



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
SECRETARÍA DE SALUD
INSTITUTO NACIONAL DE PEDIATRÍA

“TÍTULO DE TESIS”

ALIMENTOS FUNCIONALES EN PEDIATRÍA

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

ESPECIALISTA EN

PEDIATRÍA

PRESENTA:

DRA. LILIA EVELIA VALDERRÁBANO OJEDA

TUTOR:

DRA. ROSALIA GARZA ELIZONDO

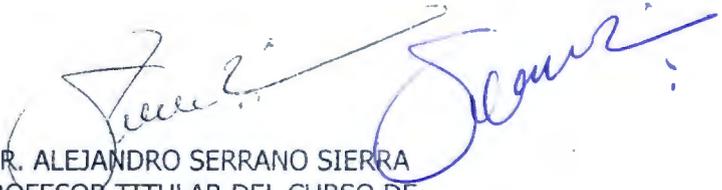


MÉXICO, D.F.

FEBRERO

2015

ALIMENTOS FUNCIONALES EN PEDIATRIA



DR. ALEJANDRO SERRANO SIERRA
PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE
ESPECIALIZACION EN PEDIATRIA



DRA. ROSAURA ROSAS VARGAS
DIRECTORA DE ENSEÑANZA



DR. MANUEL ENRIQUE FLORES LANDERO
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE PRE Y POSGRADO



DRA. ROSALIA GARZA ELIZONDO
TUTOR DE TESIS



INDICE

Resumen	2
Introducción	3
Objetivos	4
Efectos	5
Prebióticos, Probióticos y Simbióticos	7
Ácidos. Grasos poliinsaturados omega 3 y 6	9
Aminoácidos	10
Ácidos nucleicos	12
Vitaminas	13
Nutrientes que afectan al Sistema Inmunitario	17
Minerales	18
Fitoesteroles y Fitoesteroles	22
Alimentos con efectos fisiológicos positivos	22
Alimentos de relevancia	30
Conclusiones	32
Bibliografía	33

ALIMENTOS FUNCIONALES EN PEDIATRÍA

RESUMEN

Los alimentos funcionales se definen como aquellos en que está suficientemente demostrado que actúan en forma benéfica sobre una o más funciones del organismo, más allá de su efecto nutricional, mejorando la salud y el bienestar y/o reduciendo el riesgo de enfermedad.

En este artículo analizaremos los beneficios de una buena alimentación basada en estos principios y el enfoque terapéutico que podemos darle en los pacientes pediátricos.

Palabras Clave: Alimentos Funcionales, Alimentación en niños.

ABSTRACT

Functional foods are defined as those that it is sufficiently shown acting in benefit on one or more functions of the body, more than its effect in nutrition, improving health and welfare or reducing the risk of disease.

In this article we will discuss the benefits of a good diet based on these principles and the therapeutic approach that we can give in pediatric patients.

Key words: Functional foods, feeding in children

INTRODUCCIÓN

El crecimiento es un rasgo fisiológico que define al niño diferenciándolo del adulto y consiste básicamente en un aumento de la masa corporal que se acompaña de un proceso de remodelación morfológica y maduración funcional.

La única posibilidad de mantener un estado nutritivo satisfactorio y un ritmo de crecimiento normal es adecuando la dieta a la capacidad digestivo-metabólica y a las necesidades fisiológicas cambiantes a lo largo de los distintos periodos de la infancia. Por otra parte, en este periodo se adquieren los hábitos dietéticos que van a mantenerse en la edad adulta y pueden influir en el desarrollo de un grupo de enfermedades relacionadas con la nutrición.¹

Los alimentos funcionales son productos nutritivos y no nutritivos que, no sólo alimentan, sino que modulando o actuando sobre determinadas funciones del organismo producen un efecto beneficioso más allá del puramente nutricional.²

Los alimentos funcionales pueden ser alimentos naturales, alimentos a los que se les ha agregado o eliminado un componente por medio de la tecnología alimentaria, alimentos en los que la naturaleza o la biodisponibilidad de uno o más componentes ha sido modificada o cualquier combinación de las posibilidades anteriores. Los alimentos funcionales no son los alimentos enriquecidos ni los suplementos dietéticos.³

Para ser considerados alimentos funcionales deben de cumplir una serie de criterios:

- Deben presentarse como alimento, no como medicamento.
- Los efectos beneficiosos deben tener una base científica.
- Ha de ser posible identificarlos y cuantificarlos mediante métodos analíticos.
- Deben contener uno o más ingredientes que, con independencia de su valor nutricional, demuestren efectos beneficiosos sobre la salud o prevengan el riesgo de contraer alguna enfermedad.
- El valor nutricional del alimento debe conservarse.
- Deben poder integrarse en una dieta normal.
- No serán nocivos si se ingieren en cantidades superiores a las recomendadas.

Básicamente los alimentos funcionales con efectos fisiológicos positivos son los que contienen prebióticos, probióticos y simbióticos (prebióticos + probióticos) así como ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y 6; aminoácidos como la arginina, la glutamina y la cisteína; los ácidos nucleicos; vitaminas - minerales y los fitoesteroles.⁴

ALIMENTOS FUNCIONALES EN PEDIATRÍA

Los objetivos principales de los alimentos funcionales en pediatría son:

Desarrollo fetal y en primeros años de vida:

- o Crecimiento
- o Desarrollo (sistema nervioso central; otros sistemas y órganos)
- o Diferenciación

Aparato Digestivo

- o Modificación y equilibrio de la microbiota colónica
- o Inmunidad
- o Incremento de la biodisponibilidad de nutrientes
- o Mejora del tránsito/motilidad
- o Proliferación celular
- o Fermentación de sustratos

Aparato Cardiovascular

- o Homeostasis de lipoproteínas
- o Integridad endotelial
- o Antitrombogenesis

Metabolismo de macronutrientes

- o Mejora de la resistencia a la insulina
- o Rendimiento óptimo de la actividad física
- o Mantenimiento de peso
- o Composición corporal (grasa)

Metabolismo xenobiótico

Esfera psíquica

- o Cognición
- o Estado de ánimo
- o Instintos (apetito/saciedad)
- o Nivel de estrés emocional

La inmunonutrición es una materia en auge, puesto que abarca desde el papel que juegan los nutrientes, los compuestos bioactivos y alimentos que pueden ser funcionales o al menos beneficiosos para las distintas funciones del organismo, y su repercusión en los mecanismos de defensa, hasta el estudio particularizado de los biomarcadores inmunológicos, capaces de detectar las bondades de estos ingredientes alimenticios y alimentos para prevenir o paliar determinadas enfermedades, la mayoría relacionadas con el sistema inmune, así como el estudio de los mecanismos de acción que tienen lugar en los distintos órganos con el objetivo de tener un mejor conocimiento de la relación causa-efecto.⁵

Desde la antigüedad se ha relacionado la salud con la alimentación y se han empleado alimentos con una finalidad algo más que nutritiva. Con el empleo de los fármacos, sin embargo, esta faceta de los alimentos perdió su importancia.

En el siglo XX y hasta los años setenta el objetivo principal de la nutrición en los países desarrollados era la lucha contra el hambre y la erradicación de enfermedades carenciales. Se trataba de encontrar una "nutrición suficiente o adecuada". En los años ochenta del siglo pasado el esfuerzo se dirigía hacia los aspectos higiénico-sanitarios de los alimentos. En los años noventa se pretendía evitar alimentos por motivos de salud (grasas saturadas, sal...). En el momento actual el enfoque con los alimentos es más positivo, se trata de incluir alimentos con más influencia positiva preventiva sobre la salud, sean nutrientes o no, de modo que parece que se pretende lograr una "nutrición óptima". El reto del futuro parece ser el de una "nutrición a la carta" diseñando a medida el tipo de alimentación según los factores genéticos que se tengan. Así pues, hay una tendencia a encontrar alimentos que tengan una función específica para la salud y es así como nace el término de alimento funcional (AF), probablemente acuñado en Japón hacia 1980 y que el resto de países desarrollados han ido tratando de investigar.

Entre los efectos que buscamos en un alimento funcional son:

1. Crecimiento, desarrollo y metabolismo de sustratos

a) Desarrollo neuronal y cognitivo

Estudia tanto las adaptaciones maternas que se producen durante el embarazo y la lactancia como las necesidades nutricionales del niño durante el desarrollo fetal, la etapa de lactante y el resto de la infancia. Junto con los ácidos grasos poliinsaturados ω -3 y ω -6, los nutrientes de riesgo para la mujer gestante y lactante son hierro, calcio, zinc, yodo, folatos y vitaminas D y C.

b) Sobrepeso y obesidad

Actualmente hay interés en el estudio de los factores que influyen en el control de la oxidación de los macro-nutrientes, la regulación de la termogénesis, el control de la sensibilidad a la insulina y el control de los triglicéridos plasmáticos. Para ello, se investigan los alimentos de bajo índice glucémico, con porcentaje de fibra elevado y bajo contenido en ácidos grasos saturados. Son también de interés los aspectos de control del apetito y de la saciedad. De hecho, los alimentos enriquecidos en fibra permiten aumentar la sensación de saciedad, ya que retrasan la velocidad de vaciado del estómago, lo que es interesante en las dietas hipocalóricas.

c) Crecimiento y mineralización ósea

Los AF con calcio están adquiriendo gran importancia. Probablemente en un futuro los alimentos incluyan potenciadores de la absorción de calcio como algunas proteínas séricas.

