

# Fundamentos de nutrición y dietética

Leopoldo Vega Franco

María del Carmen Iñárritu Pérez



Facultad de Medicina



PEARSON



# **Fundamentos de nutrición y dietética**



# Fundamentos de nutrición y dietética

*Leopoldo Vega Franco*

*María del Carmen Iñarritu Pérez*

---

Facultad de Medicina



**Pearson Custom Publishing**

México • Argentina • Brasil • Colombia • Costa Rica • Chile • Ecuador  
España • Guatemala • Panamá • Perú • Puerto Rico • Uruguay • Venezuela

Vega Franco, Leopoldo e Iñárritu Pérez,  
Ma. del Carmen

**Fundamentos de nutrición y dietética**

Primera edición.

Pearson Educación de México, 2010

ISBN: 978-604-442-369-3

Formato 21 × 27

Páginas: 160

Editor: Carlos Mario Ramírez Torres  
carlosmario.ramirez@pearsoned.com  
Editor de desarrollo: Alejandro Agustín Gómez Ruiz  
Supervisor de producción: Juan José García Guzmán

PRIMERA EDICIÓN, 2010

D.R. © 2010 por Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Medicina  
Ciudad Universitaria, 04510, México, D.F.

ISBN 978-607-02-0690-0

D.R. © 2010 Por Pearson Educación de México, S.A. de C.V.  
Atacomulco 500-5o piso  
Industrial Atoto, 53519 Naucalpan de Juárez, Estado de México

Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana. Reg. Núm. 1031.

Pearson Custom Publishing es una marca registrada de Pearson Educación de México, S.A. de C.V.

Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de esta publicación pueden reproducirse, registrarse o transmitirse, por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea electrónico, mecánico, fotoquímico, magnético o electroóptico, por fotocopia, grabación o cualquier otro, sin permiso previo por escrito del editor.

El préstamo, alquiler o cualquier otra forma de cesión de uso de este ejemplar requerirá también la autorización del editor o de sus representantes.

**Pearson Custom  
Publishing**

es una división de



Impreso en México. *Printed in Mexico.*  
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 – 12 11 10 09

**ISBN 978-607-442-369-3**

***Dedico mi contribución en este  
libro a mis pequeños nietos:  
Cecilia, Marcela y Gustavo.***

*Leopoldo Vega Franco*

***Con todo mi amor para Alfonso,  
Cristi, Marilupe y Pablo.  
Y a mis padres: Carmina y Pacho.***

*María del Carmen Iñarritu*

---





## Capítulo 1

*Importancia de la alimentación en la salud* 3

## Capítulo 2

*Hidratos de carbono* 11

## Capítulo 3

*Proteínas* 23

## Capítulo 4

*Lípidos* 31

## Capítulo 5

*Vitaminas* 41

## Capítulo 6

*Minerales* 65

## Capítulo 7

*Papel del agua en el organismo* 91

## Capítulo 8

*Evaluación del estado nutricional* 97

## Capítulo 9

*Energía* 115

## Capítulo 10

*Dietética. La dieta en condiciones de salud* 141



# Prefacio

---

Quizá hubiese sido más apropiado calificar este libro como epítome en vez de usar la palabra compendio, la Real Academia de la Lengua Española define epítome como Resumen de una obra extensa que expone lo más fundamental o preciso de la materia tratada en ella, lo que coincide cabalmente con el propósito que nos movió al emprender la tarea de escribir esta pequeña obra sobre de la nutrición humana. Los temas tratados en él conciernen a la nutrición definida ésta términos de la Acción y efecto de nutrir; se habla de los alimentos y las sustancias que un ser vivo toma o recibe (en éstos) para su nutrición. En este juego semántico, participan las palabras nutrir, alimentar, nutrición, alimentación y sustancias nutritivas, todas con relación a un mismo orden de ideas para culminar con la alimentación conveniente para una persona: juicio que se basa en preceptos de la Dietética.

Cabe admitir que los conocimientos acerca de la nutrición van más allá de la simple relación entre el hombre y su alimentación, en ella influye la cultura, la sociedad, la economía, y la organización política de la sociedad. Es en esta última en la que recae la responsabilidad de regular la producción, disponibilidad y accesibilidad de los alimentos de consumo diario en la población. De esta amplia variedad de facetas de la nutrición, este libro compendia aquellas que atañen a las sustancias alimenticias que dan sustento al hombre y describe los procesos fisiológicos y las reacciones bioquímicas mediante los cuales el organismo capta las sustancias que le son indispensables para disfrutar de una vida corporalmente saludable. En síntesis, este epítome expone conceptos básicos de nutrición humana aplicada a su salud.

También es oportuno precisar que la información que proporciona no es una simple enumeración de temas, sino que trata de exponer los conocimientos esenciales e indispensables para que los estudiantes de las licenciaturas de nutrición y medicina puedan captar los conceptos básico de la nutrición humana y puede ser útil también a médicos y profesionistas de la nutrición para recordar conceptos indispensables en la toma de decisiones frente a problemas vinculados a enfermedades hiper-catabólicas, en las deficiencias nutrimentales o ante pacientes con sobrepeso u obesidad. Para aquellos médicos que están en su etapa formativa en alguna de las especialidades médicas, puede también proveer información para promover, mantener o restaurar la condición nutricia de sujetos enfermos al recomendar la alimentación y los complementos de nutrimentos que deben recibir las mujeres durante el embarazo y, para quienes están en entrenamiento para ejercer como especialistas en pediatría, proporciona información indispensable para orientar a los padres en la alimentación y educación alimentaria de sus hijos, condición indispensable para que su crecimiento corporal y su desarrollo neurobiológico se exprese de acuerdo a las potencialidades genéticas heredadas de sus padres.

Una lectura rápida permite al lector apreciar la manera en que se estructuró la información contenida en 10 capítulos; las fuentes documentales han sido las aportadas por numerosos investigadores en la segunda mitad del siglo pasado y son divulgadas ampliamente en textos especializados; por esta razón, sólo se da crédito a la información que se presenta en algunas tablas, en algunas notas o cuando se hace mención a conceptos recientes o en que aún hay divergencias.

El primer capítulo introduce al lector al tema de la nutrición humana: resalta la importancia que en ella tiene la alimentación: no sólo para satisfacer el hambre sino para contribuir a que una persona goce de una condición nutricia óptima. Cada uno de los siguientes seis capítulos exponen separadamente los grupos de nutrimentos: hidratos de carbono, proteínas, lípidos, vitaminas, minerales. En ellos se hace una breve descripción de la estructura y particularidades químicas de las sustancias de cada grupo de nutrimentos para cumplir con sus funciones nutricias. Por otra parte, se hace mención a los alimentos que tienen mayor contenido de nutrimentos y a los procesos digestivos mediante los cuales éstos son asimilados por el organismo, indicando su transporte, almacenamiento, metabolismo y la excreción de metabolitos.

Se hace referencia a las funciones que de manera específica cumplen los nutrimentos de consumo diario, las enfermedades que acontecen por la carencia de éstos en la dieta o los problemas ocasionados por disfunciones metabólicas: sea por ausencia de enzimas, por incremento del catabolismo o por otras causas. En cada nutrimento se incluyen las principales fuentes y las recomendaciones nutrimentales.

Los últimos cuatro capítulos tratan temas relacionados con el Papel del agua en el organismo, la Evaluación del estado nutricional, el gasto de Energía metabólica y la Dieta "correcta" compatible con la salud. En el primero se acentúa el hecho innegable de que el agua es un componente indispensable en la alimentación e imprescindible para la vida (como el oxígeno que respiramos); se anotan las propiedades fisicoquímicas del agua y su papel fisiológico en el organismo. Otro capítulo habla de la Evaluación de la condición nutricia: en él se describen las técnicas y criterios de valoración de las mediciones somáticas y se hace referencia a la valoración bioquímica para la detección de deficiencias específicas. Se tocan aspectos generales del empleo de las encuestas dietéticas para estimar el aporte diario de energía y la contribución proporcional de los macronutrimentos en la dieta, así como el aporte de micronutrimentos en ella.

En el capítulo relacionado con la Energía, después de mencionar procedimientos para cuantificarla y la manera en que se estima su gasto energético, a partir de índices para el gasto metabólico, la actividad física desarrollada por una persona, el efecto térmico de los alimentos y el crecimiento corporal de los niños; se expone la manera en que se estiman las necesidades energéticas y nutrimentales en una persona y a partir de esta información diseñar una dieta apropiada y adecuada con las necesidades de cada sujeto en particular. El capítulo final se ocupa de los preceptos indispensables para que una dieta reúna los requisitos de ser completa, suficiente, equilibrada, variada, adecuada e inocua, que son imprescindibles para afirmar que es una dieta saludable.

# *1* **Importancia de la Alimentación en la Salud**

---



# 1 Importancia de la alimentación en la salud

Los alimentos tienen una connotación total en la definición de nutrición del Consejo de Alimentación y Nutrición de la Asociación Americana de Medicina: la describe como “*La ciencia de los alimentos: los nutrientes y sustancias en ellos; su acción, interacción y balance, en relación con la salud y enfermedad y los procesos mediante los cuales el organismo ingiere, digiere, absorbe, transporta, utiliza y excreta sustancias contenidas en los alimentos*”. La amplitud de este enunciado resalta el papel sustantivo de los alimentos y el trabajo fisiológico y metabólico del organismo para obtener de ellos las sustancias que le son indispensables para el funcionamiento integral de tejidos y órganos, y para el desempeño armónico de los sistemas corporales.

Sin embargo, el concepto de *nutrición* va más allá de la química, la fisiología y la biología: “Es el conjunto de procesos biológicos, psicológicos y sociológicos, involucrados en la obtención, asimilación y metabolismo de los nutrimentos por el organismo. La nutrición es fundamentalmente un proceso celular que ocurre en forma continua, y está determinado por la interacción de factores genéticos y ambientales”. En tanto que *alimentación* “es el conjunto de procesos biológicos, psicológicos y sociológicos relacionados con la ingestión de alimentos, mediante el cual el organismo obtiene del medio los nutrimentos para satisfacer sus necesidades biológicas, intelectuales, emocionales, estéticas y socioculturales, indispensables para una vida humana plena”.<sup>1</sup>

En los conceptos enunciados subyacen hechos vitales que requieren insumos de energía, la construcción y reparación de tejidos, el cabal desempeño de funciones mentales, el mantenimiento de mecanismos de defensa ante agresiones de agentes nocivos y otras expresiones de vida en el proceso de salud-enfermedad. La alimentación correcta y nutrición óptima se traducen en el vigor con el que el hombre desempeña sus actividades físicas y mentales, y disfruta de la vida con mesura; se puede decir que la alimentación correcta es imprescindible para la salud ya que de ésta dependen una vida productiva y la satisfacción de vivir. En este capítulo se examina el significado de la alimentación en la nutrición y por qué es un elemento imprescindible para la salud.

