden. Este proceso mejora su palatabilidad, biodisponibilidad y digestibilidad de nutrimentos, debido a la desnaturalización de proteínas y la destrucción de inhibidores de proteasas. Además, facilita la interacción de las proteínas con otros compuestos, lo que favorece su digestión (Gu, 2023).

El tiempo de cocción influye directamente en la digestibilidad, aunque un tiempo prolongado puede reducir el contenido proteico por la pérdida de proteínas solubles en agua. También se ha observado que reducir el tamaño de partícula (por ejemplo, al moler) mejora la digestión de proteínas en chícharos, garbanzos y lentejas, al aumentar el área de contacto para las enzimas. Sin embargo, un exceso de calor puede reducir la disponibilidad de aminoácidos esenciales, ya que estos se degradan. Por eso, es crucial mantener un proceso térmico controlado y seguro para preservar el valor nutricional de las legumbres (Gu, 2023).

### **Cocción a presión**

La cocción a presión es una técnica comúnmente utilizada para procesar legumbres, ya que permite reducir el tiempo de cocción gracias al uso de alta energía y presión. Este método provoca la desnaturalización y aflojamiento de las proteínas, lo que facilita la acción de las enzimas digestivas y mejora la digestibilidad de las proteínas.

Estudios han mostrado que la cocción a presión reduce más eficazmente los factores antinutricionales (ANFs) en legumbres como el frijol mungo y el black gram, en comparación con la cocción convencional. Además, no afecta significativamente el contenido de proteína cruda (cantidad total de proteína), como se observó en vainas de caupí, incluso al prolongar el tiempo de cocción.

### **Extrusión**

La extrusión es un proceso hidrotérmico comúnmente utilizado para la elaboración de alimentos deshidratados, y también se emplea en la producción de legumbres listas para consumir. Este proceso combina la cocción y el secado de forma simultánea, lo que permite obtener productos con bajo contenido de humedad y una vida útil prolongada.

Aunque se considera una técnica térmica intensa, debido a la alta compresión y esfuerzo de corte que implica, la extrusión mejora el valor nutricional de las legumbres. Durante el proceso, se produce la desnaturalización de proteínas, se exponen sitios activos para enzimas digestivas y se destruyen compuestos sensibles al calor, lo que favorece la calidad proteica y la digestibilidad in vitro de las proteínas (IVPD).

Estudios han demostrado que este tratamiento provoca cambios estructurales importantes en las proteínas, modificando su solubilidad. A medida que las proteínas se desnaturalizan y agregan, se forma una estructura tridimensional con mayor capacidad de retención de agua, pero con menor solubilidad proteica.

Uno de los cambios más destacados observados es la modificación en la distribución de proteínas, particularmente en las fracciones de albúminas y globulinas, que tienden

a disminuir tras la extrusión, mientras que aumenta el contenido de proteínas insolubles. Por ejemplo, en legumbres como garbanzo, frijol navy y pinto se ha registrado una reducción significativa de albúmina y globulina, junto con un aumento en las proteínas no solubles. Mezclas de harina de chícharo, algarrobo y arroz tratadas por extrusión han mostrado un IVPD de entre 88% y 95%, superior al de las muestras sin extruir. De igual forma, este proceso ha elevado la digestibilidad de proteínas en haba, frijol rojo y frijol común

### **3.2 Procesos químicos y digestibilidad proteica**

#### **Fermentación**

La fermentación es una técnica alternativa para el procesamiento de legumbres que utiliza diversos microorganismos, como bacterias y levaduras, con el fin de mejorar su calidad nutricional, sabor y vida útil. Durante este proceso, los microorganismos producen enzimas que hidrolizan componentes del alimento, lo que contribuye al desarrollo de productos con mejores características sensoriales (Gu, 2023).

En comparación con otros métodos, la fermentación es de bajo costo y permite obtener ingredientes con nutrientes mejorados, aumentando la biodisponibilidad y digestibilidad de las proteínas. Esto se logra porque las proteínas complejas de almacenamiento se descomponen parcialmente en formas más solubles, y además se reducen compuestos no deseados mediante la acción enzimática, lo que genera cambios químicos y funcionales en los alimentos (Gu, 2023).