2. Sistema cardiovascular y cáncer

La arterioesclerosis, las enfermedades cardiovasculares y el cáncer son las principales causas de muerte en los países desarrollados. Por ello, no es de extrañar que haya un desmesurado interés en encontrar AF que puedan prevenirlas.

a) AF frente a reacciones oxidativas

Los radicales libres están implicados en los procesos de daño celular relacionados con el cáncer y la aterosclerosis. Los antioxidantes consumidos en la dieta modulan las acciones de estos radicales libres, de modo que favorecerían la regeneración celular. Entre los antioxidantes, los más importantes son los betacarotenos, la vitamina E y la vitamina C. Ciertos minerales como el zinc, el selenio o el cobre también se consideran antioxidantes por ser cofactores enzimáticos de enzimas oxidantes.

b) AF y metabolismo lipídico

Para lograr una disminución de las cifras de colesterol plasmático se estudian los alimentos con contenido reducido en ácidos grasos saturados y en ácidos grasos trans, así como alimentos ricos en ácidos grasos omega-3, ácido linoleico y antioxidantes.

c) AF e hipertensión

Los pacientes hipertensos tienen bajas concentraciones de varios ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga. La administración de ácidos grasos omega-3 muestra una acción similar a las estatinas, inhibiendo la actividad de la ciclooxigenasa, suprimiendo la síntesis de citoquinas y activando el sistema nervioso parasimpático.

3. Fisiología y función gastrointestinal

La regulación de la función intestinal es uno de los aspectos más estudiados en relación con la composición de la microbiota intestinal. Los probióticos y los prebióticos, que comentamos anteriormente, pertenecen a este grupo.

4. Comportamiento y funciones psicológicas

a) AF y saciedad

b) AF y relación con la salud mental

c) AF y rendimiento cognitivo. 3

PREBIÓTICOS, PROBIÓTICOS Y SIMBIÓTICOS

Desde hace ya cien años se conoce que la adición de gérmenes vivos a los productos lácteos es una forma de conservarlos. La microbiota intestinal se adquiere durante el periodo neonatal y permanece más o menos estable el resto de la vida⁶ y aunque depende de diversos factores, como el uso de antibióticos o la dieta, etc., no es fácil modificarla de manera definitiva.

La adición de ciertas bacterias permite el mantenimiento de un determinado tipo de microbiota, con esta base nace el concepto de probiótico, el cual la OMS lo define como: "microorganismos vivos que cuando son administrados en cantidad adecuada confieren un efecto beneficioso sobre la salud del huésped"⁷

Dado que la adición de bacterias vivas tiene algunos problemas tecnológicos y podrían aparecer efectos secundarios, se ha recurrido a sustancias que están de manera natural en los alimentos o que pueden añadirse a éstos y que favorecen la presencia y las acciones de los gérmenes probióticos, son llamados prebióticos.

Los prebióticos son "ingredientes no digeribles de los alimentos que afectan beneficiosamente al huésped estimulando selectivamente el crecimiento y/o actividad de una de las especies de bacterias que están ya establecidas en el colon, o de un número limitado de ellas, y por consiguiente mejoran la salud del huésped"⁸

Para que una sustancia (o grupo de sustancias) pueda ser definida como tal debe cumplir los requisitos siguientes:⁹

- Ser de origen vegetal.
- Formar parte de un conjunto muy heterogéneo de moléculas complejas.
- No ser digerida por las enzimas digestivas.
- Ser parcialmente fermentada por las bacterias colónicas.
- Ser osmóticamente activa.

Los más conocidos son: fructo-oligosacáridos (FOS), inulina, galacto-oligosacáridos (GOS) y lactulosa.

Toda fibra dietética llega al intestino grueso sin haber sido transformada digestivamente. Las bacterias del colon, con sus numerosas enzimas digestivas de gran actividad metabólica, la pueden digerir en mayor o menor medida en dependencia de su composición química y de su estructura.

El término fibra dietética según lo definió la American Association of Cereal Chemist en 2001 es "la parte comestible de las plantas o hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, con fermentación completa o parcial en el intestino grueso y que se excretan por las heces."¹⁰ Algunos de los componentes de la fibra cumplen estrictamente los criterios para considerarse prebióticos (inulina, FOS, GOS y lactulosa), mientras que otros aun están en estudio (oligosacáridos de la soya).

Es responsabilidad de la microbiota intestinal, fundamentalmente las bifidobacterias y los lactobacilos, la producción de AGCC y ácido láctico, como consecuencia de la fermentación de carbohidratos no digeribles. Estos productos disminuyen el pH en el colon creando un ambiente

donde las bacterias potencialmente patógenas no pueden crecer y desarrollarse. Los prebióticos constituyen el sustrato fundamental (el "alimento") de las bacterias probióticas.⁹

Los simbióticos se definen como aquellos productos que contienen probióticos y prebióticos, que actúan sinérgicamente de manera que el prebiótico favorece la acción del probiótico. El efecto del prebiótico no es solo sobre el probiótico en sí, sino sobre otros microorganismos de la dieta.¹¹

ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS OMEGA 3 Y 6

Los ácidos grasos presentes en la dieta tienen una función sobre la inmunocompetencia a través de 3 mecanismos básicos:

1. Como sustrato y fuente energética a través de los ácidos grasos y las vitaminas liposolubles.
2. Como constituyente básico de las membranas celulares, regulando funciones importantes como su fluidez, la actividad de diferentes receptores y la especificidad de los mismos.
3. Moduladores de la síntesis de eicosanoides desde prostaglandinas, tromboxanos y leucotrienos; hasta el factor agregante plaquetario.

En términos generales, las grasas tienen una función inmunosupresora, el tipo de grasa administrada mediante el apoyo nutricional específico modifica esta respuesta, provocando una respuesta inmunomoduladora. Los ácidos grasos omega 6 son el sustrato básico en la formación de ácido linoleico, que produce ácido araquidónico, favoreciendo la producción de metabolitos proinflamatorios, que finalmente afectan la respuesta inmune deteriorándola. La adición de ácidos grasos omega-3 limita este efecto proinflamatorio, a través de las desaturasas 6 y 5. La desaturasa 6 es la que principalmente limita la conversión de ácido linoleico a ácido araquidónico.¹²

Por otro lado, los efectos inflamatorios de los metabolitos resultantes del metabolismo de los ácidos grasos omega-3 son menos importantes, y por lo tanto, provocan menos inmunosupresión. Participan también de forma importante en la producción de óxido nítrico y por lo tanto en la función endotelial y de las plaquetas.

Se ha observado que la administración de ácidos grasos omega-3 disminuyen la blastogénesis, independientemente del grado de avance de la misma. Los ácidos grasos poliinsaturados suprimen la sensibilidad cutánea retardada. Los ácidos grasos omega-3 tienen efectos mixtos sobre la citotoxicidad y mejoran la sensibilidad retardada.¹³ Además, regulan la función inmune, aumentando por un lado la fluidez de la membrana; regulan la producción de radicales libres y proporcionan precursores para el metabolismo de eicosanoides.¹⁴ Mejoran la calidad de la respuesta inmune.¹⁵ Los ácidos grasos omega-3 se asocian con la producción de prostanoïdes de la serie 3 y leucotrienos de la serie 5 con un potencial proinflamatorio menor.

AMINOÁCIDOS

A. ARGININA

La arginina es un aminoácido condicionalmente esencial (igual que la glutamina), la síntesis endógena de este aminoácido se ve superado por el incremento en los requerimientos. Constituye la mayor fuente de urea en el organismo. Representa un aminoácido importante para la cicatrización de las heridas, mediante la incorporación de hidroxiprolina en el tejido de cicatrización. Mejora la función de las células T observada durante el estado crítico. La arginina modifica la inducción y desarrollo de los tumores malignos a través de sus efectos sobre el sistema inmunológico, Hyes y cols han demostrado mejor respuesta a la quimioterapia en carcinoma mamario luego de la administración de suplementos con arginina. Estas observaciones sugieren que la arginina tiene un efecto antitumoral, a través del sistema específico e inespecífico inmune.¹⁶

La arginina tiene capacidad de estimular la celularidad y la respuesta del timo, además tiene efecto secretagogo endocrino favoreciendo la liberación de diferentes hormonas como la hormona del crecimiento, prolactina, insulina, glucagón, somatostatina, catecolaminas, aldosterona y vasopresina. La arginina constituye el único sustrato para la síntesis de óxido nítrico.

El óxido nítrico tiene una función fundamental en los procesos de inflamación, favorece un estado de oxidorreducción tisular adecuado, limita la aparición de aterosclerosis, favorece la respuesta citotóxica de las células inmunológicas, mantiene el flujo sanguíneo (microcirculación). De esta forma, la arginina es de suma importancia en la adaptación de los pacientes críticos debido a su papel en la inmunomodulación. La alimentación suplementada con arginina mejora la respuesta de las células T y aumenta la fagocitosis.

Recientes metaanálisis que han evaluado el uso de la inmunonutrición y los suplementos con arginina en pacientes críticos y pacientes quirúrgicos, revelaron problemas metodológicos serios en la mayoría de los estudios, lo cual limita la posibilidad de proponer conclusiones al respecto.¹⁷

Al igual que sucede con la glutamina, la dosificación de la arginina es importante. No se ha demostrado beneficio con el uso de la arginina cuando la concentración es de alrededor de 6 g/L de este aminoácido (aproximadamente 2% del aporte de energía total), pero concentraciones mayores de 12 g/L han mostrado efectos favorables.