Por hallazgos paleoarqueológicos se sabe que el maíz se cultivaba en México: en el Valle de Tehuacán, Puebla, hace 7000 años.

El trigo tiene su origen en la antigua Mesopotamia: hay evidencias paleoarqueológicas del cultivo de trigo en Irak, Siria, Jordania y Turquía.

Se cree que el cultivo del arroz se hacía ya hace más de 6500 años: hay vestigios que hacen pensar que en China se cultivaba ya hace 7000 años.

## LA ALIMENTACIÓN EN LA HISTORIA

### *En la Prehistoria*

La natural exigencia de todos los seres vivos para la satisfacción del hambre y la sed es razón suficiente para pensar que la alimentación está vinculada con la vida. Aún antes de que el hombre llegase a ser el *Homo sapiens sapiens* y escribiera la primera página en la historia de la humanidad, cabe suponer que la necesidad de procurar alimento fue uno de los motivos que impulsaron a los primeros grupos de homínidos a integrarse en hordas dedicadas a la caza y recolección de productos vegetales, saciar sus necesidades alimenticias y preservar su vida. En su evolución, algunos grupos consiguieron domesticar animales y se convirtieron en pastores sujetos a una vida trashumante en búsqueda de sitios de pastoreo; mientras que otros asentados en sitios propicios se dedicaron a la pesca. Algunos de estos grupos asentados en Asia Menor, hace poco más de 10 000 años, consiguieron domesticar el trigo y otras especies vegetales, dejaron su vida errante, se dedicaron a la agricultura y la crianza de animales.

*En el mundo el trigo es el cereal de mayor consumo, seguido por el arroz y el maíz.*

*En el chino clásico, la connotación de la palabra "arroz" se emplea para este cereal; para "agricultura", y en la semántica oriental "arroz" y "comida" se emplean en ocasiones como equivalentes.*

*La cosmogonía maya refiere la creación del Universo como el alumbramiento agrícola donde la nueva humanidad es modelada a partir de masa de maíz. Tal parece que para los antiguos pueblos mesoamericanos la civilización se originó a partir de la agricultura y el cultivo del maíz.*

*El jitomate, chile, chocolate, vainilla y el pavo (guajolote) son parte del legado de Mesoamérica al mundo.*

*Desde tiempos remotos se han usado en la conservación de la carne las técnicas de secado, ahumado y salado. En regiones cálidas es común el secado; en las costas y en los lugares donde hay depósitos de sal se emplea ésta; y en los lugares fríos como en el norte de Europa, se utilizaban más el ahumado.*

Al cabo de miles de años, en los grupos sedentarios la división del trabajo fue insuficiente para cubrir las crecientes necesidades de estos grupos sociales, surgiendo la especialización en el trabajo y la transmisión de técnicas y conocimientos de una generación a otra. Si bien la evolución de estas culturas no parece haber sido dispar ni como pródiga o adversa en el entorno en que florecieron, sus sociedades empezaron a ser identificadas por su ocupación principal: agricultura, pastoreo, caza, pesca, comercio o guerra. No es difícil presumir que el comercio entre unas y otras haya surgido del trueque de alimentos por implementos y utensilios domésticos y de trabajo, o como parte del botín de guerra.

Al margen de estas elucubraciones, los documentos y registros que han permitido reconstruir de la historia antigua y los estudios en restos humanos preservados en glaciares, pantanos y momias, o los relacionados con ofrendas mortuorias y pinturas, han aportado información acerca de los alimentos que ingerían en su dieta. Otros documentos históricos permiten conocer algunas de las particularidades de su forma de vida y de las hambrunas ocasionadas por las guerras.

Durante la Edad Media, la historia documenta las consecuencias cíclicas de epidemias y guerras que eran causa de enfermedad, hambre y muerte en la población. Como consecuencia de estas calamidades quienes lograban sobrevivir se veían afectados por carencias nutrimentales, no sólo de energía y proteínas, sino también por enfermedades como anemia, pelagra, escorbuto y otras deficiencias específicas.

### *En la Historia Moderna*

En los siglos xv y xvi la expansión del mundo conocido, ante la búsqueda de rutas accesibles al comercio de especies y otros productos comerciales, favoreció el intercambio de alimentos de origen vegetal y de animales domesticados. Los vegetales ricos en féculas, hortalizas y frutas se convirtieron en objeto de comercio entre uno y otro continente, ampliando de esta manera la posibilidad de que la variedad de productos alimenticios pudiesen enriquecer la dieta. Así nuevos cereales se incorporaron gradualmente a la alimentación en las culturas de Oriente y Occidente.

En el transcurso de los años, la alimentación de amplios segmentos de la población de muchos países dejó de ser monótona y menos frecuentes las enfermedades por carencia de nutrimentos. Aunque en las culturas del Oriente, el arroz siguió siendo el elemento básico en la alimentación —como hasta ahora— en las del Occidente prevaleció el trigo en la dieta diaria de las naciones europeas, mientras el maíz aún domina en la alimentación básica de los pueblos del continente americano, lo que algunos identifican como las tres grandes culturas alimentarias: del arroz, el trigo y el maíz.

### *En la Época Contemporánea*

Es lógico suponer que hubo necesidad de que transcurriesen varias centenas de años para la incorporación de alimentos nuevos en la dieta culturalmente establecida, fue necesario que los alimentos no solo estuviesen disponibles, sino que fuesen accesibles a la generalidad de la población. El hecho es que, con el transcurso de los siglos, varios alimentos han sido incorporados e identificados como propios en diferentes culturas culinarias como tomate (jitomate), papa (patata), azúcar de caña, maíz y otros cereales.

En poblaciones asentadas en un medio rural, ante la variación estacional en la disponibilidad de alimentos, era común hacer uso de técnicas para la preservación de alimentos ancestralmente conocidas como el salado de los alimentos o el desecado de éstos al exponerlos al Sol. De esta manera se aseguraba el consumo de los mismos en épocas



*En el gobierno de Napoleón se ofreció un premio de 12 000 francos para quien desarrollara un método para conservar y transportar los alimentos de sus ejércitos; Nicolás Appert, un confitero francés, lo ganó al proponer que fuesen envasados en frascos de vidrio, cerrados con corcho y esterilizados a 100°C a baño María, por varias horas: procedimiento conocido luego como Apertización.*

*La ultrapasteurización o pasteurización UHT (ultra high temperature) consiste en exponer un alimento (como la leche) a una temperatura de 93°C durante 3 segundos o a 149°C por 1 segundo, para luego hacer descenderla a 20°C. Mediante este procedimiento la leche se puede conservar, en un recipiente adecuado, por lo menos 3 meses a la temperatura ambiente.*

del año en que pudieran no estar disponibles para la familia o en época de escasez. Hace sólo dos siglos que Nicolás Appert, empíricamente introdujo la técnica de conservación de alimentos mediante la esterilización con calor, preservándolos en recipientes de vidrio, que poco después Pierre Durand los cambió por recipientes de hojalata. El empleo empírico de esta técnica para la preservación de alimentos fue científicamente sustentada en la segunda mitad del siglo XIX con los trabajos de Luis Pasteur, quien a su vez introdujo el proceso de esterilización conocido como *pasteurización*, y que un siglo más tarde, variando la relación entre el tiempo y la temperatura de exposición de los alimentos, se le conoció como *ultrapasteurización*, ampliamente usado en la preservación de alimentos naturales, como la leche, y de manera extensiva en la preservación de alimentos procesados.

Si bien el empleo de estas técnicas de conservación permitió cambios sustanciales en la alimentación, la preservación de alimentos mediante la refrigeración y la congelación ha facilitado el trabajo que implica la preparación cotidiana de éstos a nivel familiar. Si bien ahora la conservación de los alimentos a temperaturas menores al punto de congelación o entre 0 y 5 °C es una práctica común, la preservación con hielo se conoce y se usó desde la antigüedad; apenas dos décadas antes de concluir el siglo XIX fue que se inventó la refrigeración, empleándola ya hace una centuria, para preservar la leche que era transportada por ferrocarril a la ciudad de Nueva York. En los años veinte y treinta del siglo pasado, se desarrollaron los primeros refrigeradores domésticos y hasta después de la Segunda Guerra Mundial se generalizó su empleo en el mundo.

Simultáneamente a estos adelantos, que sin duda han facilitado la labor culinaria, ha habido otros inventos que modificaron los estilos de vida de la población y floreció el comercio de productos alimenticios procesados en donde los fabricantes hacen constantes innovaciones para competir en el mercado. Al mismo tiempo, han prosperado empresas comerciales de “comidas rápidas” que compiten entre ellas aumentando el tamaño de las raciones de sus productos e incrementando su aporte de energía, amén de otros incentivos comerciales como: llévase “dos por el precio de uno”, estrategias que contribuyen tanto a robustecer su capital como hacer una “generosa” retribución al índice de masa corporal de los consumidores de sus productos.

## LA ALIMENTACIÓN EN LA NUTRICIÓN HUMANA

El proceso gradual de adaptación del hombre al medio es lo que le ha permitido sobrevivir en sitios inhóspitos, en este proceso suelen ocurrir cambios somáticos y funcionales que favorecen el mantenimiento del relativo equilibrio del hombre con el ambiente en el que transcurre su vida. De cierta manera, la condición nutricia de una persona adulta no es ajena a la adaptación de su organismo a su “ambiente”, lo deseable es que una persona adulta sana, ingiera los alimentos que le aporten la cantidad de nutrimentos que sean necesarios para satisfacer el gasto diario que le exige el trabajo que desempeña. En un adulto, un balance positivo implica la ingestión excesiva de alimentos con relación a las necesidades nutrimentales de su organismo, por lo que el excedente de los nutrimentos se almacena como reserva o se eliminan del organismo; mientras que en los niños, este balance positivo es deseable para que puedan lograr un crecimiento corporal acorde con su potencial genético.

En forma opuesta, cuando hay un balance negativo de nutrimentos en la dieta, el organismo dispone de sus reservas nutrimentales y a medida que éstas se agotan el organismo muestra cambios somáticos y disfuncionales específicos para cada nutrimento. Así, el exceso o la deficiencia en la alimentación quebrantan el relativo equilibrio en que

se sustenta la salud de una persona: como consecuencia de la asimetría entre los ingresos y gastos nutrimentales en su vida diaria, lo conducirán a la obesidad o la desnutrición.