Durante la fermentación, las proteínas insolubles cambian su estructura, haciéndolas más vulnerables al ataque de enzimas digestivas como la pepsina. También se ha observado que este tratamiento reduce los factores antinutricionales, como los inhibidores de enzimas digestivas (por ejemplo, los inhibidores de tripsina), y promueve la interacción entre proteínas y compuestos fenólicos o taninos. Además, se generan proteasas que degradan parcialmente las proteínas, facilitando su digestión (Gu, 2023).

La leguminosa fermentada más popular es el tempeh, aunque caro y difícil de encontrar en nuestro país, es una excelente fuente de proteínas debido al proceso de fermentación que conlleva.

#### **Germinación**

La germinación es una de las técnicas más efectivas para procesar legumbres, ya que estimula la liberación de hidrolasas (enzimas activadas por agua), lo que provoca la hidrólisis de las proteínas de almacenamiento presentes en las semillas. Este proceso ocurre cuando las semillas secas y en estado de reposo absorben agua, activan su metabolismo y permiten la elongación del eje embrionario (Gu, 2023).

Durante la germinación, los macronutrientes se hidrolizan o modifican en su estructura gracias a la acción de las enzimas, lo que mejora el valor nutricional de las

legumbres. Además, la germinación también facilita la reducción de factores antinutricionales (ANFs), lo que contribuye a que los nutrientes sean más aprovechables (Gu, 2023).

Diversos estudios han mostrado que la germinación puede aumentar el contenido proteico, dependiendo de la variedad de legumbre. Este aumento de proteínas puede atribuirse a la pérdida de peso seco (por el consumo de grasas e hidratos de carbono como fuente de energía para el germinado) y a la síntesis de aminoácidos nuevos. Además del contenido proteico, la germinación tiene un impacto positivo en la digestibilidad de las proteínas. Esta mejora en la digestibilidad se debe, principalmente, a la disminución de compuestos antinutricionales como ácidos fíticos y polifenoles, y al aumento de proteínas solubles gracias a la acción de las enzimas proteolíticas. Estas enzimas hidrolizan los complejos proteína-polifenol, liberan polipéptidos y fragmentan las proteínas de almacenamiento, lo que facilita el acceso de las enzimas digestivas y, por ende, su aprovechamiento (Gu, 2023).

Hoy en día es muy fácil encontrar en supermercados legumbres germinadas, tales como lenteja, frijol y garbanzo, asimismo, este proceso se puede realizar en casa en pocos días. Simplemente se cubren las lentejas secas con agua (tres veces su volumen) durante toda una noche, posteriormente se escurre el agua y se enjuagan con agua limpia y se vuelven a escurrir, luego se colocan en un frasco de vidrio y se tapan con una gasa o manta que pueda transpirar, se enjuagan una vez al día para evitar moho, se dejan reposar en un lugar oscuro a temperatura ambiente y dentro de 3 a cuatro días se verán los brotes.

### **3.3 Micronutrientes y su digestibilidad**

#### **Hierro**

El hierro presente en los alimentos se absorbe a nivel de la mucosa intestinal y proviene de dos grupos principales: hierro hemo (origen animal) y hierro no hemo (origen vegetal). El hierro hemo, que se encuentra principalmente en la hemoglobina y la mioglobina de productos de origen animal, se absorbe de manera eficiente y su asimilación se ve relativamente poco afectada por la presencia de otros alimentos consumidos en la misma comida (Lynch & Cook, 1980).

En contraste, la absorción del hierro no hemo, que constituye la mayor parte del hierro dietético en dietas basadas en plantas, está fuertemente influenciada por la composición de la comida y la presencia de compuestos que pueden favorecerla o inhibirla. Entre los potenciadores más conocidos se encuentra el ácido ascórbico (vitamina C), el cual desempeña un papel fundamental al mejorar la absorción del hierro no hemo. La vitamina C favorece este proceso mediante la reducción del hierro férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ) a hierro ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ), una forma más soluble y fácilmente absorbible. Además, forma quelatos de hierro de bajo peso molecular, facilitando su paso a través de la capa mucosa intestinal hasta llegar a la membrana en cepillo de las células epiteliales donde se absorbe (EFSA, 2024).