B. GLUTAMINA

La glutamina es el aminoácido no esencial más abundante en el organismo jugando un papel importante en diferentes procesos metabólicos. Es un precursor de sustratos para la gluconeogénesis hepática, es el combustible preferido por enterocitos y neutrófilos participando en las funciones de sistemas como el gastrointestinal, inmunológico y muscular.¹⁸

Durante la evolución de una enfermedad crítica, se ha demostrado una depleción importante de los niveles séricos de glutamina convirtiéndose en un aminoácido condicionalmente esencial, ya que los requerimientos del organismo durante un período de estrés importante, sobrepasan la cantidad de síntesis endógena.

La dosis eficiente de glutamina como suplemento debe ser de al menos 0,2 gr/Kg y administradas durante varios días. En los resultados de diferentes estudios, se ha observado que existe una disminución en la incidencia de bacteremia en los pacientes a quienes se les administra glutamina.

Algunos metaanálisis han evaluado el beneficio de su administración en pacientes quirúrgicos y médicos críticos, en cuanto a días de estancia, complicaciones infecciosas y la mortalidad, investigando además diferencias en la respuesta según la ruta de administración y la dosis. Se ha encontrado disminución en la incidencia de complicaciones infecciosas y reducción en los días de estancia hospitalaria.¹⁹

En cuanto a la ruta de administración, se ha evidenciado en algunos reportes una mejor respuesta en la parenteral pero sin que la diferencia sea significativa. En los pacientes críticamente enfermos, hospitalizados en unidades de cuidado intensivo y que no pueden recibir nutrición por vía enteral, la glutamina se debe administrar por medio de nutrición parenteral demostrando una reducción significativa en la morbilidad.

Las dosis altas de glutamina, han demostrado mejorar la evolución de los enfermos en relación a las dosis bajas. Queda claro que el suplemento con glutamina en el abordaje nutricional favorece una mejor evolución.

No se ha encontrado evidencia que la administración de glutamina sea peligrosa, sino que se asocia con una tendencia a reducir la mortalidad, disminuir el índice de complicaciones y acortar los días de estancia de los enfermos.²⁰

La dosis óptima de glutamina no se conoce, aunque estudios en humanos sugieren que un aporte de 0,5 g/Kg/día. Sin embargo, actualmente se sugieren dosis por encima de 0,2 g/Kg/día con mejor efecto que dosis menores.¹⁹ La inmunonutrición en general y la administración de glutamina enteral en particular, han demostrado de forma consistente su papel benéfico en la población de pacientes quemados, en quienes las concentraciones de glutamina tanto musculares como plasmáticas son severamente depletadas. En esta población se ha demostrado que con la glutamina se previene la bacteremia y disminuye el índice de mortalidad.

C. CISTEÍNA

Es un aminoácido no esencial y uno de los pocos aminoácidos que contiene azufre, lo que le permite formar enlaces especiales para mantener la estructura de las proteínas en el organismo. Este aminoácido fortalece la capa protectora del estómago e intestinos, lo que ayuda a prevenir el daño provocado por determinados fármacos, y es importante en el funcionamiento del sistema inmune y en la salud de pelo, uñas y piel.

El déficit de cisteína se ha asociado al predominio de respuesta inmunológica humoral en detrimento de una respuesta citotóxica.²¹

ÁCIDOS NUCLÉICOS

Los nucleótidos de la dieta son benéficos para mantener la función inmunológica normal. Promocionan la proliferación de los linfocitos, la actividad de las células NK, la activación de los macrófagos y la producción de otros factores inmunomoduladores. Añadir ARN a la dieta, previene la inmunosupresión. No proporcionar nucleótidos suprime de manera selectiva las células T-ayudadoras y la producción de IL-2.²²

El suplemento de la dieta, con ARN o con bases pirimídicas, tal vez sea necesario para mejorar la supervivencia frente a la agresividad bacteriana y para mantener una función inmunitaria normal. Su aporte en la dieta restaura la anergia cutánea, revierte la inmunosupresión secundaria a la transfusión, disminuye la formación de abscesos por gramnegativos en peritonitis y mejora la actividad de macrófagos mediada por linfocitos T.

La función básica de los nucleótidos es que son parte fundamental de la síntesis de RNA y de DNA para los compuestos transportadores de energía. Lo cual explica teóricamente su función en el mejoramiento de la respuesta inmune.²³

Se puede concluir que el aporte óptimo de nucleótidos mejora la función de las células, sobre todo las de reproducción rápida, y que su deficiencia reduce la función inmunológica, pero hasta ahora ningún estudio ha mostrado que la adición de nucleótidos a la dieta sea benéfica.

VITAMINAS

Vitamina B6: Es una vitamina hidrosoluble que se aisló por primera vez en la década de 1930. Tradicionalmente, se consideran tres formas de vitamina B6: piridoxal (PL), piridoxina (PN), piridoxamina (PM). El derivado éster fosfato, piridoxal 5'-fosfato (PLP), es la forma coenzimática principal y de mayor importancia en el metabolismo humano.

La vitamina B6 debe ser obtenida de la dieta, debido a que los humanos no pueden sintetizarla. La PLP juega un papel vital en la función de aproximadamente 100 enzimas que en el cuerpo humano catalizan reacciones químicas esenciales. Funciona como una coenzima para la glicógeno-fosforilasa, que es una enzima que cataliza la liberación de la glucosa a partir del glicógeno almacenado. Mucha de la PLP en el cuerpo humano se encuentra en el músculo unida a al glicógeno-fosforilasa. La PLP es también una coenzima en las reacciones utilizadas para la gluconeogénesis.²³

Los efectos más importantes de la deficiencia de piridoxina son:

- Atrofia de tejidos linfoides
- Disminución de la inmunidad celular (respuesta deprimida en la hipersensibilidad retardada cutánea) y la inmunidad humoral
- Depresión de la respuesta inmune secundaria (vacunación e inmunización).

Sin embargo, es importante resaltar que la actividad de macrófagos y células NK no se afecta (al menos en un grado extremo) por un déficit de vitamina B6, a diferencia de lo que ocurre con los linfocitos T y B. Esta repercusión tan distinta, puede explicarse por los mayores requerimientos de vitamina B6 en el metabolismo proteico y en el de ácidos nucleicos de células con mayor grado de proliferación.²⁴

Ácido Fólico (vitamina B9): El folato juega un papel muy importante en la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas, proporcionando en conjunto con las vitaminas B6 y B12 unidades de un carbono, por lo que una inadecuada cantidad de folato puede alterar de forma significativa la respuesta inmunitaria. Participa en la síntesis de ADN, la síntesis de purinas, en la biosíntesis de ácidos nucleicos y proteínas en conjunto con las vitaminas B6 y B12. Mejora la función inmunitaria al modificar la actividad de las células NK mejorando la respuesta Th1 proporcionando, así, una mayor protección contra las infecciones.²⁵

Vitamina B12: Tiene un papel clave junto con el ácido fólico en la vía biosintética y metabólica de los ácidos nucleicos, en el metabolismo de las grasas, de los carbohidratos y en la síntesis de proteínas. Es necesaria para la formación de glóbulos rojos, la prevención de la anemia megaloblástica y la función neurológica. Puede actuar como inmunomodulador de la inmunidad celular, especialmente con efectos sobre las células citotóxicas (NK, linfocitos CD8). Su deficiencia provoca células anormales de tipo megaloblástico (más grande de lo normal). Esta anomalía celular repercute en el funcionamiento normal del sistema inmune. Disminuye la actividad de células NK, disminución del número de linfocitos y de células CD8, aumento de células CD4.

El déficit en conjunto de estas vitaminas provoca una depresión de la inmunidad mediada por los linfocitos T, así como de la respuesta de hipersensibilidad retardada frente a diversos antígenos y una menor actividad fagocítica de los neutrófilos.²⁶

Vitamina C: A pesar de haberse descrito cambios inmunológicos por la deficiencia de ácido ascórbico, tanto a nivel de inmunidad innata (actividad de células NK, función fagocítica y oxidativa de neutrófilos) como adquirida (función de células T y B), uno de los efectos más claros de un adecuado estado nutricional respecto a esta vitamina es su papel clave en la función fagocítica de neutrófilos y macrófagos, concretamente en la motilidad celular, lo que se justifica por la elevada concentración de vitamina C en estas células.

Por tanto, su deficiencia repercutirá en una función inmune deteriorada sobre el sistema inmune inespecífico. El deterioro en la función inmune también se ve reflejado en una disminución de la respuesta al test cutáneo de hipersensibilidad retardada.