Aunque el desbalance entre los ingresos y egresos de nutrimentos parecería una explicación simplista, éste es el principal mecanismo fisiopatogénico en la generalidad de las enfermedades nutrimentales por exceso y la mayoría de las que obedecen a deficiencias en la dieta. Lo que con frecuencia entraña cierta complejidad es explicar la causa de estas enfermedades: es necesario aclarar si se deben a deficiencias dietéticas o a una deficiente digestión, absorción, transporte, utilización de los nutrimentos o a pérdidas excesivas de nutrimentos o a circunstancias hipercatabólicas relacionadas con algunas enfermedades.

Parece fácil comprender que una persona que suele excederse en la cantidad de alimento que come, no tarda en desarrollar la complejidad propia de una persona con sobrepeso u obesidad, a menos que gaste el exceso de energía en la actividad propia de su trabajo; también es comprensible que una persona que ingiere pocos alimentos, llegue a tener una figura delgada. De igual manera se intuye que los hijos de familias que viven en la pobreza padezcan o hayan padecido algún grado de desnutrición; lo que no se puede comprender es que adolescentes y mujeres jóvenes de familias con solvencia económica y sin enfermedad aparente, tengan una figura propia de personas subalimentadas. En el mismo sentido es contradictorio e incomprensible que haya familias que viven en la pobreza con adultos que padecen sobrepeso u obesidad, mientras sus hijos tienen signos evidentes de desnutrición. Por increíble que esto parezca, la incongruencia de tales situaciones han cobrando importancia en años recientes, por su frecuencia: la anorexia nerviosa y la bulimia nerviosa en adolescentes y el sobrepeso y la obesidad en todas las edades. La paradoja, desnutrición y obesidad, es el problema de salud pública que enfrentan los países en transición epidemiológica o se encuentran en la etapa de consolidación de ésta.

*"Debes comer para vivir, no vivir para comer".*

*Sócrates (469-399 a.C.)*

## LA NUTRICIÓN COMO FUNDAMENTO DE LA SALUD

A diferencia de la definición acuñada por la organización Mundial de la Salud (OMS): que define la salud como el "completo estado de bienestar físico, mental y social y no solo ausencia de enfermedad", Perkins definió la salud como la *"consecuencia del relativo equilibrio de la forma y función corporal... derivado del ajuste dinámico del organismo ante las fuerzas que tienden a alterarlo"*; este autor hace énfasis en que no se trata de una interrelación pasiva entre el organismo y su entorno, sino que es la respuesta activa del organismo para lograr los ajustes necesarios que le permitan preservar la vida.

Si bien, para conservar la salud es preciso que los mecanismos de defensa del organismo actúen de manera eficiente ante la exposición a agentes de índole biológica, química, física o aquellos que se generan como producto de una interacción indeseable en nuestra convivencia social, la enfermedad se manifiesta en el momento en que las defensas orgánicas son incapaces de impedir la agresión de estos agentes.

A diferencia de los padecimientos ocasionados por la exposición a agentes agresores, aquellos que atañen a la nutrición, como ya se mencionó, son inducidos tanto por exceso como por una insuficiente cantidad de nutrimentos en la dieta por un lapso que puede ser de horas.

El mantenimiento constante del punto de equilibrio entre la alimentación y la nutrición humana da como resultado la condición identificada como eutrofia (buen estado de nutrición). Por otro lado, se asume que el bienestar atañe a la salud óptima y, de acuerdo

con Perkins, ésta obedece al balance de la forma y el funcionamiento corporal. Así, *eutrofia y salud* son dos condiciones *inseparables*: no se puede hablar de una persona obesa saludable, como tampoco es correcto mencionar que hay desnutridos sanos; en ambos casos el organismo, relativamente adaptado a tales circunstancias, no manifiesta objetivamente las limitaciones y daños que ocasionan estas enfermedades.

## SIGNIFICADO DE LA NUTRICIÓN EN LA SALUD

Una manera de identificar la relación entre la precaria nutrición y la salud en una población, es por las funestas consecuencias observadas en sus estadísticas vitales. El reporte anual de la UNICEF (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia) sobre el Estado Mundial de la Infancia muestra que los países con las tasas más altas de mortalidad en los niños menores de cinco años, ocurren en los países con índices elevados de desnutrición y analfabetismo, y menor ingreso per cápita. En estas naciones, agobiadas por la pobreza, el riesgo de morir antes de nacer es un hecho inminente y la amenaza es aún mayor en los primeros cinco años de vida. Es en este contexto de miseria donde la precaria salud y nutrición de los seres humanos son una amenaza constante para la vida, y la probabilidad de que esto suceda se traduce en una menor esperanza de vida.

En los países desarrollados, la mortalidad por enfermedades degenerativas se atribuía al éxito alcanzado por un país al lograr mayor bienestar y larga vida en su población: como si con tal eufemismo se pretendiera ocultar los hallazgos de las investigaciones acerca de la aterosclerosis y la diabetes consideradas como factores de riesgo de muerte por accidentes vasculares, y la relación que estos padecimientos tienen con el exceso de energía en la dieta, la vida sedentaria y la obesidad. Ahora se tiene la certeza de que una dieta prudente y el uso de la energía física son elementos indispensables de un estilo de vida saludable. La adopción de estas medidas parecen haber tenido un efecto favorable en la disminución de la mortalidad de accidentes vasculares en años recientes: aún cuando persisten como problema de salud en países desarrollados.

Si bien una observación esporádica, aunque no rara desde hace ya tres décadas, era que niños gravemente desnutridos fuesen llevados al hospital por padres cuya figura corporal mostraba signos de sobrepeso o franca obesidad; en esa misma época estudios de campo en familias de escasos recursos, señalaban que las mujeres daban prioridad al jefe de la familia al distribuir los alimentos disponibles y que era común apreciar en ellos la bondad de la dieta en una figura una regordeta.

*"El descubrimiento de un nuevo platillo da mas felicidad a la humanidad que el descubrimiento de una nueva estrella".  
Juan Antelmo Brillant-Savarin (1755-1826)*

*"Dime lo que comes y te diré lo que eres". Proverbio popular*

Al paso de los años, y de manera especial en los informes de las últimas encuestas nacionales de nutrición y de salud de este país, se ha observado un incremento en la frecuencia de sobrepeso-obesidad en la población general. Las últimas encuestas informaron que alrededor de 7 de cada 10 hombres o mujeres tenían sobrepeso u obesidad; en tanto que los niños menores de cinco años la frecuencia era de uno de cada 20 niños; en escolares uno de cada cuatro y entre los adolescentes uno de cada 3.<sup>2</sup>

El desafío que aún representa la desnutrición en este país y el incremento en los índices de sobrepeso y obesidad en la población, con su cortejo de enfermedades asociadas, son ya motivo de una creciente preocupación para autoridades de salud. Aún mayor es el reto que enfrenta la OMS, ante "la coexistencia paradójica de desnutrición con la epidemia global de sobrepeso-obesidad en el mundo"; estas enfermedades representan un singular problema de salud pública: su coexistencia obedece a la inequidad que subsiste en países con desnutrición en amplios segmentos de su población, en tanto que la obesidad crece a medida en que la economía y el bienestar mejoran en algunos grupos.

Ante estos retos los dirigentes de la OMS piensan que de no tomar las medidas apropiadas para detener la creciente obesidad, en pocos años habrá “millones de gentes que sufrirán problemas de salud cada vez más serios”. De acuerdo a sus estimaciones hay en el mundo 1000 millones de seres humanos con sobrepeso<sup>3</sup>, y de ellos 300 con obesidad, mientras que 800 millones padecen hambre y desnutrición; se puede decir que 2000 de los poco más de los 6000 millones de habitantes del mundo tienen algún problema relacionado con la nutrición: sea por deficiencia o por exceso. En los países en desarrollo, como México, cuya economía se encuentra consolidando su transición epidemiológica, la OMS estima que existen 50 millones de personas con sobrepeso u obesidad que conviven con 5 millones de individuos desnutridos.

## COROLARIO

El bosquejo histórico de la alimentación, basado en anales, narraciones, crónicas y distintos fragmentos de la historia, deja entrever que la alimentación ha trascendido más allá de la satisfacción de una de las necesidades básicas del hombre. El acto de comer no es únicamente para satisfacer el hambre, sino también para gratificar la vista, el olfato y el gusto, también y para compartir los alimentos en un ambiente socialmente agradable. A un lado de este aspecto positivo y gratificante de la alimentación, no menos trascendente es evitar la inducción de pautas de conducta que puedan distorsionar la nutrición de los seres humanos y amenacen la salud y la vida en un futuro cercano.

Aunque por miles de años la alimentación del hombre estuvo subordinada a la disponibilidad y accesibilidad de alimentos, en la alimentación actual se han incorporado otros factores. Ahora, por razón natural, sigue siendo importante que los alimentos estén disponibles y accesibles a la generalidad de la población, pero la alimentación debe contemplarse no únicamente como satisfactor del hambre sino como el medio por el cual el organismo dispone de los nutrimentos indispensables para satisfacer sus necesidades biológicas y desempeñar con eficiencia el trabajo de cada día. Por esta razón, durante la alimentación se debe asumir una conducta razonada y activa: seleccionando los alimentos que integran la dieta, adoptando una conducta mesurada y tranquila al comer, y disfrutando cada momento del tiempo destinado para comer. Actuando de esta manera se podrá tener la certidumbre que la dieta ha sido suficiente para aquietar el hambre, completa y equilibrada para resarcir necesidades nutricias, y gratificante para la vista, el olfato y el gusto de quien ha dispuesto de ella.

“Comer es una necesidad, pero comer inteligentemente, es un arte”.

En síntesis, una dieta prudente: suficiente, variada, equilibrada, inocua, completa y adecuada para una persona, conducirá al organismo para mantener de manera eficiente el equilibrio armónico que ejemplifica el concepto de salud. De forma que *salud* y una *nutrición* balanceada son el anverso y reverso de una misma moneda, cualquier desbalance que ocurra en una u otra cara de la moneda, rompe el equilibrio e implica una respuesta metabólica, bioquímica y fisiológica para restablecer la salud. Son estos constantes ajustes en la salud y nutrición los que acontecen en un proceso continuo para preservar la vida.

### Referencias:

<sup>1</sup> Bourges H. *Glosario de términos. Cuadernos de Nutrición 2001*; 24 (1): 7-40.

<sup>2</sup> OMS. *Plan estratégico a plazo medio 2008-2015*. Proyecto para mejorar la salubridad de los alimentos y la seguridad alimentaria a lo largo del ciclo de vida y en apoyo de la Salud Pública y el desarrollo sostenible, en [www.who.int/gov/ebwha/pdf\\_files/MTSP](http://www.who.int/gov/ebwha/pdf_files/MTSP)

<sup>3</sup> Olaiz G., Rivera J., Sharah T., Rojas R., Villalpando S., Hernández M., Sepulveda J. *Encuesta Nacional Salud y Nutrición 2006*. México, Instituto Nacional de Salud Pública.