El efecto potenciador de la vitamina C es tan relevante que puede incluso contrarrestar la acción de sustancias inhibitoras como los taninos presentes en el té o los fosfatos y

el calcio que compiten con el hierro. Además de la vitamina C, otros factores dietéticos como los ácidos orgánicos (por ejemplo, ácido cítrico y málico), el betacaroteno y el retinol también contribuyen a aumentar la biodisponibilidad del hierro no hemo, mejorando su absorción (Lynch & Cook, 1980; EFSA, 2024).

Por otro lado, ciertas prácticas culinarias como el remojo de legumbres y cereales, la fermentación, el levado ácido (panes de masa madre) y la germinación son estrategias que ayudan a reducir el contenido de fitatos —compuestos que secuestran el hierro y dificultan su absorción—, logrando así incrementar la biodisponibilidad de este mineral (EFSA, 2024). En dietas predominantemente vegetales, la combinación de estas prácticas con el consumo de alimentos ricos en vitamina C resulta clave, ya que el aumento de la absorción de hierro no hemo es directamente proporcional a la cantidad de ácido ascórbico presente en la comida. Por esta razón, se recomienda incluir regularmente frutas cítricas (limón, naranja, mandarina, etc.) , fresas, pimientos o brócoli junto con alimentos ricos en hierro no hemo para optimizar su aprovechamiento por el organismo (Lynch & Cook, 1980).

### **Zinc**

Los fitatos presentes en alimentos como cereales, arroz y legumbres son bien conocidos por su efecto inhibitorio sobre la absorción de zinc. Estos compuestos, formados por diferentes fosfatos de inositol, pueden formar complejos insolubles con minerales como zinc, hierro o calcio, lo que dificulta su absorción en el tracto gastrointestinal y provoca que se eliminen con la material fecal. Esto representa un problema nutricional para poblaciones cuya dieta es alta en fitatos, ya que la biodisponibilidad del zinc disminuye considerablemente, afectando funciones vitales para el crecimiento y la salud (Guerra & Bolaños, 2009).

Para contrarrestar este efecto, se han identificado diversas estrategias para reducir el contenido de fitatos en los alimentos. La fermentación, como ocurre en la elaboración del pan, disminuye la concentración de fitatos y favorece la absorción de minerales. La germinación y la molienda de cereales y legumbres también contribuyen a reducir su contenido de fitatos. (Guerra & Bolaños, 2009).

### **Omega 3**

Las semillas de chía y de linaza son conocidas por su alto contenido de ácidos grasos omega-3. Sin embargo, para mejorar su digestibilidad y absorber de forma más eficaz el ácido alfa-linolénico presente en ellas, es recomendable molerlas o consumirlas en forma de aceite, ya sea aceite de chía o de linaza (Patenaude et al., 2009). En este sentido, la mayoría de los expertos en nutrición sugieren preferir la linaza molida sobre la entera, ya que la forma triturada es más fácil de digerir. De lo contrario, la linaza entera puede atravesar el intestino sin ser digerida completamente, lo que limita el aprovechamiento de sus beneficios nutricionales (Mayo Clinic, 2025).

## **Conclusión**

Una alimentación basada en plantas representa una alternativa ética, sostenible y nutricionalmente completa cuando se planifica adecuadamente. Las dietas vegetarianas estrictas bien estructuradas constituyen patrones alimentarios saludables y adecuados nutricionalmente, con potencial para prevenir y manejar diversas patologías, así lo establece la Asociación de Dietética Americana, además, la evidencia científica respalda que este patrón de alimentación es viable y seguro en todas las etapas de la vida, incluso favorable para la salud si se lleva adecuadamente (American Dietetic Association, 2009). Por lo que el seguir consumiendo alimentos de origen animal se vuelve innecesario y altamente alarmante debido a todos los riesgos que tiene para la salud, el planeta y los animales.