Un aspecto destacable de la vitamina C, que ha alcanzado una proyección popular, es la prevención del resfriado común con megadosis de vitamina C. Sin embargo, hay que destacar que ingestas muy elevadas de esta vitamina se han asociado con un efecto pro-oxidante en el organismo, lo que origina un efecto negativo sobre el sistema de defensa del individuo.²⁶

Vitamina A: Esta vitamina también interviene en los mecanismos de la inmunidad humoral y celular. Actúa a través del ácido transretinoico, ácido 9-cis retinoico o de otros metabolitos y receptores nucleares del ácido retinoico. Juega un papel muy importante en la tolerancia oral y su deficiencia se ha relacionado con alteración de la integridad del epitelio de la mucosa en los tractos respiratorio y gastrointestinal y mayor susceptibilidad de patógenos en la conjuntiva ocular. Se menciona que los pacientes con deficiencia de Vitamina A tienen mayor riesgo de presentar enfermedades respiratorias y una mayor severidad de las enfermedades diarreicas. Su deficiencia, también, está relacionada con disminución de la actividad fagocítica y la activación de los macrófagos durante la inflamación, así como una reducción en el número y la actividad de las células NK. La activación de los linfocitos comienza tras la activación de los receptores del ácido retinoico y, por lo tanto, la vitamina A juega un papel esencial en el desarrollo y diferenciación de los subgrupos de linfocitos Th1 y Th2. La Vitamina A mantiene la respuesta mediada por anticuerpos Th2 en niveles normales a través de la supresión de la producción de IL-12, TNF-alfa e interferón gamma por parte de los linfocitos Th1. Como consecuencia, en la deficiencia de vitamina A hay un deterioro de la capacidad para defenderse contra los patógenos extracelulares. La suplementación de esta vitamina mejora la respuesta de anticuerpos frente a ciertas vacunas.²⁶

Así, se ha observado entre las consecuencias más inmediatas que su deficiencia ocasiona disminución del tamaño del timo y bazo, una menor actividad de las células NK, mayor producción de IFN- γ , descenso de la hipersensibilidad retardada cutánea y una baja respuesta de los linfocitos ante la estimulación con mitógenos.²⁷

Vitamina E: El papel de la vitamina E en el sistema inmune parece relacionarse directamente con su función antioxidante a nivel de las diversas membranas celulares. Se ha demostrado que la deficiencia de vitamina E se asocia a una respuesta inmune deteriorada, produciéndose la afectación de la inmunidad inespecífica, en especial de la función quimiotáctica y fagocítica de neutrófilos y macrófagos, y asimismo de la adquirida, tanto humoral como celular.

Se recomienda una ingesta de vitamina E (equivalente de alfa-tocoferol) en mujeres y hombres adultos de 8 y 10 mg/día respectivamente, considerándose estas cantidades suficientes para prevenir la aparición de alteraciones patológicas, como neuropatías y miopatías.

Sin embargo, parece cada día más evidente que estas cantidades deben ser superiores para poder lograr el buen funcionamiento del sistema inmune.

La vitamina E presenta una toxicidad baja en adultos. Suministrada a altas dosis antagoniza las funciones de otras vitaminas liposolubles, provocando una disminución de la mineralización ósea, del almacenamiento hepático de vitamina A y alteraciones de la coagulación.

También se han detectado en algunos estudios modificaciones de la función inmune en adultos que recibieron altas dosis de vitamina E; en concreto, una disminución de la capacidad fagocítica y bactericida de leucocitos. Por otro lado, la suplementación con altas dosis de α -tocoferol disminuye significativamente los niveles de proteína C reactiva e IL-6 en diabéticos tipo II y en sujetos sanos; efectos antiinflamatorios que podrían ser interesantes con vistas a un posible uso farmacológico de esta vitamina, como terapia adyuvante en la prevención de la arterosclerosis. Asimismo, estudios in vitro han demostrado que la vitamina E puede reducir la coagulación sanguínea y la formación de trombos.²⁶

Aunque los resultados más llamativos se han obtenido en población mayor de 65 años, existen evidencias de que los nutrientes antioxidantes pueden modificar la respuesta inmune celular en personas más jóvenes, en consecuencia una ingesta adecuada de estos nutrientes desde una edad temprana, puede ser esencial para prevenir o al menos retrasar, la aparición de enfermedades degenerativas.

Vitamina D: La vitamina D y sobre todo su metabolito, el 1,25-dihidroxicolecalciferol, posee una acción inmunoreguladora. La mayoría de las células del sistema inmune, a excepción de las células B, expresan receptores para la vitamina D y sus metabolitos, indicando así, el papel preponderante de esta vitamina en el funcionamiento del sistema inmune.

De un modo general, la vitamina D incrementa la inmunidad innata y mejora la regulación de la inmunidad adquirida, lo cual produce un incremento de la tolerancia inmunológica a los propios tejidos. Además, la vitamina D y su metabolito tienen la capacidad de inhibir la maduración de las células dendríticas y ayudar a regular la producción de citoquinas. Esta vitamina se ha visto implicada como agente inmunomodulador en 23 enfermedades autoinmunes, tales

como la encefalitis autoinmune, artritis reumatoide, lupus eritematoso sistémico, enfermedades inflamatorias intestinales, diabetes, prostatitis autoinmune y esclerosis múltiple.²⁶ (Tabla 1)

Tabla 1: Nutrientes que afectan al funcionamiento del sistema inmunitario²⁸

NUTRIENTES QUE AFECTAN AL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA INMUNITARIO	
Nutrientes	Efecto sobre el sistema inmune
FIBRA	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento y potenciación flora celular intestinal - Impide y evita la translocación bacteriana - Reducción del cáncer de colon
GRASA	<ul style="list-style-type: none"> - Funcionamiento de las células inmunocompetentes - Antiinflamatorias
VITAMINA C	<ul style="list-style-type: none"> - Inmunomodulante - Antioxidante <p>Benefit:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aumento en la susceptibilidad a sufrir infecciones - Menor protección frente al daño oxidativo - Alteración inmunidad celular y humoral - Menor capacidad fagocítica - Menor actividad de las células NK
VITAMINA E	<ul style="list-style-type: none"> - Inmunomodulante - Antioxidante <p>Benefit:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Menor protección frente al daño oxidativo - Alteración del funcionamiento de las células inmunocompetentes - Alteración de la inmunidad celular, humoral y capacidad fagocítica
VITAMINA A	<ul style="list-style-type: none"> - Antioxidante - Resistencia a infecciones <p>Benefit:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Menor protección frente al daño oxidativo - Altera NK, IPN e hipersensibilidad
VITAMINA B ₆	<p>Benefit:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alteración en la regulación de linfocitos y producción de anticuerpos
VITAMINA B ₁₂ Y FOLATOS	<p>Benefit:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alteración de la inmunidad celular, capacidad fagocítica y reacciones de hipersensibilidad

MINERALES

Zinc: El papel del zinc (Zn) en el sistema inmune está perfectamente establecido, tanto en sus efectos fisiológicos como cuando existen deficiencias del mismo. Este elemento es uno de los pocos que, junto con el hierro y la vitamina A, parece estar involucrado en una carencia singular de un solo nutriente.

En niños con acrodermatitis enterohéptica, donde existe una reducida absorción intestinal de zinc, es evidente la linfopenia por déficit de zinc, así como las alteraciones del sistema inmunitario (atrofia tímica, deterioro de la hipersensibilidad retardada cutánea y aumento de la susceptibilidad a infecciones), junto con una deficiente cicatrización de heridas.

Además, los efectos negativos de la deficiencia de zinc pueden ser también indirectos, ya que en estas circunstancias se produce una disminución de la sensación de gusto, lo que causa anorexia, y puede llevar a un estado de malnutrición, cuyas repercusiones ya se han comentado previamente.

El zinc es un cofactor clave que está integrado en más de cien metaloenzimas, muchas de las cuales participan en la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas, procesos fundamentales en la proliferación celular característica de la respuesta inmunitaria. Es necesario para que se produzca la forma biológicamente activa de la hormona tímica, factor tímico sérico o timulina, que parece promover la diferenciación de células precursoras de linfocitos T.²⁸

Los efectos más evidentes de la deficiencia de zinc sobre el sistema inmune son:

1. Atrofia linfoide, con una clara disminución en la respuesta de hipersensibilidad retardada cutánea, reacción retardada a los injertos.
2. Falta de maduración de células T y en consecuencia, disminución de la función inmune celular.
3. Actividad deteriorada de las células NK.
4. Menor número de células formadoras de anticuerpos IgG e IgM.
5. Está disminuida la respuesta inmunitaria secundaria, ligada a la existencia de células memoria, incluso con una inmunización primaria previa a la situación deficitaria.
6. Fagocitosis deprimida, especialmente la capacidad de digerir bacterias, así como su capacidad para producir oxígeno con clara función bactericida.

Los últimos estudios llevados a cabo en pacientes con déficit de zinc, ponen de manifiesto la importancia de la suplementación con este mineral en la dieta para contrarrestar un mayor riesgo a padecer infecciones²⁸.

Hierro: Desde el punto de vista inmunitario, las repercusiones del hierro (Fe) se pueden contemplar bajo una triple perspectiva:

- 1 Deficiencia de hierro
2. Exceso de hierro libre por niveles disminuidos de la proteína transportadora transferrina
3. Exceso de hierro absoluto.

A) Deficiencia de hierro: La deficiencia en hierro es la más extendida a nivel mundial, especialmente en el tercer mundo y en muchos casos responde a una malnutrición de graves consecuencias. Por ello, la depresión del sistema inmune en un mundo contaminado, expuesto a la agresión de múltiples agentes patógenos (bacterias, virus, parásitos, etc.) es un hecho constatado.