# 2 Hidratos de Carbono

---



# 2 Hidratos de carbono

Los hidratos de carbono son la fuente principal de la energía en la alimentación diaria: se les encuentra en vegetales, frutas, semillas, granos o productos derivados de éstos. Algunos son de sabor dulce y otros no, pero unos y otros son indispensables en la dieta, pues proporcionan la mitad de la energía que contiene ésta.

El Sol es la fuente primigenia de la energía química de estos compuestos: las plantas capturan de la radiación solar y la almacenan mediante procesos de fotosíntesis. Como producto final de este proceso los compuestos sintetizados contienen carbono, hidrógeno y oxígeno, en proporción de 1:2:1, respectivamente. Se identifican por la fórmula general  $(\text{CH}_2\text{O})_n$  y las hexosas como  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ .

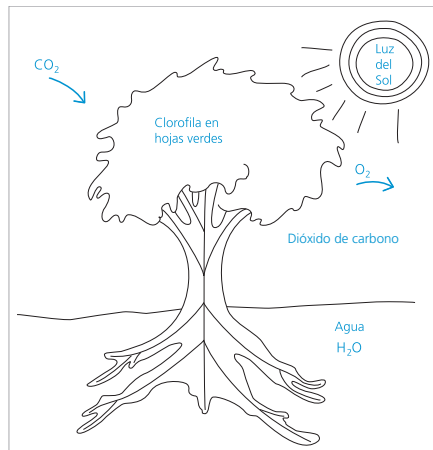


Figura 2.1 Fotosíntesis.

La transformación de la energía solar en energía química ocurre en las hojas de las plantas; en este proceso el dióxido de carbono y el agua participan en una compleja serie de reacciones de síntesis para producir glucosa. En ellas, la clorofila actúa como catalizador para atrapar la energía en los enlaces de carbono de la glucosa. Como producto catabólico de estas reacciones el follaje de las plantas libera oxígeno a la atmósfera, figura 2.1.

Las moléculas de glucosa son las unidades de síntesis de los hidratos de carbono complejos y de otros compuestos orgánicos que se encuentran en las hojas, las flores, los frutos y otras estructuras de las plantas. Los organismos de animales herbívoros y omnívoros transforman la energía química mediante procesos metabólicos.

El aprovechamiento de los hidratos de carbono de los alimentos ocurre mediante reacciones oxidativas que demandan oxígeno, para luego liberar dióxido de carbono y agua. Así, pues, el Sol suministra la energía para casi la totalidad de los seres vivos, figura 2.2.

## CLASIFICACIÓN DE LOS HIDRATOS DE CARBONO

Los hidratos de carbono se clasifican, por el número de moléculas que intervienen en su estructura química, en:

1. **Monosacáridos:** cuya molécula no puede ser hidrolizada a una forma más simple de sacárido.
2. **Disacáridos:** que al ser hidrolizados dan lugar a dos monosacáridos.
3. **Oligosacáridos:** son polímeros formados por tres a diez monosacáridos.
4. **Polisacáridos:** cuyos polímeros están formados por más de diez monosacáridos de glucosa, tabla 2.1.

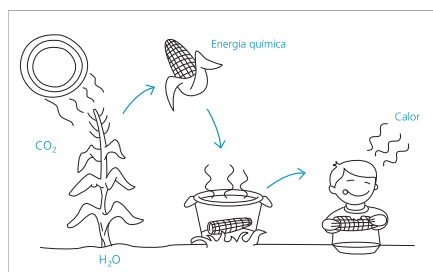


Figura 2.2 Producción de energía.

- El maíz utiliza la energía solar para sintetizar la glucosa.
- La energía de la glucosa del maíz se transfiere como ATP a las células del organismo.
- Esta energía se libera del cuerpo en forma de calor.

### Monosacáridos

Los monosacáridos contienen de tres a seis átomos de carbono. En función a esta particularidad se les denomina, respectivamente: *triosas*, *tetrosas*, *pentosas* o *hexosas*. Las hexosas: glucosa, fructosa y galactosa son los monosacáridos de mayor importancia en la nutrición humana, figura 2.4.

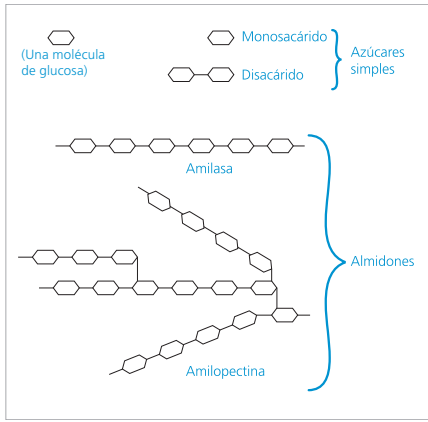


Figura 2.3 Almidón.

NOMBRE	FUENTE	
<b>Polisacáridos</b>	Almidón	Cereales y sus productos Pasta, pan, tortillas, galletas, etcétera. Papas y otros vegetales
	Glucógeno	Tejidos animales, hígado, músculo
	Fibra dietética	Cereales integrales Frutas Verduras Semillas, nueces
<b>Disacáridos</b>	Sacarosa	Azúcar
	Lactosa	Leche
	Maltosa	Digestión de almidones (intermedio)
<b>Monosacáridos</b>	Glucosa	Digestión de almidones (final) Miel de maíz
	Fructosa	Frutas Miel
	Galactosa	Lactosa (leche)

Tabla 2.1 Hidratos de Carbono.....

### Glucosa

La D-glucosa es la forma isomérica metabolizada por el hombre. Se le encuentra en la miel de abejas, en el jarabe de maíz y, en pequeñas cantidades, en el zumo de algunas frutas. Es producto de la hidrólisis de los hidratos de carbono de la dieta, por lo que normalmente se haya en la sangre y se le identifica como “azúcar de la sangre”. Es oxidado en las células liberando energía química; se almacena como glucógeno en el hígado y en las células musculares. Es el combustible biológico que consumen las células del sistema nervioso.

### Fructosa

También llamada *levulosa*, se le encuentra en la miel de las abejas, en las frutas y en algunos vegetales; es el más dulce de los azúcares. En unión con la glucosa se le conoce como *sacarosa*. Una vez hidrolizado este disacárido, la fructosa se absorbe separadamente para ser transportada al hígado donde las células hepáticas la convierten en glucosa.

### Galactosa

Rara vez se le encuentra libre. Forma parte de la lactosa, que se conoce como “azúcar de la leche”. Una vez que es absorbido este monosacárido los hepatocitos lo convierten en glucosa.

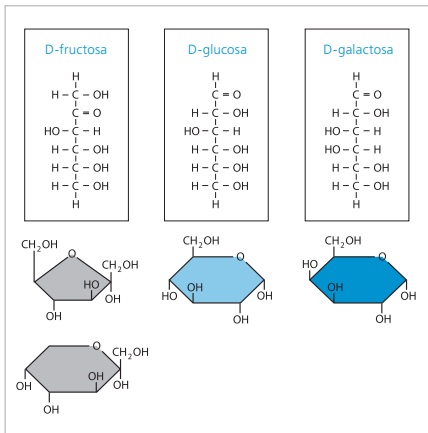


Figura 2.4 Monosacáridos.

### Disacáridos

Los disacáridos están constituidos por dos monosacáridos. La unión de éstos es producto de una reacción de condensación en la que se libera una molécula de agua; entre los dos sacáridos se establece un enlace glucosídico (C-O-C). Los disacáridos, la sacarosa, la maltosa y la lactosa, son los de mayor importancia en la nutrición humana. La fórmula general que los identifica es:  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , figuras 2.5a, b y c.



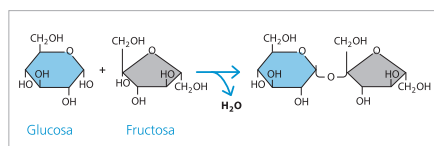


Figura 2.5a Sacarosa.

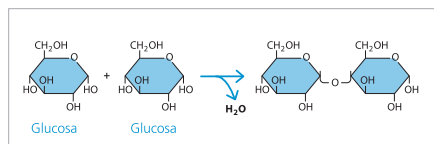


Figura 2.5b Maltosa.

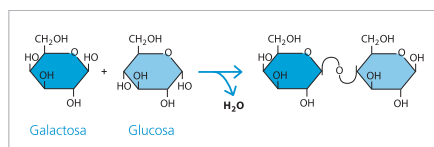


Figura 2.5c Lactosa.

#### Los Oligosacáridos como prebióticos:

- Galacto-oligosacáridos
- Fructo-oligosacáridos

### Sacarosa

Este disacárido es el azúcar de caña (o de la remolacha) pero se le encuentra también en las frutas. Está constituido por los monosacáridos fructosa y glucosa, por lo que es de sabor dulce. Es hidrolizado en la superficie epitelial del intestino facilitando la absorción de los dos monosacáridos.

### Maltosa

Ordinariamente no se le encuentra libre en la naturaleza, excepto cuando germinan las semillas de los cereales: durante esta fase, las enzimas del endospermo hidrolizan el almidón produciendo maltosa. Este disacárido, formado por dos moléculas de glucosa, se emplea en la fabricación de licores y cerveza. También se le encuentra como producto intermedio en el proceso industrial de obtención de glucosa a partir de almidones. Es, a su vez, un producto intermedio en el proceso de digestión intestinal de los almidones. Las dos moléculas de glucosa que lo forman son hidrolizadas en la superficie de la mucosa intestinal, para permitir su absorción.

### Lactosa

Este disacárido se le encuentra en la leche de los animales mamíferos (excepto el león marino) y la de la mujer. Está integrado por una molécula de galactosa y otra de glucosa. En el agua es menos soluble que otros disacáridos y es seis veces menos dulce que la sacarosa. A diferencia de los enlaces glucosídicos alfa de la sacarosa y la maltosa, los monosacáridos de la lactosa están unidos por un enlace beta; por esta razón, para su hidrólisis, requiere de galactosidasas beta y no de glucosidasas alfa, como los otros dos disacáridos. Su hidrólisis (por la enzima conocida como *lactasa*) también tiene lugar en la superficie del epitelio intestinal.

### Polisacáridos

Son conocidos como *azúcares complejos* y de éstos los considerados de mayor interés, por contribuir a la energía proporcionada por la dieta, son los polímeros de glucosa unidos con enlaces alfa. De acuerdo al número de moléculas de glucosa que los forman, se clasifican en oligosacáridos y polisacáridos. En la nutrición humana tienen especial importancia los almidones y las féculas, cuyos polímeros tienen la singularidad de ser fácilmente digeribles. Sin embargo, no menos importantes son los polisacáridos no digeribles, que se encuentran en los vegetales y en las frutas.