## BIBLIOGRAFÍA

Alhaji, A. M., Almeida, E. S., Carneiro, C. R., da Silva, C. A. S., Monteiro, S., & Coimbra, J. S. d. R. (2024). Palm Oil (*Elaeis guineensis*): A Journey through Sustainability, Processing, and Utilization. *Foods*, 13(17), 2814. <https://doi.org/10.3390/foods13172814>

Austin, D. (2023). *Carne roja*. Nationalgeographic.es. <https://www.nationalgeographic.es/ciencia/2023/10/incluso-una-pequena-cantidad-de-carne-roja-puede-aumentar-el-riesgo-de-diabetes#:~:text=La%20carne%20roja%20no%20s%C3%B3lo.muchas%20marcas%20de%20refrescos%20light.&text=Estos%20riesgos%20individuales%20se%20suman.en%20la%20dieta%20t%C3%ADpica%20estadounidense%22>.

Austin, G., Ferguson, J. J. A., Eslick, S., Oldmeadow, C., Wood, L. G., & Garg, M. L. (2024). *Plasma lipids and glycaemic indices in Australians following plant-based diets versus a meat-eating diet*. *Lipids in Health and Disease*, 23(348). <https://doi.org/10.1186/s12944-024-02340-5>

Badui Dergal, S. (2019). *Química de los alimentos* (6ª ed.). Pearson Educación de México.

Baroni, L., Goggi, S., Battaglino, R., Berveglieri, M., Fasan, I., Filippin, D., Griffith, P., Rizzo, G., Tomasini, C., Tosatti, M. A., & Battino, M. A. (2019). *Vegan nutrition for mothers and children: Practical tools for healthcare providers*. *Nutrients*, 11(1), 5. <https://doi.org/10.3390/nu11010005>

Clínica Universidad de Navarra. (s.f.). *Alimentos ricos en calcio: beneficios y recomendaciones*. <https://www.cun.es>; Clínica Universidad de Navarra. <https://www.cun.es/chequeos-salud/vida-sana/nutricion/alimentos-ricos-calcio>

Clínica Universidad de Navarra. (s.f.). *Alimentos ricos en hierro: beneficios y fuentes principales*. <https://www.cun.es>; Clínica Universidad de Navarra. <https://www.cun.es/chequeos-salud/vida-sana/nutricion/alimentos-ricos-hierro>

Clínica Universidad de Navarra. (2025). *Alimentos ricos en omega-3: beneficios y fuentes principales*. <https://www.cun.es>; Clínica Universidad de Navarra. <https://www.cun.es/chequeos-salud/vida-sana/nutricion/alimentos-ricos-omega-3#:~:text=Legumbres%20y%20verduras,o%20frutas%20como%20la%20fresa>.

Clínica Universidad de Navarra. *Alimentos ricos en zinc: beneficios y fuentes principales*. <https://www.cun.es>; Clínica Universidad de Navarra. <https://www.cun.es/chequeos-salud/vida-sana/nutricion/alimentos-ricos-zinc#:~:text=%C2%B4Qu%C3%A9%20es%20el%20zinc%3F.producir%20ADN%20y%20las%20prote%C3%ADnas>.

Diario Oficial de la Federación. (2003). *DOF - Diario Oficial de la Federación*. [Dof.gob.mx. https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=708109&fecha=23/09/2003#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=708109&fecha=23/09/2003#gsc.tab=0)