En estas condiciones se produce una depresión de la inmunidad celular y humoral, lo cual se explica por la necesidad de hierro para la síntesis de los citocromos linfocitarios, así como para la enzima ribonucleótido-reductasa, esencial para la proliferación celular y su participación en la síntesis de ADN.

La depresión del sistema de linfocitos T también se manifiesta en la producción de citoquinas como la IL-1 o el factor de inhibición de migración (MIF).

También disminuye la función fagocítica de neutrófilos y macrófagos, dada la necesidad del metal en enzimas hierro-dependientes, como la mieloperoxidasa y el citocromo de la NADPH-oxidasa, implicados en la destrucción bacteriana. Este hecho afecta a la producción de radicales libres como superóxido, peróxido de hidrógeno y radicales hidroxilo.

B) Exceso de hierro: El exceso de hierro afecta negativamente al sistema inmune. De hecho, se ha descrito que una sobrecarga de hierro reduce la capacidad proliferativa de células T auxiliares y células T citotóxicas, aumentando por el contrario la actividad de células T supresoras.

C) Exceso de hierro absoluto: En la presencia de exceso de hierro absoluto disminuyen las actividades quimiotácticas y fagocíticas de los leucocitos. Los niveles libres de hierro en plas-

ma pueden aumentar, lo que favorece la proliferación bacteriana.²⁸

Cobre: El cobre (Cu) es un micronutriente esencial para el desarrollo, crecimiento, mantenimiento y funcionamiento normal del sistema inmunitario, siendo necesario para la diferenciación, maduración y activación de los distintos tipos de células inmunocompetentes, así como para la secreción de citoquinas con propiedades autocrinas, paracrinas y endocrinas, ejerciendo así una correcta defensa del huésped. Además, es un importante componente de la hemoglobina y mioglobina.

Actúa como antioxidante, ya que es un cofactor esencial de una gran variedad de enzimas, incluyendo la citocromo-C-oxidasa y la Cu-Zn-superóxido-dismutasa (enzimas implicadas en la función bactericida de los granulocitos) y una proteína de inflamación, como la ceruloplasmina. Además, el cobre es necesario para que se produzca una adecuada utilización del hierro, su deficiencia causa anemia, también se utiliza en el metabolismo de catecolaminas y en la protección celular frente al daño ocasionado por la oxidación. En situaciones de déficit de cobre parece aumentar la tendencia a padecer infecciones.²⁸

Magnesio: Es uno de los micronutrientes de mayor importancia para el sistema inmune. El desequilibrio de Mg en personas mayores se relaciona con una mayor susceptibilidad al estrés, una defectuosa función de la membrana, procesos de inflamación, enfermedades cardiovasculares, diabetes y disfunciones del sistema inmunitario.²⁸

Selenio: Tiene efectos adicionales importantes sobre la salud, particularmente en relación con la respuesta inmune, la enfermedad viral y la prevención del cáncer.

En numerosos estudios se ha sugerido que la deficiencia de selenio se relaciona con una alteración en varios niveles de la respuesta inmunológica: resistencia a la infección, síntesis de anticuerpos, citotoxicidad, secreción de citoquinas y proliferación de linfocitos. De hecho, implica alteraciones en la inmunidad celular y la función de las células B. Este fallo en el sistema inmune puede probablemente estar condicionado por el hecho de que el selenio se encuentra habitualmente en cantidades significativas en tejidos inmunocompetentes tales como el hígado, bazo y nódulos linfáticos.

Por otro lado, la suplementación con selenio -incluso en individuos con los requerimientos completos-, tiene marcados efectos inmunoestimuladores, incluyendo un aumento de la proliferación de la actividad de las células T (linfocitos citotóxicos) y la mejora de la actividad de las células NK. El selenio parece también eliminar la deficiencia que presentan los linfocitos

de personas de edad avanzada para responder a estímulos y poder proliferar y diferenciarse en células efectoras citotóxicas.²⁸

Sustancias fitoquímicas: El progreso de la investigación en nutrición en la última década sugiere claramente que, además de los nutrientes esenciales, otros constituyentes no nutritivos de los alimentos como los fitoquímicos tienen un efecto beneficioso sobre la salud humana.

Los fitoquímicos están representados por un amplio número de sustancias químicamente diferentes, aunque, hasta la fecha, por su potencial inmunomodulador, los carotenoides y flavonoides son los más estudiados, no se han elucidado los mecanismos de acción y los niveles adecuados de ingesta (Tabla 2).²⁸

Tabla 2: Consecuencias sobre la deficiencia de algunos micronutrientes sobre el sistema inmunitario ²⁸

CONSECUENCIAS DE LA DEFICIENCIA DE ALGUNOS MICRONUTRIENTES SOBRE EL SISTEMA INMUNITARIO	
Minerales	Efecto sobre el sistema inmune
CINC	<ul style="list-style-type: none"> - Atrofia intestinal - Anorexia-malnutrición - Respuesta hipersensibilidad retardada disminuida - Alteración inmunidad celular - Menor producción de anticuerpos - Capacidad fagocítica disminuida - Menor actividad de las células NK - Mayor susceptibilidad a infecciones - Alteración en la cicatrización de heridas - Reacción retardada a injertos
HIERRO	<ul style="list-style-type: none"> - Depresión de la inmunidad celular y humoral - Disminución de la función fagocítica - Mayor susceptibilidad a infecciones
COBRE	<ul style="list-style-type: none"> - Alteración en el desarrollo, crecimiento y maduración de las células inmunocompetentes (celular y humoral) y citoquinas - Alteraciones hematológicas (anemias) - Alteración de los mecanismos de inflamación - Mayor susceptibilidad a infecciones - Disminución capacidad oxidativa y microbicida de neutrófilos - Actividad citotóxica de NK disminuida

FITOESTEROLES Y FITOESTANOLES

Los fitoestanoles son esteroides de origen vegetal ampliamente distribuidos en la naturaleza y cuya estructura es muy similar a la del colesterol. Desde hace años se conoce que estos esteroides producen efectos hipocolesterolémicos cuando son ingeridos en el rango de 1-3 g/día, por lo cual se les considera como importantes aliados en la prevención de las enfermedades cardiovasculares, siendo su consumo indicado para individuos con hipercolesterolemias leves o moderadas.

El efecto hipocolesterolémico de los fitoesteroides y de los fitoestanoles es atribuido a tres acciones metabólicas: inhiben la absorción intestinal de colesterol por competencia en la incorporación del colesterol a las micelas mixtas, disminuyen la esterificación del colesterol en los enterocitos al inhibir la actividad de la enzima acilCoA-colesterol-aciltransferasa y estimulan el reflujo de colesterol desde los enterocitos hacia el lumen intestinal al aumentar la actividad y la expresión de un transportador de tipo ABC.

La acción conjunta de los esteroides y/o estanoles sobre estos mecanismos produce una disminución del colesterol total plasmático y del colesterol-LDL, sin modificar los niveles del colesterol-HDL. Los fitoesteroides y fitoestanoles constituyen un modelo muy adecuado para el desarrollo de alimentos funcionales. Actualmente en diferentes países se comercializan leches, jugos, yogurt y margarinas que contienen ya sea fitoesteroides o fitoestanoles.²⁹

ALIMENTOS FUNCIONALES CON EFECTOS FISIOLÓGICOS POSITIVOS

Ahora que ya conocemos los efectos producidos por los diferentes componentes de los alimentos, es importante saber cuáles son los alimentos que contienen dichos componentes para su buena alimentación, que analizaremos en la siguiente tabla:

COMPONENTE	ALIMENTO	CONTENIDO	ACCIÓN
PROBIÓTICOS ²	Yogurt	Contienen microorganismos vivos	Interactúan con la flora bacteriana para prevenir enfermedades infecciosas comunes por ingestión de patógenos, tienen propiedades inmunomoduladoras: modifican la respuesta a antígenos ³
	Leches Fermentadas		

PREBIÓTICOS^{31, 32}	Alcachofas, achicoria y plátano	Contienen inulina, un prebiótico natural	Efectos metabólicos: producción de ácidos grasos de cadena corta, metabolismo de las grasas. absorción de iones (Ca, Fe, Mg) y aumenta la inmunidad del huésped (producción de IgA, modulación de citoquinas, etc.) ^{31, 32}
	Legumbres, papa y camote	Poseen rafinosa y estaquiosa.	
	Ajo, cebolla y puerro	Poseen derivados de inulina y fructooligosacáridos	
	Trigo, avena y cebada	Poseen inulina.	
	Espárragos	Poseen fructooligosacáridos	
SIMBIÓTICOS²	Leche materna	Contienen probióticos y prebióticos	Estimulan desarrollo selectivo y activan el metabolismo de una o de un número limitado de bacterias ²

ÁCIDOS GRASOS			
COMPONENTE	ALIMENTO	CONTENIDO	ACCIÓN
Omega 3³²	Aceites de pescado azul	Ácido docosahexaenoico y eicosapentaenoico	Hipolipemiente, reductor sobre los triglicéridos del plasma, reduce el aumento postprandial de los triglicéridos y aumento de síntesis de fosfolípidos, reducen riesgo de enfermedad cardiovascular, mejoran el desarrollo del tejido nervioso y funciones visuales, mantiene la tensión arterial normal ^{32, 36, 37}
	Aceites vegetales		
	Hoja verde de la acelga		
	Espinacas		
	Semillas de lino		
	Ajonjolí		
	Yema de huevo		
Pollo, carne de res y cerdo			
Omega 6³²	Aceites vegetales	Ácido linoleico	Estimulan el sistema inmune, actúan como vasoconstrictores y procoagulantes. ³²
	Nueces		
	Cereales		
	Pan integral		
	Huevos y aves de corral		