### Oligosacáridos

Son los polímeros formados por tres a diez unidades de glucosa. Para algunos de estos compuestos, contenidos en diversas leguminosas, y en particular en el frijol soya (soja): que contiene estaquiosa y rafinosa, el intestino carece de enzimas para hidrolizarlos, por lo que las bacterias del colon los metabolizan liberando gas metano e hidrógeno. Industrialmente se producen oligosacáridos a partir del almidón, que son usados por su fácil digestión en fórmulas dietéticas para niños y adultos con deficiencias en la digestión y absorción intestinal de los hidratos de carbono.

### Polisacáridos digeribles

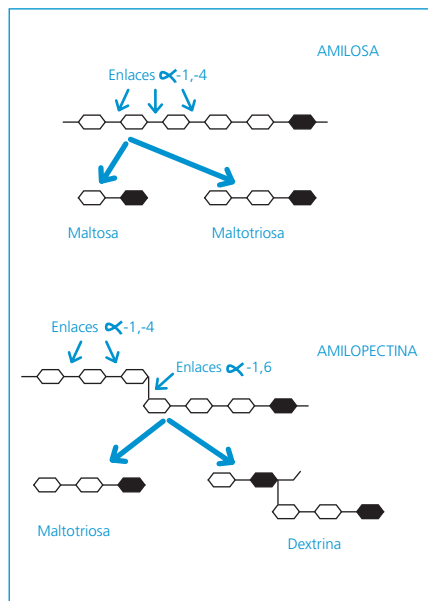
Son moléculas constituidas por polímeros de glucosa con enlaces glucosídicos formando cadenas hasta de 3 000 unidades. Los más destacados representantes de estos compuestos son el almidón y el glucógeno; ambos tienen gran importancia en el reino vegetal y animal, pues son las macromoléculas mediante las cuales distintas especies almacenan los hidratos de carbono. El almidón se encuentra en las semillas de cereales y leguminosas, raíces, tubérculos y frutas como el plátano. En óptimas condiciones de salud es el polisacárido que se digiere con mayor facilidad.

**Almidón.** Hay dos tipos de almidones: la amilosa y la amilopectina; el primero es un polímero lineal, mientras el segundo es ramificado. Ambos son fuentes de energía para los animales y el hombre.

En la amilosa, los enlaces alfa entre una glucosa y otra, ocurren en los carbonos 1 y 4 (enlaces alfa 1-4), en tanto que en la amilopectina, además de tener uniones alfa 1-4 en los segmentos rectos de las cadenas de glucosa (que varían entre 12 y 25 unidades), alrededor de 4 % del total de enlaces del segmento donde el polímero se ramifica son alfa 1-6. A pesar de las diferencias entre la amilosa y la amilopectina, ambas se digieren con facilidad cuando los alimentos son adecuadamente cocinados. Es conveniente mencionar que los alimentos ricos en almidón contienen una razón de amilosa/amilopectina que varía entre 1:4 y 1:6. En la tabla 2.2 se aprecian las diferencias en la proporción de amilosa/amilopectina en el almidón de algunos alimentos seleccionados,<sup>1</sup> figura 2.6.

ALIMENTO	AMILOSA (%)	AMILOPECTINA (%)
Trigo	25	75
Maíz	24	76
Papa	20	80
Arroz	18.5	81.5
Tapioca	16.7	83.3

**Tabla 2.2** Contenido de amilosa y amilopectina en el almidón de algunos alimentos.....



**Figura 2.6** Amilosa y amilopectina.

Por la propiedad que tiene la amilopectina de formar un gel estable en presencia de agua, alimentos como la tapioca y el arroz, que contienen una mayor proporción de este polímero, son preferidos por la industria de alimentos en la fabricación de salsas, sopas, postres y alimentos congelados. También se produce un “almidón modificado” que se obtiene enlazando moléculas de almidón, lo que le da mayor estabilidad en los productos alimenticios procesados.

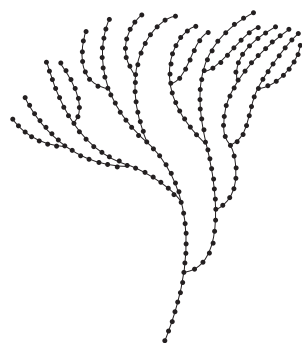
**Glucógeno.** Los hidratos de carbono se almacenan en el hombre y en los animales en forma de glucógeno. Este compuesto es también un polímero de glucosa ramificado con enlaces alfa, pero tiene un patrón de ramificaciones más complejo que el de la amilopectina (9% de los enlaces de glucosa son alfa 1-6). Es hidrolizado con mayor facilidad: pues las glucoamilasas actúan en los enlaces de glucosa ubicados en los extremos de las cadenas, de tal manera que entre más ramificada es la estructura habrá mayor número de sitios en que se ejerza la hidrólisis. La rapidez con la que se hidroliza el glucógeno permite al organismo disponer de la glucosa para mantener su homeostasis, aunque es pertinente señalar que en condiciones de ayuno las reservas de glucógeno (90 g en hígado y 300 g en los músculos) cubren las necesidades del organismo por 12 a 18 horas, antes de disponer de otra fuente de energía. En los hepatocitos, las moléculas liberadas de las ramificaciones del glucógeno, precisan de una deshidrogenasa que convierte la glucosa-fosfato en glucosa. Como contraste, en condiciones de intensa actividad física, los músculos disponen del glucógeno acompañándose de contracciones musculares, figura 2.7.

### Polisacáridos indigeribles

Los polisacáridos indigeribles que se encuentran en las estructuras de vegetales, hortalizas y frutas, se identifican con el nombre genérico de fibra. A diferencia de los animales herbívoros, que digieren con facilidad estos compuestos, los seres humanos carecen de esta facultad. Unas de estas sustancias: pectinas (polímeros de ácido galacturónico) gomas y mucílagos son solubles; en tanto que la celulosa y hemicelulosa son insolubles. Entre estos últimos se incluye también a la lignina, aunque es un compuesto alcohólico de propanol, tabla 2.3.

TIPO	COMPONENTES	EFFECTOS FISIOLÓGICOS	ALIMENTOS
<b>INSOLUBLES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Ayudan a la estructura de las células vegetales.</li> <li>· No se disuelven en agua, ni se metabolizan por bacterias intestinales.</li> </ul>	<b>Lignina</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· No es un HC, es un derivado del alcohol.</li> </ul> <b>Celulosa</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Polímero de cadena recta de glucosa, con enlaces β.</li> </ul> <b>Hemicelulosa</b>	Aumenta el bolo fecal. Puede ligarse a ácidos biliares.  Aumenta el bolo fecal y disminuye el tiempo de tránsito intestinal.	Todas las plantas <ul style="list-style-type: none"> <li>· Salvado, trigo, verduras (brócoli), frutas con semilla.</li> </ul> Todas las plantas <ul style="list-style-type: none"> <li>· Capas de salvado de los granos de cereales.</li> <li>· Trigo, centeno, arroz.</li> </ul>
<b>SOLUBLES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· HC que se encuentran dentro y alrededor de las células de las plantas. Ayudan a la adherencia intercelular.</li> <li>· Se disuelven o esponjan en el agua. Son metabolizadas por bacterias del intestino grueso.</li> </ul>	<b>Gomas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Avena, leguminosas, centeno.</li> </ul> <b>Pectina</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Frutas y verduras (naranja, manzana, zanahoria, fresa).</li> </ul> <b>Mucílagos</b> <b>Hemicelulosa (alguna)</b>	Retrasan vaciado gástrico; disminuyen la absorción de glucosa; pueden disminuir colesterol sérico; capacidad para retener agua y formar geles; substrato para la fermentación por las bacterias del colon.	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Frutas cítricas, avena, frijoles.</li> <li>· Manzana, plátano, zanahoria.</li> <li>· Avena, lentejas, cebada.</li> </ul>

**Tabla 2.3** Clasificación de las fibras dietéticas



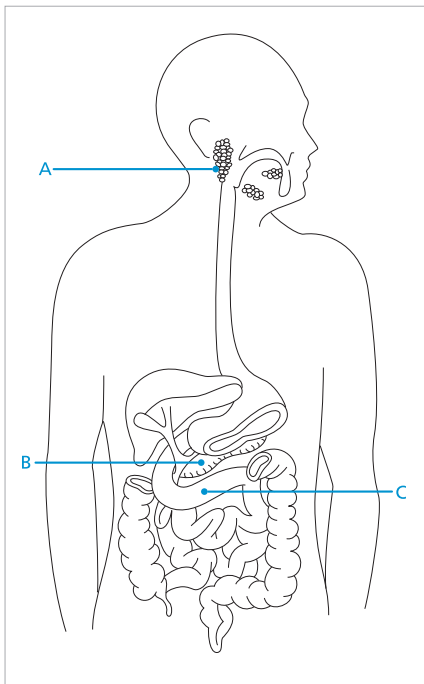
**Figura 2.7** Glucógeno.

A pesar de que la celulosa y hemicelulosa son polisacáridos indigeribles (por tener enlaces glucosídicos beta 1-4) juegan un papel importante en la función intestinal. Dan volumen al bolo alimenticio favoreciendo así la distensión del estómago, lo que despierata la sensación de plenitud y saciedad postprandial. En el intestino delgado, estimulan los mecano-receptores que regulan la motilidad; algunos, como la lignina, pectina y los mucílagos, favorecen la retención de agua aumentando la viscosidad del contenido intestinal: por lo que la absorción de la glucosa y colesterol se hace lentamente y disminuye la absorción de sales biliares en la porción terminal del íleon. En el intestino grueso, la retención de agua en el lumen, por efecto de la hemicelulosa y la lignina, y viscosidad generada por la fibra soluble (pectina y mucílagos) incrementan el bolo fecal, estimulando la motilidad del colon y la defecación de heces blandas. Por otro lado, las bacterias que residen en el colon fermentan la fibra insoluble facilitando la síntesis de algunas vitaminas (K, B<sub>12</sub>, biotina, tiamina y folatos), aunque sólo la producción y absorción de vitamina K y biotina, son significativas y trascendentes. Como producto de la fermentación se producen también ácidos grasos de cadena corta y gases (metano e hidrógeno).

**Bondades de la fibra.** Por la somera descripción del papel de la fibra en algunas de las funciones fisiológicas del tracto digestivo, en años recientes se le considera como un componente indispensable en una dieta normal. Por otro lado, se le adscriben funciones preventivas de algunas enfermedades y trastornos digestivos como obesidad, cáncer del colon, diverticulitis, estreñimiento y hemorroides.

## DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DE LOS HIDRATOS DE CARBONO

La digestión de los hidratos de carbono complejos se inicia en la boca; en esta cavidad una alfa amilasa, presente en la saliva, conocida también como *amilasa salival*, inicia la digestión de los almidones. Por la acción de esta enzima la amilosa y la amilopectina son parcialmente hidrolizadas durante la masticación; de tal manera los polímeros de glucosa son reducidos a cadenas cortas, liberando algunas dextrinas y maltosas.