- Escamilla-Núñez, M. C., Castro-Porras, L., Romero-Martínez, M., Zárate-Rojas, E., & Rojas-Martínez, R. (2023). Detección, diagnóstico previo y tratamiento de enfermedades crónicas no transmisibles en adultos mexicanos. *Ensanut 2022. Salud Pública de México*, 65, s153–s162. <https://doi.org/10.21149/14726>
- Fogelholm M, Kanerva N, Männistö S. Association between red and processed meat consumption and chronic diseases: the confounding role of other dietary factors. *Eur J Clin Nutr*. 2015;69(9):1060-5. doi: 10.1038/ejcn.2015.63.
- Gay Méndez, A. (2018). *Nutrición: (ed.)*. Ministerio de Educación y Formación Profesional de España. <https://elibro.net/es/ereader/iberoleon/49456?page=16>
- Guerra, G., & Bolaños Díaz, R. (2009). TEMAS DE REVISIÓN Biodisponibilidad del zinc zinc bioavailability. *Rev. Peru. Pediatr*, 62(2).  
[https://www.pedia-gess.com/archivos\\_pdf/Biodisponibilidad%20del%20zinc.pdf](https://www.pedia-gess.com/archivos_pdf/Biodisponibilidad%20del%20zinc.pdf)
- Gobierno de México. (2021). *Obesidad y sobrepeso. Menos kilos, más vida*. Gob.mx. <https://www.gob.mx/profeco/documentos/obesidad-y-sobrepeso-menos-kilos-mas-vida#:~:text=De%20acuerdo%20la%20Encuesta%20Nacional.a%C3%B1os%2035.6%25%20muestra%20esta%20condici%C3%B3n>.
- Gu, J., Bk, A., Wu, H., Lu, P., Nawaz, M. A., Barrow, C. J., Dunshea, F. R., & Suleria, H. A. R. (2023). Impact of processing and storage on protein digestibility and bioavailability of legumes. *Food Reviews International*, 39(7), 4697–4724. <https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2039690>
- Instituto Nacional del Cáncer. (2025). *Diccionario de cáncer del NCI*. Cancer.gov. <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/proteina>
- López-Moreno, M., Viña, I., Marrero-Fernández, P., Galiana, C., Bertotti, G., Roldán-Ruiz, A., & Garcés-Rimón, M. (2025). Dietary Adaptation of Non-Heme Iron Absorption in Vegans: A Controlled Trial. *Molecular nutrition & food research*, e70096. Advance online publication. <https://doi.org/10.1002/mnfr.70096>
- Lynch, S. R., & Cook, J. D. (1980). INTERACTION OF VITAMIN C AND IRON\*. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 355(1), 32–44. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1980.tb21325.x>
- Mayo Clinic. (2025). *Why buy ground flaxseed?* Mayo Clinic. <https://www.mayoclinic.org/healthy-lifestyle/nutrition-and-healthy-eating/expert-answers/flaxseed/faq-20058354>
- Morales, G., Ruíz, F., Bes-Rastrollo, M., Schifferli, I., Muñoz, A., & Celedón, N. (2021). Dietas basadas en plantas y factores de riesgo cardio-metabólicos. ¿Qué dice la evidencia? *Revista Chilena de Nutrición*, 48(3), 425–436. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182021000300425>

National Institutes of Health. (2023). *Office of Dietary Supplements - Calcio*. Nih.gov. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Calcium-DatosEnEspanol/>

National Institutes of Health. (2022). *Office of Dietary Supplements - Hierro*. Nih.gov. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Iron-DatosEnEspanol/>

National Institutes of Health. (2022). *¿Qué es la vitamina D? ¿Para qué sirve?* <https://ods.od.nih.gov/pdf/factsheets/VitaminD-DatosEnEspanol.pdf>

National Institute of Health. (2024). *Office of Dietary Supplements - Vitamina B12*. Nih.gov. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminB12-DatosEnEspanol/>

National Institutes of Health. (2024). *Office of Dietary Supplements - Yodo*. Nih.gov. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Iodine-DatosEnEspanol/#:~:text=renuncia%20de%20responsabilidad-,%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20yodo?,los%20beb%C3%A9s%20y%20las%20embarazadas>.