COMPONENTE	ALIMENTO	CONTENIDO	ACCIÓN
AMINOÁCIDOS	Frutos secos: cacahuates, nueces, almendras, semillas de girasol	Arginina	Síntesis proteínica, regulación de la secreción hormonal, síntesis de creatina, síntesis de óxido nítrico, reparación tisular, regulación de la tumorigénesis, regulación de la inmunidad, regulación de la función neuronal, regulación del recambio y el metabolismo energético muscular, regulación de la función endotelial, tono vascular, hemodinámica y angiogénesis, crecimiento fetal y desarrollo neonatal ^{32,33}
	Proteínas: pollo, atún, salmón y carne de cerdo		
	Lácteos: leche, huevo y queso		
	Otros: café, chocolate, avena, cereales y productos de soja	Glutamina	Precursor de sustratos para la gluconeogénesis hepática. Es el combustible preferido por enterocitos y neutrófilos participando en las funciones de sistemas como el gastrointestinal, inmunológico y muscular ³³
	Origen animal: cerdo, pollo y huevos		
Lácteos: yogur, leche, queso cottage y queso ricotta			
Vegetales: espinaca, col, perejil, avena y germen de trigo	Cisteína	Fortalece la capa protectora del estómago e intestinos, lo que ayuda a prevenir el daño provocado por determinados fármacos y es importante en el funcionamiento del sistema inmune y en la salud de pelo, uñas y piel. ³³	
Aves: pollo y pavo			
Huevos			
Avena			
Yogurt			
Brócoli			
Otros: germen de trigo, pimientos rojos, ajo, col de Bruselas y brócoli, pato, ricota, salchicha de cerdo y requesón			

COMPONENTE	ALIMENTO	CONTENIDO	ACCIÓN
ÁCIDOS NUCLÉICOS	Germen de trigo	Nucleótidos	Modulación del metabolismo de las lipoproteínas y de los ácidos grasos poliinsaturados, proliferación y diferenciación de los enterocitos, modificación de la microbiota intestinal y la estimulación y modulación del sistema inmunitario ³⁴
	Salvado		
	Espárragos		
	Espinacas y cebollas		
	Champiñones		
	Pescado (especialmente la sardina, el salmón y la anchoa) y mariscos		
	Hígado de pollo		
	Avena		

VITAMINAS HIDROSOLUBLES		
ALIMENTO	COMPONENTE	ACCIÓN
Cítricos	Vitamina C	Papel clave en la función fagocítica de neutrófilos y macrófagos, prevención del resfriado común, protección celular de daño oxidativo, formación normal de colágeno, función normal de huesos, dientes y cartílagos, incremento de la absorción de hierro, favorece a la función normal inmunitaria antes y tras el ejercicio, metabolismo energético normal, reduce daño de radicales libres, protege el ojo de daño oxidativo, reducción de cansancio y fatiga, funciones psicológicas normales. ²⁷
Pimientos		
Col		
Espínacas		
Coliflor		
Papas		
Frutas: mango, plátano, piña, manzana y melón		
Suplementos en forma de tabletas, cápsulas, efervescentes, etc.		
Carnes de cordero		
Lavaduras		
Legumbres		
Cereales integrales		
Carnes de res		
Mais		
Frutos secos	Vitamina B1 o tiamina	Antiéurética, importante para el metabolismo de carbohidratos, metabolización de proteínas, grasas y ácidos nucleicos, esencial para el crecimiento y mantenimiento de las funciones del sistema nervioso, corazón, y aparato digestivo, protege niveles altos de glucosa, favorece al metabolismo energético, contribuye a las funciones psicológicas normales. ²⁷
Visceras: hígado, corazón, riñón		
Huevos		
Papas		
Avena		
Arroz completo		
Arroz enriquecido		
Trigo		
Harina blanca enriquecida		
Ajonjolí		
Nueces		
Leguminosas: frijoles, garbanzos		
Cacahuates		
Chicharos		
Frijol de soja		
Carnes	Vitamina B2 o riboflavina	Integridad de las mucosas, piel y córnea, desintoxica el organismo frente a sustancias nocivas y participa en el metabolismo de otras vitaminas, mantenimiento energético, de hierro, visión y hemáties normales, reducción de cansancio y fatiga, protección celular del daño oxidativo, función normal de sistemas nervioso e inmune. ²⁷
Lácteos		
Lavaduras		
Cereales		
Vegetales verdes	Vitamina B3 o niacina	Participan en reacciones que generan energía gracias a la oxidación bioquímica de grasas, hidratos de carbono y proteínas, fundamental para el crecimiento y participa en síntesis de algunas hormonas, función normal del sistema nervioso, mantenimiento de piel y mucosas, reducción de cansancio y fatiga, funciones psicológicas normales. ²⁷
Fuentes animales: pollo carnes magras, hígado, corazón y riñón, pescado, salmón, atún, huevos y leche		
Fuentes vegetales: tomates, brócoli, papas dulces, zanahorias, espárragos, hongos y vegetales de hojas		
Semillas: granos o productos integrales, legumbres, vegetales de hojas		
Mayoría de alimentos	Vitamina B5 o ácido pantoténico	Formación de Coenzima A (CoA), contribuye al metabolismo energético, mantenimiento de la función mental normal, síntesis y metabolismo normal de hormonas esteroides, síntesis y metabolismo normal de Vitamina D y de neurotransmisores, reducción de cansancio y fatiga. ²⁷
Granos de cereal		
Huevos		
Suplementos dietéticos	Vitamina B6 o piridoxal, piridoxina y piridoxamina	Elaboración de serotonina, incrementa el rendimiento muscular y producción de energía, favorece la pérdida de peso, necesaria para fabricación de anticuerpos y eritrocitos, favorece la absorción de Mg, Fe y Vit. B12, grupos amino, metabolismo normal del glucógeno y
Germen de trigo		
Carne		
Verduras		
Alimentos ricos en azúcares		

VITAMINAS LIPOSOLUBLES		
ALIMENTO	COMPONENTE	ACCIÓN
Hígado	Vitamina A o retinol	Ayuda a la formación de tejidos blandos, óseos y dientes sanos, está ligada a la formación y mantenimiento de las membranas mucosas de la piel, es antixeroftalmica, es importante para la lactancia y reproducción, tiene propiedades antioxidantes, favorecen la función visual, mantiene la función del sistema inmune, la diferenciación celular, piel, mucosas, visión, metabolismo del hierro en un estado normal. ^{36,37}
Zanahoria		
Brécol		
Papas dulces		
Col rizada		
Mantquilla		
Espinacas		
Calabaza		
Lactuga verde		
Melón		
Huevos		
Melocotones		
Papaya		
Mango		
Guisantes		
Leche	Vitamina D o colecalciferol	Antirraquítica, regula los niveles de P y Ca en sangre, contribuye a la mineralización y formación de huesos y dientes, mantenimiento de las concentraciones plasmáticas normales en Ca, división celular normal, función inmunitaria normal y respuesta inflamatoria saludable, función muscular y tiroidea normal. ^{36,37}
Yogurt		
Derivados grasos		
Cereal		
Pan		
Margarina	Vitamina E o tocoferol	Antioxidante, es beneficioso para el sistema circulatorio y la visión. Ayuda en la prevención de la Enfermedad de Parkinson ³⁵
Aceites de soya		
Lentejas		
Brécol		
Avena, arroz		
Espinacas, chícharos, garbanzos		
Germen de trigo		
Mantquilla		
Yema de huevo		
Verduras de hoja verde oscura: lactuga, espinaca, col rizada, brécol, col de Bruselas		
Germen de trigo		
Aguacate		
Cereales		
Alimentos orgánicos		
Productos de soja		
Aceites vegetales: soja, algodón y oliva	Vitamina K o naftoquinona	Antihemorrágica, interviene en la generación de eritrocitos, mejora el balance de Ca y actúa como cofactor necesario para la g-carboxilación de osteocalcina. ³⁷
Carnes		
Leche de vaca		
Huevos		
Percejo		