**Figura 2.8** Sitios de producción de enzimas para la digestión de hidratos de carbono.

- A. Amilasa salival.
- B. Amilasa pancreática.
- C. Disacaridasas de las células epiteliales.

En el estómago, el contenido ácido de la secreción gástrica inhibe la actividad de la amilasa, por lo que la digestión de los polisacáridos es todavía incompleta al pasar el bolo alimenticio al intestino delgado. La desnaturalización de los almidones continúa por la acción hidrolítica de la amilasa pancreática, al actuar sobre las cadenas rectas de amilosa dejando libres moléculas de glucosa, dextrinas, maltosas, maltotriosas (formadas por tres moléculas de glucosa) maltotetrosas (con cuatro moléculas de glucosa) y otros oligosacáridos. Al estar estos compuestos en contacto con la superficie de las células epiteliales, que recubren la mucosa intestinal, aquellos constituidos por dos o más moléculas de glucosa son hidrolizados por maltasas, dextrinasas y algunas oligosacaridasas, todas ellas en contacto con la superficie de las microvellosidades de la cara luminal de los *enterocitos*, como se les llama a estas células epiteliales. De esta manera, las moléculas de glucosa de los polisacáridos, traspone la membrana de las células epiteliales mediante un mecanismo de transporte activo que comparten con el sodio para después pasar la membrana basal de estas células y llegar a los capilares para incorporarse a la circulación sanguínea,<sup>2</sup> figura 2.8.

Es oportuno hacer mención que los disacáridos, lactosa y sacarosa, llegan al intestino delgado sin ser digeridos, para luego ser hidrolizados por la lactasa y la sacarasa, que se encuentran también en la superficie de las microvellosidades de los enterocitos. Una vez separadas la galactosa y la fructosa de sus respectivas moléculas: lactosa y sacarosa son transportadas a través de la membrana luminal y basal de la célula para incorporarse al torrente sanguíneo. En el hígado la galactosa y la fructosa son convertidas en glucosa.

## FUNCIÓN DE LOS HIDRATOS DE CARBONO

Los hidratos de carbono cumplen funciones de orden diverso: unos facilitan el trabajo culinario en preparaciones complejas, mientras otros gratifican a quienes los consumen con la experiencia placentera del sabor dulce. La industria de alimentos procesados los emplea con distintos propósitos. En el hombre la función principal es la de proveer de glucosa al organismo para proporcionar energía a las células. Algunas estirpes celulares, como los glóbulos rojos y el cerebro, normalmente obtienen de la glucosa la energía que requieren para mantener su integridad funcional. Otras células utilizan la glucosa, pero pueden usar lípidos como fuente de energía.

La proporción de hidratos de carbono y lípidos en una dieta normal, evita que el organismo use las proteínas como fuente de energía. Cuando estos compuestos son insuficientes en la dieta, el organismo produce glucosa mediante el proceso de gluconeogénesis; éste tiene lugar en el hígado y los riñones y es estimulado vía hormonal (cortisol). A partir de los carbonos que integran la estructura de las proteínas de reserva en los músculos, el organismo puede sintetizar glucosa. Esta circunstancia preserva transitoriamente la salud física, por si se lleva a cabo por un tiempo prolongado puede dar lugar a una deficiencia proteico-energética.

La ingesta dietética de hidratos de carbono es necesaria para que culmine cabalmente el metabolismo de los lípidos, eliminando dióxido de carbono y agua. Si los hidratos de carbono son insuficientes en la dieta, el organismo utiliza las grasas de reserva en una cantidad que puede sobrepasar la capacidad del organismo para metabolizarlas por lo que la oxidación de éstas es incompleta, acumulando el organismo cetonas, ácido acético y otros productos de deshecho que alteran el equilibrio ácido-básico. La acidosis de origen metabólico puede conducir a un desequilibrio iónico y deshidratación.

## REGULACIÓN DE LA GLUCOSA SANGUÍNEA



Figura 2.9 Regulación de la glucosa sanguínea.

En condiciones de normalidad, pocas horas después de haber consumido alimentos la concentración de la glucosa en la sangre se mantiene entre 70 y 100 mg/dL. Si la glucosa se eleva por arriba de 170 mg/dL (hiperglucemia) el riñón vierte en la orina el excedente de glucosa; en estas circunstancias la persona afectada siente sed y hambre. Como contraste, si la concentración de la glucosa cae por debajo de 40 o 50  $\mu\text{g/dL}$  (hipoglucemia) la persona se manifiesta irritable, nerviosa con hambre y dolor de cabeza. Para el control de la concentración normal de la glucosa en la sangre es preciso la acción de varias hormonas: la insulina secretada por las células de los islotes de Langerhans del páncreas actúa sobre los receptores de las membranas celulares para favorecer el paso de la glucosa a las células. Por otro lado, actúa también reduciendo la concentración sanguínea de glucosa mediante tres mecanismos: aumenta la deposición del glucógeno en el hígado y en los músculos; favorece la captación de la glucosa por los adipocitos y por las células hepáticas, para convertirla en grasa (lipogénesis) y contribuye, además, a acelerar la oxidación de la glucosa en los tejidos.

El glucagón, producido también por los islotes de Langerhans, tiene un efecto opuesto a la insulina: promueve la glucogenólisis (conversión del glucógeno hepático en glucosa) y la gluconeogénesis (síntesis de glucosa a partir de cadenas de carbono que son ajenas a los hidratos de carbono), por lo que aumenta la concentración de glucosa en la sangre, lo que a su vez estimula la producción de insulina. El efecto antagónico de estas dos hormonas (insulina y glucagón) regula el metabolismo de los hidratos de carbono. En su regulación metabólica intervienen también la epinefrina (adrenalina), los glucocorticoides y la hormona de crecimiento, figura 2.9.

## RECOMENDACIONES DE HIDRATOS DE CARBONO

GRAMOS	ALIMENTOS			
> 6	6.9 g guayaba	8 g cereal de salvado	7.8 g lenteja	
4 - 4.9	4 g nopal	4.2 g palomitas de maíz		
3 - 3.9	3.6 g chayote	3.2 g espinaca	3.6 g elote	
2 - 2.9	2.8 g brocoli	2.8 g fresa	2.8 g manzana	
1 - 1.9	1.2 g jitomate	1.6 g papaya	1.4 g piña	1.5 g frijol
< 1	0.2 g leche	0.3 g uva	0.1 g bolillo	0.6 g tortilla

Figura 2.10 Contenido de fibra en algunos alimentos. La recomendación diaria es de alrededor de 30 g.

La capacidad del organismo para convertir en glucosa, los aminoácidos de las proteínas y el glicerol de los lípidos, ha hecho que las recomendaciones se den en el contexto de los otros macronutrientes: proteínas y grasas. Sin embargo, se considera que son necesarios no menos de 130 g de hidratos de carbono por día para evitar la utilización excesiva de las proteínas y grasas de reserva del organismo. Por eso se hace la recomendación de que no menos de la mitad de las necesidades de energía procedan de los hidratos de carbono: entre 55 a 65% de las kcalorías diarias; de ellas es deseable que 45 a 50% procedan del almidón y de 10 a 15% de los azúcares simples.

Por las bondades de la fibra dietética en la fisiología del tracto digestivo y a largo plazo en la prevención de ciertas enfermedades crónicas: nutricias, degenerativas y proliferativas, se sugiere el consumo de alrededor de 30 g de fibra,<sup>3</sup> como recomendación diaria. Es deseable que la proporción entre la cantidad de fibra insoluble y soluble sea a razón de 3:1, como se encuentra en frutas y vegetales. Para satisfacer estas necesidades se sugiere el consumo diario de cinco o seis porciones de frutas y vegetales, y seis o más porciones, distribuidas en pan integral, tortillas, cereales y leguminosas, figura 2.10.

Índice glucémico (IG): Muchos alimentos altos en azúcar y almidón producen un alto IG, definido como la respuesta de la glucosa sanguínea a la ingesta de un alimento, comparado con un estándar (glucosa o pan blanco). El IG está influenciado por la estructura del almidón, el contenido de fibra, el procesamiento del alimento, su estructura física y el contenido de otros macronutrientes en la comida, como las grasas.<sup>4</sup>

## FUENTES NATURALES DE LOS HIDRATOS DE CARBONO

Casi la totalidad de los hidratos de carbono de la dieta diaria proceden del reino vegetal, a excepción de la lactosa de la leche y el glucógeno; este último se encuentra en ínfimas cantidades en la carne fresca y en el hígado, en el mejor de los casos, hay 5 g de glucógeno en 100 g de víscera.

### Recomendaciones de HC:<sup>1</sup>

130 g/día

Embarazo: 175 g/día

Lactancia: 210 g/día

El endospermo de las semillas de los cereales almacena cantidades significativas de almidones, que le sirven como energía de reserva para germinar. El pan, las pastas, el arroz, el maíz tierno, y los cereales, en general, proporcionan alrededor de 75 a 80 % de su energía como hidratos de carbono. En cuanto a los disacáridos y los monosacáridos, genéricamente identificados como azúcares (por su sabor dulce) provienen de las frutas y de algunos vegetales; estos sacáridos se encuentran concentrados en el azúcar de caña, en la miel de abeja y en algunas otras mieles, como la del árbol de maple; o bien, se encuentran en frutas desecadas, como: uvas pasa, ciruelas pasa, higos desecados, dátiles y otras.

## EDULCORANTES

Años atrás, en personas que padecían de diabetes o eran tratadas por obesidad, se les sugería usar sacarina, que por largo tiempo fue el único edulcorante sintético. En la actualidad el empleo de éstos se ha hecho extensivo para evitar el sobrepeso. Por eso es conveniente conocer las diferentes alternativas que hay en el mercado.

### Alcoholes polihidroxiados

Los alcoholes polihidroxiados se obtienen de la sacarosa, la manosa y la xilosa, conservando de ellos la propiedad de ser de sabor dulce; es por eso que el sorbitol, el manitol y el xilitol, respectivamente, se han usado en el manejo de pacientes que no toleran cargas importantes de azúcar. Todos ellos se absorben lentamente en el intestino y algunos lo hacen de manera incompleta (manitol); después de su consumo la elevación de la glucosa en la sangre es lenta. Cabe hacer notar que por su absorción lenta estos alcoholes producen una elevación de la osmolaridad luminal (por efecto de las partículas osmóticamente activas de estos compuestos) por lo que el intestino secreta mayor cantidad de agua hacia el lumen intestinal, para compensar la osmolaridad; como consecuencia, se favorece la defecación con heces blandas y pueden llegar a ser causa de evacuaciones diarreas, dependiendo de la cantidad de sorbitol que se consuma.