OPS. *La Carga Económica de las Enfermedades No Transmisibles en la Región de Las Américas*. (s.f.). Organización Panamericana de La Salud. <https://www3.paho.org/hq/dmdocuments/2011/paho-policy-brief3-sp1.pdf>

Orozco Gómez, A. M., & Castiblanco Orozco, L. (2015). Factores Psicosociales e Intervención Psicológica en Enfermedades Crónicas No Transmisibles. *Revista Colombiana de Psicología*, 24(1), 203–217. <https://doi.org/10.15446/rcp.v24n1.42949>

Patenaude, A., Rodriguez-Leyva, D., Edel, A. L., Dibrov, E., Dupasquier, C. M. C., Austria, J. A., Richard, M. N., Chahine, M. N., Malcolmson, L. J., & Pierce, G. N. (2009). Bioavailability of  $\alpha$ -linolenic acid from flaxseed diets as a function of the age of the subject. *European Journal of Clinical Nutrition*, 63(9), 1123–1129. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2009.41>

Pizarro, F., Olivares, M., Hertrampf, E., & Walter, T. (1994). Factores que modifican el estado de nutrición de hierro: contenido de taninos de infusiones de hierbas [Factors which modify the nutritional state of iron: tannin content of herbal teas]. *Archivos latinoamericanos de nutricion*, 44(4), 277–280.

Position of the American Dietetic Association: Vegetarian Diets. (2009). *American Dietetic Association*, 109(7), 1266–1282. doi:10.1016/j.jada.2009.05.027

Savage, G. P., & Morrison, S. C. (2003). TRYPSIN INHIBITORS. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 5878–5884. <https://doi.org/10.1016/b0-12-227055-x/00934-2>

Scientific Opinion on the substantiation of a health claim related to vitamin C and increasing non-haem iron absorption pursuant to Article 14 of Regulation (EC) No 1924/2006. (2014). *EFSA Journal*, 12(1), 1–9.

Shi, L., Arntfield, S. D., & Nickerson, M. (2018). Changes in levels of phytic acid, lectins and oxalates during soaking and cooking of Canadian pulses. *Food Research International*, 107, 660–668. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.056>

Shi W, Huang X, Schooling CM, Zhao JV. Red meat consumption, cardiovascular diseases, and diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Eur Heart J*. 2023 21;44(28):2626-2635. doi: 10.1093/eurheartj/ehad336.

The Food Tech. (2024). *Perspectivas de crecimiento de la tendencia vegana en México y Latinoamérica - THE FOOD TECH - Medio de noticias líder en la Industria de Alimentos y Bebidas*. THE FOOD TECH - Medio de Noticias Líder En La Industria de Alimentos Y Bebidas.

<https://thefoodtech.com/nutricion-y-salud/crecimiento-del-mercado-vegano/#:~:text=Cada%201%20de%20noviembre%2C%20el.de%20dietas%20basadas%20en%20plantas.>

Thomas, M. S., Calle, M., & Fernandez, M. L. (2023). Healthy plant-based diets improve dyslipidemias, insulin resistance, and inflammation in metabolic syndrome: A narrative review. *Advances in Nutrition*, 14(1), 44–54. <https://doi.org/10.1016/j.advnut.2022.10.002>

UNAM. (2022). *Alimentación basada en plantas, beneficios y consecuencias*. Gaceta FM. <https://gaceta.facmed.unam.mx/index.php/2022/04/21/alimentacion-basada-en-plantas-beneficios-y-consecuencias/>

UNAM. (s.f.). *Los Nutrimentos*.

[https://www.personal.unam.mx/Docs/Cendi/Los\\_Nutrimentos\\_Parte\\_1\\_Macronutrimentos.pdf](https://www.personal.unam.mx/Docs/Cendi/Los_Nutrimentos_Parte_1_Macronutrimentos.pdf)

Vegplate. (s.f.). *Vitamin B12 - VegPlate*. Translate.goog. Retrieved June 16, 2025, from [https://www-vegplate-info.translate.goog/b12.html? x tr sl=en& x tr tl=es& x tr hl=es& x \\_tr\\_pto=tc](https://www-vegplate-info.translate.goog/b12.html? x tr sl=en& x tr tl=es& x tr hl=es& x _tr_pto=tc)

World Health Organization. (2015). *Cáncer: Carcinogenicidad del consumo de carne roja y carne procesada*. Who.int. <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/cancer-carcinogenicity-of-the-consumption-of-red-meat-and-processed-meat>