MINERALES		
ALIMENTO	CONTENIDO	ACCIÓN
Embutidos	Sodio	Regulación de la presión arterial y volumen sanguíneo, esencial para correcto funcionamiento de músculos y nervios, forma parte de los huesos, participa en el equilibrio osmótico, colabora en la permeabilidad de las membranas, interviene en la contracción muscular, participa en la transmisión nerviosa. ³⁶
Encurtidos		
Enlatados		
Alimentos preparados		
Sal común		
Leche		
Betabel		
Apio		
Agua potable		
Frutas secas		
Legumbres	Potasio	Regulación del agua dentro y fuera de las células, esencial para el correcto crecimiento del organismo, forma parte de los huesos, participa en el equilibrio osmótico, interviene en la producción de proteínas y en el metabolismo de los hidratos de carbono, colabora en la permeabilidad de las membranas, participa en reacciones químicas, interviene en la transmisión nerviosa, participa en la contracción muscular y en el mantenimiento de la tensión arterial normal. ^{37,38}
Café		
Papas		
Champiñones		
Plátanos		
Salmón		
Soja		
Brócoli		
Leche y derivados		
Verduras		
Algas y sardinas	Calcio	Forma parte de los dientes y huesos y contribuye a su desarrollo, es necesario para la coagulación de la sangre, participa en la transmisión del impulso nervioso, tiene un papel importante en la contracción muscular, estimula la secreción hormonal, contribuye a la activación de enzimas, colabora en la permeabilidad de las membranas celulares, participa en la absorción de vitamina B12, división y diferenciación celular, puede prevenir la osteoporosis. ^{36, 37}
Productos lácteos		
Sésamo		
Almendras		
Cacahuates y nueces		
Anchoas		
Salmón		
Vegetales de hoja verde		
Espinacas		
Carne		
Cereales integrales	Fósforo	Previene la caries dental, forma parte de los huesos y disminuye la pérdida de masa ósea, forma parte del ADN y ARN, forma parte de las paredes celulares, colabora en la activación de enzimas, participa en el equilibrio ácido-base de las células, forma parte de la vitamina B7, mejora el sistema inmunológico, metabolismo energético. ^{38, 37}
Pescado		
Frutos secos		
Leche		
Huavos		
Soja	Magnesio	Interviene en el mantenimiento de dientes, corazón y huesos sanos, participa en el metabolismo energético, reduce cansancio y fatiga, en la activación de enzimas que liberan glucosa, favorece la formación y síntesis de proteínas y la división celular normal, forma parte de la estructura ósea, interviene en la contracción nerviosa y en la transmisión nerviosa, mantiene las funciones psicológicas normales, contribuye a una función muscular normal y en el balance electrolítico. ³⁷
Arroz		
Trigo		
Avena integral		
Soja		
Maíz		
Espinacas		
Plátano		

Algas	Cloro	Participa en el equilibrio osmótico, forma parte del ácido clorhídrico gástrico que participa en la digestión, interviene en la digestión de las grasas, elimina residuos tóxicos. ^{37,38}
Acefitunas		
Sal común		
Espárragos y puerro	Azufre	Forma parte de vitaminas, es integrante de algunas proteínas, forma parte de hormonas, participa en el metabolismo de grasas e hidratos de carbono, se encuentra presente en la queratina, es fundamental para la formación de piel, uñas, cabello y cartilago, participa en la síntesis del colágeno, diversas hormonas y vitaminas, facilita la secreción biliar y el funcionamiento hepático. ³⁸
Ajo y Cebolla		
Café		
Frutas secas		
Carne, queso y pescado		
Legumbres		
Yema de huevo		
Carne	Hierro	Interviene en el transporte de oxígeno y dióxido de carbono en sangre, participa en la producción de hemoglobina y hematíes, forma parte en el proceso de respiración celular y es parte integrante de la mioglobina, almacén de oxígeno en el músculo, tiene un papel fundamental en la síntesis de ADN, y en la formación de colágeno, aumenta la resistencia a las enfermedades, colabora en muchas reacciones químicas y en el metabolismo energético, reducción de cansancio y fatiga, mantiene la función inmune, cognitiva, división celular y desarrollo cognitivo normales. ^{37,38}
Lentejas		
Soja		
Garbanzos		
Avena		
Algas		
Pan Integral		
Espinaca		
Mijo		
Pescados		
Espinaca	Flúor	Participa en la formación y fortalecimiento de huesos y el esmalte dental, prevención de caries en los dientes, mantenimiento de la estructura ósea. ³⁷
Soja		
Pan Integral		
Sal marina	Yodo	Primordial para la producción de hormonas tiroideas, facilita el crecimiento, ayuda a quemar el exceso de grasa que tiene nuestro cuerpo, mejora la agilidad mental, interviene en procesos neuromusculares, participa en el funcionamiento celular, actúa sobre el metabolismo y facilita la combustión del exceso de grasa. ^{36,38}
Algas		
Mariscos		
Frutas y verduras		
Pescado		
Pescados	Manganeso	Participa en la síntesis de los ácidos grasos, interviene en la síntesis de hormonas sexuales, es básica para asimilar la vitamina E, esencial en la producción de cartilago, refuerza la memoria, disminuye la irritabilidad y el cansancio, brinda protección celular contra el daño oxidativo y participa en la formación normal de tejido conectivo. ³⁷
Crustáceos		
Cereales Integrales		
Legumbres		
Soja		
Té negro		
Plátano		
Judías		
Betabel		

Carnes		
Lentejas		
Lácteos		
Cebolla		
Betabel rojo		
Pescados		
Germen de trigo		
Cerezas		
Peras		
Cereales integrales		
Legumbres		
Soja		
Avellanas		
Nueces		
Higos		
Cereales integrales		
Quesos		
Cacao		
Legumbres		
Frutos secos		
Mariscos		
Setas		
Calabaza		
Ostras		
Carnes		
Ajonjolí		
Germen de trigo		
Pescado		
Huevos		
Lácteos		
Leguminosas		
Frutos secos		
Pan integral		
Agua potable y alimentos vegetales en general		
Cereales integrales		
Espinacas		
Legumbres y perejil		
Levadura de cerveza		
Lechuga		
Papas		
Berros		
Cebolla		
Grasa		
Acoltes vegetales		
	Cobalto	Es necesario para la estimulación y el buen funcionamiento de las células rojas, puede ayudar a reducir los niveles de glucosa en sangre, es necesario para que la vitamina B12 desempeñe sus funciones en nuestro organismo, interviene en el metabolismo del hierro y en la hematopoyesis por estimulación de los reticulocitos en las anemias ferropénicas, síntesis de la timidina, síntesis de la colina y la metionina, factores lipotrofos y hepatoprotectores, posee relaciones con la insulina y el zinc, es un regulador del sistema simpático, tiene acción simpaticolítica, es un antagonista de la adrenalina a nivel de las terminaciones simpáticas. A dosis pequeñas estimula la actividad de la penicilina y a dosis altas es un antagonista de la misma, interviene en la fecundidad, va ligado en sus funciones a la Vitamina B12, participa en la formación del sistema nervioso. ³⁷
	Cobre	Ayuda al transporte del hierro, interviene en la formación de hemoglobina, glóbulos rojos y diversas enzimas, participa en la degradación de hidratos de carbono, lípidos y proteínas, interviene en la asimilación de la vitamina C por parte del cuerpo, colabora en el mantenimiento de la estructura ósea, participa en la integridad del sistema nervioso central, mantenimiento de tejido conectivo, mantiene la función inmune y del sistema nervioso normales, pigmentación normal de cabello y piel, transporte normal del hierro. ^{37,38}
	Zinc	Participa en múltiples reacciones químicas y en el sistema inmune, ya que favorece la producción de linfocitos, ayuda en la cicatrización de heridas, interviene en la síntesis de ADN y ARN, produce la activación de ciertas hormonas, colabora en el mantenimiento de la estructura de las células. Su presencia en el organismo es esencial para el correcto funcionamiento del olfato y el gusto, es fundamental para el correcto desarrollo de las gónadas (ovarios y testículos), así como en la reproducción y en la fertilidad, es básico para la formación de insulina y proteínas, mantenimiento de cabello y uñas, metabolismo normal de macronutrientes, interviene en la formación de Vitamina B12 facilitando de manera indirecta la producción de glóbulos rojos y mielina. ^{37,38}
	Silicio	Construye y regenera las paredes celulares, regula la tensión arterial y niveles de colesterol, es indispensable en la síntesis de colágeno, asimilación del Ca, P, Mg y Vitamina D, interviene en formación de nuevas células. ³⁸
	Níquel	Regula la presión arterial, mejora y aumenta la acción de la insulina, incrementa grasas sanguíneas, regula niveles de adrenalina y funcionamiento pancreático y preventivo de los diabéticos. ³⁸
	Cromo	Control de niveles de glucosa en la sangre, favorece a la pérdida de peso, es importante en el metabolismo de grasas y carbohidratos, estimula la síntesis de ácidos grasos y colesterol y es importante en el metabolismo de la insulina y macronutrientes. ³⁷

Papas	Litio	Colabora en el equilibrio y bienestar del SNC, actúa sobre los neurotransmisores, actúa en el equilibrio electrolítico extra e intracelular, colabora en la eliminación de sodio, urea y ácido úrico, se utiliza en tratamiento psiquiátrico como depresión y psicosis maniaco-depresiva. ³⁷
Vegetales		
Crustáceos y algunos pescados		
Legumbres	Molibdeno	Moviliza las reservas de hierro en el hígado, mantiene en buen estado las funciones sexuales masculinas, ayuda en el metabolismo de las grasas y carbohidratos, protege del cáncer de esófago, previene la caries dental, favorece al crecimiento y desarrollo, metabolismo normal de aminoácidos sulfurados. ³⁷
Vegetales de hoja verde oscura		
Germin de trigo y cereales integrales		
Nueces	Selenio	Posee capacidad antioxidante, de ahí que se relacione con un papel protector de enfermedades como el cáncer y otros problemas relacionados con el daño celular, función normal del sistema inmune, función tiroidea normal, mantenimiento normal del cabello y uñas. ³⁷
Mariscos		
Leche		
Carne		
Pescado		
Semillas de calabaza		
Tomates		
Huevos		

EFECTOS DE ALGUNOS ALIMENTOS FUNCIONALES NATURALES DE ESPECIAL RELEVANCIA

Efectos favorables sobre el perfil lipídico

- o Pescado azul
- o Aceite de oliva virgen
- o Nueces y otros frutos secos
- o Legumbres
- o Vino y otras bebidas alcohólicas
- o Manzana, moras
- o Cebada, avena
- o Zanahoria, champiñón
- o Ajo, cebolla

Efecto antioxidante

- o Limón
- o Tomate
- o Manzana, arándanos
- o Ajo

Efecto antiinflamatorio

- o Ginseng
- o Avena

Efecto antiproliferativo

- o Naranja
- o Berenjena, espinacas
- o Soya
- o Repollo, col de Bruselas, coliflor, brócoli
- o Perejil
- o Té verde
- o Ajo

Efecto antimicrobiano

- o Arándanos
- o Ajo, cebolla
- o Té verde

Efecto antiestrogénico (agonista estrogénico parcial)

- o Anís
- o Soja y otras legumbres
- o Hinojo
- o Repollo³⁰

CONCLUSIONES

Los alimentos funcionales ejercen su actividad en múltiples aparatos y sistemas de la economía. Se comportan como potenciadores del desarrollo y la diferenciación, moduladores del metabolismo de nutrientes, la expresión génica, el estrés oxidativo y mejoran la salud en general.