### Acesulfamo - K:

Edulcorante sintético que es 200 veces más dulce que la sacarosa.

### Aspartamo:

Edulcorante sintético elaborado a partir de dos aminoácidos (ácido aspártico y fenilalanina) y un metanol. Es 200 veces más dulce que la sacarosa.

El sorbitol se presenta en forma natural en algunas frutas; su índice de dulzura es equiparable a la glucosa y coincide con ella en su valor energético. Algunos dulces y chicles “sin azúcar” contienen este alcohol, por lo que las personas que acostumbran masticar varios chicles (o consumir de estos dulces) en el transcurso del día, pueden presentar heces flojas o diarrea. El manitol se encuentra libre en ciertas frutas; se digiere poco y produce, por gramo, la mitad de la energía que proporciona la glucosa. El xilitol se absorbe a una quinta parte de la velocidad de la glucosa, por lo que es ahora el producto preferido por la industria de los chicles “sin azúcar”. Las bacterias cariogénicas son incapaces de hidrolizarlo.

### Sucralosa:

Edulcorante sintético que contiene moléculas de Cloro. Es 600 veces más dulce que la sacarosa.

### Edulcorantes sintéticos

Son compuestos químicos con mayor dulzura que los azúcares naturales. La generalidad de ellos, no se digieren, ni absorben, y proporcionan pocas o ninguna caloría, por lo que carecen de valor nutritivo. La sacarina, el aspartamo y el acesulfamo-K son los de mayor consumo, sin embargo hay otros (el neotamo y la sucralosa) que a conveniencia de la industria vienen siendo lanzados al mercado.

La *sacarina* es el edulcorante que ha sido usado por más tiempo; es 500 veces más dulce que la sacarosa. A dosis elevadas, en animales de laboratorio, se le ha asociado causalmente con el cáncer de vejiga, pero en humanos no se ha probado esa relación causal.

El *aspartamo* esta disponible en el mercado desde hace alrededor de 25 años. Es en la actualidad el edulcorante de mayor uso. Se trata de una molécula que contiene fenilalanina y ácido aspártico, junto con metanol. Por esta razón se le puede considerar un dipéptido más que un hidrato de carbono. Aunque su dulzura es 200 veces mayor que la sacarosa solo proporciona 4 kcal/g. Como las proteínas, el aspartamo se degrada al ser expuesto al calor, por lo que no se recomienda usarlo en alimentos que precisen cocimiento. La Administración Federal de Alimentos y Bebidas (FDA), de los Estados Unidos de América, considera como aceptable un consumo diario de este edulcorante, que no sea mayor de 50 mg/kg; tal cantidad es equivalente a la que contienen 17 latas de una bebida gaseosa. Por tratarse de un dipéptido que contiene fenilalanina no se recomienda en personas con fenilcetonuria, y exceptuando la posibilidad de que algunas personas desarrollen cierta sensibilidad a este producto, no se ha probado que puede ser causa de enfermedades graves. Tal vez no es exagerado estimar que en años recientes se han consumido en el mundo decenas de toneladas de este edulcorante. Por otra parte, el acesulfamo es también 200 veces más dulce que la sacarosa. No es digerido en el organismo ni proporciona energía.

La *sucralosa* es un derivado de la sacarosa cuya dulzura es entre 400 y 800 veces más alta que el azúcar de caña; se obtiene incorporando a la sacarosa tres átomos de cloro en vez de tres radicales hidroxilo. La D-tagatosa que es un compuesto derivado de la lactosa, con igual dulzura que la sacarosa pero con la ventaja de proporcionar sólo la mitad de la energía, principia a ser comercializado, tabla 2.4.

ENDULZANTE	DULZURA RELATIVA (Sacarosa = 1g)	FUENTE
<b>AZÚCARES</b>		
Lactosa	0.2	Productos lácteos
Maltosa	0.4	Semillas
Glucosa	0.7	Miel de maíz
Sacarosa	1.0	Azúcar de caña
Azúcar invertido	1.3	Algunos dulces, miel
Fructosa	1.2 - 1.8	Frutas, miel
<b>ALCOHOLES DE AZÚCARES</b>		
Sorbitol	0.6	Dulces dietéticos, chicle sin azúcar
Manitol	0.7	Dulces dietéticos
Xilitol	0.9	Goma de mascar sin azúcar
<b>EDULCORANTES SINTÉTICOS</b>		
Ciclamato	30	No se debe utilizar
Aspartamo	200	Refrescos dietéticos, chicle sin azúcar, azúcar sintética
Acesulfamo	200	Chicle sin azúcar, fórmulas dietéticas, azúcar sintética, postres
Sacarina	300	Refrescos dietéticos

**Tabla 2.4 Azúcares y edulcorantes sintéticos.**  
Tomado de la Asociación Americana de Dietistas  
(ADA), 1993

### Referencias:

- <sup>1</sup> Wardlaw G, Hampl J, DiSilvestro R. *Perspectives in Nutrition*, 6a. ed. Nueva York: McGraw-Hill, 2004.
- <sup>2</sup> Gray GM. "Carbohydrate Absorption and Malabsorption" en Johnson LR, editor. *Physiology of the Gastrointestinal Tract*. Nueva York: Raven Press, 1981, pp. 1063-72.
- <sup>3</sup> *Food an Nutrition Board*, Institute of Medicine. Dietary Reference for Energy, Carbohydrates, Fiber, Fat, Protein and Amino Acids. Washington D.C. National Academic Press, 2002, pp. 9 207-64.
- <sup>4</sup> Foster-Powell K, Brand MJ. *International Tables of Glycemic Index*. Am J Clin Nutr, 1995, pp. 62: 871S-90S.



# 3 Proteínas

---



# 3 Proteínas

Las proteínas de la dieta son la fuente primaria de los aminoácidos, que permiten al organismo la síntesis de proteínas que intervienen en su estructura orgánica y en su función. El equilibrio armónico de las funciones vitales requiere de la participación de numerosos y variados compuestos proteínicos: mientras unos participan como proteínas de recambio, otros ejercen funciones protectoras (inmunoproteínas) y unos más intervienen en la regulación y mantenimiento de la homeostasis: como hormonas y enzimas. Las proteínas son también sustancias imprescindibles en el crecimiento de las células y en la reparación o restitución de aquellas dañadas o muertas. En circunstancias extremas pueden proporcionar energía, a razón de 4 kcal/g.

Una de las singularidades químicas de las proteínas es su elevado peso molecular (PM). A diferencia de compuestos como la glucosa, cuyo PM es de 180, las proteínas tienen un peso molecular elevado, algunas pueden exceder un millón. Esto se debe a que están formadas por largas cadenas de aminoácidos en cuya composición interviene el hidrógeno, el oxígeno, el carbono y el nitrógeno; éste último es el elemento distintivo de las proteínas.

Las plantas sintetizan los aminoácidos captando el nitrógeno (y el azufre) a partir de sales nitrogenadas (o azufradas) del suelo; el hidrógeno y el oxígeno los provee el agua y el carbono lo proporciona el dióxido de carbono de la atmósfera. Con todos estos elementos las plantas sintetizan los aminoácidos mediante la participación simbiótica de bacterias y hongos. Por su parte, los animales y el hombre, sintetizan sus propias proteínas a partir de productos resultantes del metabolismo de los alimentos de origen vegetal. Así pues, la fuente original de las proteínas es el reino vegetal, figura 3.1.

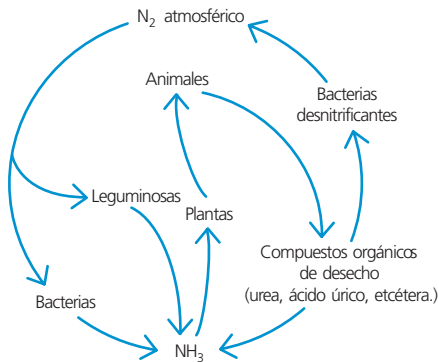


Figura 3.1 Ciclo del Nitrógeno.

## AMINOÁCIDOS

### Clasificación de los aminoácidos

#### INDISPENSABLES O ESENCIALES

#### DISPENSABLES O NO ESENCIALES

Fenilalanina  
 Histidina  
 Isoleucina  
 Leucina  
 Lisina<sup>o</sup>  
 Metionina<sup>oo</sup>  
 Treonina  
 Triptofano  
 Valina

Alanina  
 Arginina\*\*  
 Aspargina  
 Acido Glutámico  
 Cisteina\*\*  
 Glutamina\*\*  
 Glicina\*\*  
 Prolina\*\*  
 Serina  
 Tirosina\*\*

Tabla 3.1 Clasificación de los Aminoácidos

\*\* Semiesenciales.

<sup>o</sup> Aminoácido limitante en granos, nueces y semillas.

<sup>oo</sup> Aminoácido limitante en leguminosas y vegetales.

## Aminoácidos de los alimentos

Los aminoácidos de las proteínas alimenticias pasan a formar parte de las proteínas corporales. De los 20 aminoácidos presentes en ellas, once son sintetizados en el hígado a partir de productos derivados del metabolismo de otros compuestos nitrogenados, por lo que se les conoce como *no esenciales* o *dispensables en la dieta*. Los nueve restantes no tienen vías de síntesis en el organismo, por lo que se les conoce como *aminoácidos esenciales* o *indispensables en la dieta*, tabla 3.1.

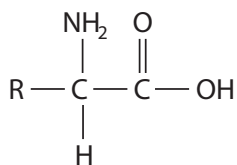


Figura 3.2 Fórmula "genérica" de los Aminoácidos.

En niños nacidos pretérmino la lisina y la arginina son indispensables para promover su crecimiento corporal, debido a una limitada capacidad de síntesis para satisfacer esta exigencia. Por otra parte, la cisteína y la tirosina, son considerados semiesenciales, ya que pueden ser sintetizados por el organismo a partir de la metionina y la fenilalanina, respectivamente. La lisina y la metionina son aminoácidos limitantes en algunas proteínas, en virtud de que la lisina, se encuentran en concentraciones limitadas en granos, nueces y semillas, y las leguminosas y vegetales son deficientes en metionina. La glutamina puede considerarse esencial en la dieta de personas traumatizadas y en pacientes con ciertas enfermedades del tracto intestinal, por ser este aminoácido el combustible natural de los enterocitos.

## COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LAS PROTEÍNAS

Independientemente del número y la secuencia de los aminoácidos en las cadenas peptídicas de las proteínas, su contenido de nitrógeno varía con respecto a la proporción en que participan el carbono, el oxígeno, el hidrógeno (y en algunos aminoácidos, el azufre); aunque el contenido de nitrógeno puede variar proporcionalmente de una proteína a otra (entre 14 y 20%), se acepta, como promedio, que contribuye con 16% al total de elementos químicos en las proteínas. En cuanto a la disponibilidad metabólica de los aminoácidos de reserva para la síntesis de proteínas, se le conoce con el anglicismo *pool* (reserva, almacén de aminoácidos).