El concepto de Alimento Funcional emerge como uno de los primeros pasos en el camino hacia la nutrición óptima y personalizada, enfocada a la promoción integral de la salud y en la reducción del riesgo de ciertas enfermedades. Un Alimento Funcional debe seguir siendo tal alimento y, por tanto, ejercer sus acciones funcionales en las cantidades habitualmente consumidas en una dieta convencional. Deben consumirse dentro de una dieta sana, equilibrada y en las cantidades en las que se consumen los demás alimentos.

Es muy importante que como pediatras verifiquemos los hábitos alimentarios de la familia porque sabemos que hay muchos factores culturales, económicos, incluso religiosos que pueden evitar una adecuada alimentación a los pacientes. El exceso de "alimentos chatarra" y la facilidad con que se pueden obtener, ha condicionado que la dieta se base en desequilibrio nutricional y como consecuencia los problemas carenciales que hemos analizado. Debemos procurar que los hábitos alimentarios de la familia sean adecuados para que el paciente tenga un crecimiento y desarrollo normales. Si la dieta del paciente es variada, equilibrada, suficiente, adecuada e incluye los alimentos funcionales entonces es FUNCIONAL.

BIBLIOGRAFÍA

1. Hernández Rodríguez M. Alimentación Infantil. 3ª ed. Madrid, Díaz de Santos; 2001.
2. Ferrer Lorente B, Dalmau Serra J. Alimentos Funcionales: probióticos. Centro Atención Primaria de Alaquás. Valencia Sección Nutrición. Hospital Infantil «La Fe» Valencia. Acta Pediatr Esp. 2001; Vol. 59(3): 150-155.
3. Vitoria Miñana I. Alimentos funcionales en pediatría. En: AEPap Ed. Curso de Actualización Pediatría 2006. Madrid: Exlibris Ediciones, 2006; p. 111-7.
4. Ormaetxea Goiri V. Alimentos Funcionales En Nutrición Pediátrica. Reunión Científica Conjunta. SVNP-AVPAP Gipuzkoa. Donostia, 2009.
5. Marcos A. Inmunonutrición en la salud y la enfermedad. 1ª ed. Madrid: Médica Panamericana; 2011.
6. Martínez B. Alimentos funcionales: prebióticos, probióticos. XV Congreso de la Sociedad Española de Gastroenterología, Hepatología y Nutrición Pediátrica. 2008.
7. Joint FAO/WHO Expert Consultation on Evaluation of Health and Nutritional Properties of Probiotics in Food Including Powder Milk with Live Lactic Acid Bacteria, Córdoba, Argentina 1-4 October 2001.
8. World Gastroenterology Organization (WGO) Practice guideline: Probiotics and Prebiotics. 2011.
9. De las Cagigas Reig AL, Blanco Anesto J. Prebióticos y probióticos, una relación beneficiosa Revista Cubana Aliment Nutr 2002.
10. Escudero Alvarez E, González Sánchez P. La fibra dietética. Nutr. Hosp (2006); 21 (Supl.2); 61-72.
11. De Vrese M, Scherezenmeir J. Probiotics, prebiotics and synbiotics. Adv Biochem Eng Biotechnol. 2008; 111:1-66.

12. Duarte Mote J. Inmunonutrición: Logros y promesas. Artículo de Revisión. Revista de la Asociación Mexicana de Medicina Crítica y Terapia Intensiva. Vol. XIX (5-6) / Sep.-Dic. 2005 pp 183-193.
13. McCowen KC, Bistrrian BR. Immunonutrition: problematic or problem solving? Am J Clin-Nutr 2003; 77:764-70.
14. Wesley AJ. Nutritional pharmacology in surgical patients. Am J Surgery 2002; 183: 349-352.
15. Simon V. Nutritional support in critical care. Clin Chest Med 2003; 24: 633-644.
16. Culebras-Fernández JM. Nutrición en el paciente quirúrgico: Inmunonutrición. Nutr Hosp 2001; XVI(3): 67-77.
17. Stechmiller JK. Arginine immunonutrition in critically ill patients: a clinical dilemma. Am J CritCare 2004;13(1):17-23.
18. Dupertuis Y, Raguso A, Pichard C. Basics in clinical nutrition: Nutrients which influence immunity-Clinical and experimental data. Eur J Clin Nutr and Metabolism 2009; 4: 7-9.
19. Tsoras M, Jacobi J. Immunonutrition as a Part of the Nutritional Support of Critically 111 Patients. Contemp Crit Care 2008; 5: 1-10.
20. Standen J, Bihari D. Immunonutrition: an update. Curr Opin Clin Nutr Metab Care 2000; 3: 149-157.
21. Calvo Bruzos, Socorro Coral. Nutrición, Salud y Alimentos funcionales. 1ª edición, Ed. Aranzandi, Madrid, 2011.
22. Uscátegui C., Henry. Inmunonutrición: Enfoque en el paciente quirúrgico, Artículo de revisión, Rev. Chilena de Cirugía. Vol 62 - No 1, Febrero 2010; pp 87-92.
23. Mackey AD, Davis SR, Gregory JF, 3rd. Vitamin B6. In: Shils ME, Shike M, Ross AC, Caballero B, Cousins RJ, eds. Modern Nutrition in Health and Disease. 10th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins 2006; 452-461.

24. Culebras J, Paz R, Jorquera F, García A. Nutrición en el paciente quirúrgico: Inmunonutrición. *NutrHosp* 2001; 16: 67-77.
25. Troen AM, Mitchell B, Sorensen B, Wener MH, Johnston A, Wood B, Selhub J, Mc Tiernan A, Yasui Y, Oral E, Potter JD, Ulrich CM. Unmetabolized folic acid in plasma is associated with reduced natural killer cell cytotoxicity among postmenopausal women. *J.Nutr* 2006; 136: 189-194.
26. Mataix, J, de Pablo, M. Sistema de defensa y nutrición. En: *Nutrición y alimentación*. Ed. Ergon, Madrid. 2009: 1715-65.
27. Manycassamy S, Pulendram B. Retinoic acid - dependent regulation of immune responses by dendritic cells and macrophages. *Semin Immunol* 2009; 21: 22-27.
28. Nova E, Montero A, Marcos A. Inmunonutrición: Longevidad. Tratado integral sobre la salud en la segunda mitad de la vida. Ed. Medica Panamericana, Madrid. 2004; VII. 3.5: 617-27.
29. Valenzuela A, Ronco A M. Fitoesteroles y Fitoestanoles: Aliados Naturales Para La Protección De La Salud Cardiovascular, *Rev. Chil. Nutr. Vol. 21, Suplemento N° 1, Noviembre 2004*, pp 161-169.
30. Silveira M B, Monereo S, Molina B, Alimentos funcionales y nutrición óptima. ¿Cerca o lejos?, Madrid, *Rev. Esp. Salud Pública* 2003; 77: 317-331.
31. Guías Mundiales de la Organización Mundial de Gastroenterología, Probióticos y prebióticos, 2011.
32. Rodríguez Rivera V.M., Bases de la alimentación humana, Ed. Netbiblo, España, 2008.
33. Gil Hernández Angel, Tratado de Nutrición: Bases fisiológicas y bioquímicas de la nutrición, Tomo I, 2ª Edición, Editorial Médica Panamericana, 2010.
34. Cilla A, Lacomba R, García-Llatas G, Alegría A. Prebióticos y nucleótidos en alimentación infantil; revisión de la evidencia, *Nutrición Hospitalaria*, Valencia, España 2012; 27:1037-1048.
35. Pita Rodríguez G. Funciones de la vitamina E en la nutrición humana, *Rev Cubana Aliment Nutr* 1997;11(1):46-57.

36. Aranceta J, Serra LI. Guía de alimentos funcionales. España: Sociedad Española de Nutrición comunitaria y Puleva Food, 2003.
37. Calvo Brutos Socorro Coral, Gómez Candela Carmen, Nutrición, Salud y Alimentos Funcionales, 1ª Ed, España: Aranzadi, 2011.
38. Roldán Alfredo A. Los alimentos de la A a la Z. Guía completa de alimentos y aditivos alimentarios. Madrid, España: EDAF, 2007.