En cuanto a sus componentes químicos, los aminoácidos están compuestos por un carbono central unido a cuatro grupos funcionales: un grupo amino ( $\text{NH}_2$ ), un grupo ácido ( $-\text{COOH}$ ) y un hidrógeno (H); el cuarto grupo, identificado como R, corresponde a la porción del ácido aminado que le da identidad, figura 3.2.

Cabe recordar que los aminoácidos, como otras sustancias químicas, pueden existir en dos formas isoméricas: D y L. En la naturaleza, y particularmente en los alimentos, casi todos los aminoácidos corresponden a la forma L, aunque el organismo puede metabolizar algunas formas D para convertirlas en L.

Los aminoácidos se unen mediante enlaces peptídicos formando una "cadena"; la unión ocurre en el punto en el cual un grupo carboxilo de un ácido aminado se une al grupo amino de otro. Cuando se trata de dos aminoácidos se les conoce como *dipéptidos*; cuando son tres: *tripéptidos*, y así sucesivamente, llamando a los siguientes como *péptidos* anteponiendo los prefijos: *tetra*, *penta*, *hexa*, *hepta* y demás; a éstos últimos también se les conoce como oligopéptidos: suelen encontrarse como producto de la degradación de las proteínas. Cuando se trata de 50 a 100 aminoácidos se les denominan *polipéptidos*; con más de 100 de estas unidades se les llama *proteínas*.

La secuencia de aminoácidos que intervienen en una proteína define la estructura primaria de ésta. Cuando la cadena de aminoácidos adquiere una forma tridimensional, debido a que la proteína se dobla en algunos puntos por la interacción de algunos aminoácidos que forman uniones hidrógeno o disulfuro entre uno y otro; se le conoce

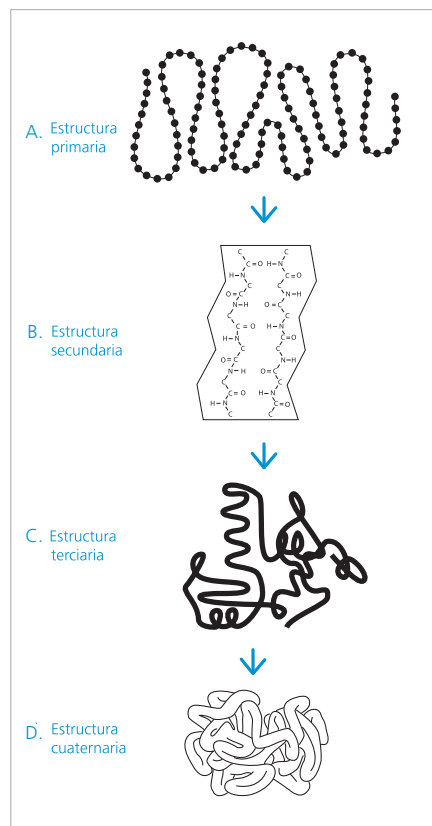


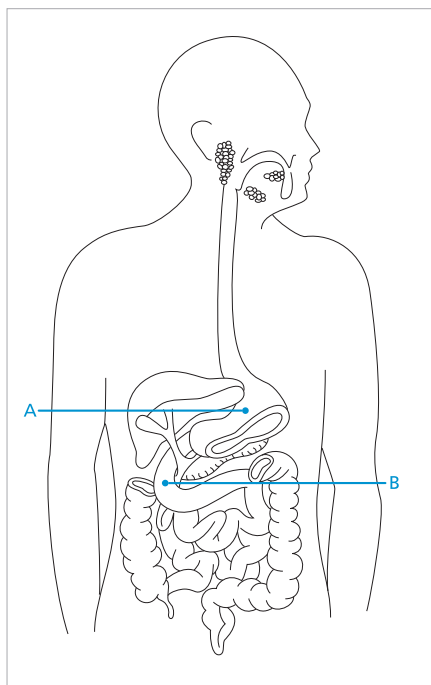
Figura 3.3 Estructura de las proteínas.

como *estructura secundaria*; ésta puede encontrarse doblada, enrollada, en hélice o en otra forma. Si en la cadena de aminoácidos algunos se atraen (o se repelen), o bien son hidrofóbicos o hidrofílicos, las proteínas pueden tomar una forma globular o coloidal, adquiriendo así una estructura terciaria. Si dos o más proteínas interactúan para dar lugar a una más grande y compleja, ésta adquiere su estructura cuaternaria, figura 3.3.

### Desnaturalización de las proteínas

Las proteínas de los alimentos pueden ser desnaturalizadas por efecto del calor, mediante agitación o bien por la acción de sustancias ácidas o alcalinas. Por cualquiera de estos procedimientos se modifica su estructura tridimensional, desdoblándola o desnaturalizándola: una vez degradada pierde su actividad biológica pero puede ser proveedora de aminoácidos. En la preparación culinaria de los alimentos, las proteínas de la carne y del huevo, entre otros alimentos de la dieta, son parcialmente desnaturalizadas al ser sometidas al calor. Esta condición favorece la degradación de las proteínas.

## DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN



**Figura 3.4** Sitios de producción de enzimas para la digestión y absorción de las proteínas.

A. Ácido clorhídrico, pepsina.

B. Tripsina, quimi tripsina, carboxipeptidasas y dipeptidasas de las células epiteliales de la mucosa.

La masticación de los alimentos facilita la degradación de las proteínas pero es en el estómago donde se inicia la digestión de éstas por efecto de la acidez gástrica y de la pepsina, éstas sustancias son secretadas por el estímulo de la hormona conocida como *gastrina*. Las células parietales de la cavidad gástrica secretan ácido clorhídrico que desnaturaliza las proteínas, a su vez, éste activa la proenzima de la pepsina (pepsinógeno): también secretada por células de la pared del estómago. El efecto producido por la acidez y la pepsina, reduce las cadenas proteínicas a segmentos más cortos que se conocen como *proteosas* o de menor tamaño: *peptonas*. Conviene señalar que las células parietales secretan también el “*factor intrínseco*”: que es indispensable para la absorción de la vitamina B<sub>12</sub> en la porción terminal del ileon.

El vaciamiento del contenido del estómago es regulado por quimiorreceptores y osmoreceptores situados en la primera porción del duodeno, los que activan el *péptido gástrico inhibitorio*. Por otro lado, una vez que el contenido gástrico pasa (gradualmente) al intestino delgado, su carácter ácido estimula las células de la mucosa del duodeno a producir *secretina*. Esta hormona activa la producción y secreción de bicarbonato en los conductos pancreáticos, el cual se vierte conjuntamente con las proteasas del páncreas exocrino hacia el lumen intestinal. Una vez que, por efecto del bicarbonato, se neutraliza la acidez del contenido duodenal (hasta llegar a un pH entre 5 y 7) la degradación de las proteosas y peptonas continúa por la acción hidrolítica de las proteasas pancreáticas.

Las peptonas (conjuntamente con los lípidos de la dieta) activan las células epiteliales del duodeno para producir colecistoquinina (CCK). Esta hormona actúa regulando las secreciones de la vesícula biliar y el páncreas. De esta manera, las proenzimas pancreáticas que hidrolizan a los péptidos, llegan al lumen intestinal acompañadas del bicarbonato. El *tripsinógeno* es activado por la enterocinasa, secretada por las células epiteliales, que lo convierte en tripsina, y este, a su vez, activa al *quimiotripsinógeno* y a las *co-carboxipeptidasas*. Cada una de estas enzimas tienen funciones específicas en el proceso de degradación de los polipéptidos; unas actúan liberando los aminoácidos situados en los extremos de las cadenas (*exopeptidasas*) mientras otras rompen las cadenas por la parte interna (*endopeptidasas*).

De esta manera las proteínas son fraccionadas para convertirlas en aminoácidos y di péptidos. Estos últimos son hidrolizados por *dipeptidasas* presentes en la superficie de las microvellosidades de la cara luminal de los enterocitos o en el interior de estas células; así, los aminoácidos pasan luego a ser incorporados a la circulación enterohepática, figura 3.4.

## FUNCIÓN DE LAS PROTEÍNAS EN EL ORGANISMO

Las proteínas cumplen con diversas funciones orgánicas. Son parte de los componentes estructurales (tejido conectivo) y a su vez son facilitadores de la movilidad corporal (tejido muscular contráctil), actúan como transporte en el sistema sanguíneo (como la proteína transportadora de retinol), participan en la estructura de hormonas (tiroideas, insulina) y enzimas, son constituyentes esenciales de sustancias inmunoquímicas (anticuerpos), participan como reguladores manteniendo el equilibrio osmótico (fuerza oncótica) y el equilibrio ácido-base, aceptando o donando iones hidrógeno en los líquidos corporales.

### **Gluconeogénesis:**

Es la producción dentro de la célula de nuevas moléculas de glucosa a través de vías metabólicas. La fuente de los átomos de carbono para estas nuevas moléculas de glucosa son generalmente aminoácidos.

A un lado de estas funciones, es pertinente resaltar la importancia de las proteínas en la gluconeogénesis. Se ha mencionado ya en el capítulo 2, que en condiciones normales la concentración de glucosa en la sangre debe encontrarse relativamente constante, para proveer de energía a los eritrocitos y a las células del tejido nervioso. Basta señalar que durante el descanso nocturno el cerebro consume un tercio (35%) de la energía que requiere el organismo y la mayor parte la obtiene de la glucosa de la dieta; de ser ésta insuficiente, el hígado y el riñón (aunque éste en menor proporción) tendrán que producirla a partir de los aminoácidos. Después de un ayuno nocturno de 12 horas la gluconeogénesis puede considerarse como un mecanismo transitorio normal, pero si la concentración de glucosa se mantiene normal por tiempo prolongado metabolizando para ello los aminoácidos de las proteínas musculares, este hecho seguramente dará lugar a desnutrición.

## LAS PROTEÍNAS DE LA DIETA

Las proteínas de los alimentos de origen animal difieren de las de origen vegetal en la composición de aminoácidos, pero suelen ser proveedoras de aminoácidos indispensables. Aún al comparar las proteínas que tienen un mismo origen, vegetal o animal, el patrón de aminoácidos es diferente. En términos generales, las proteínas de origen vegetal pueden carecer, o tener menor cantidad, de uno o varios aminoácidos indispensables, los que se les identifica como *aminoácidos limitantes*.

### **Aminoácido limitante:**

Es el aminoácido esencial que se encuentra en un alimento en menor concentración, en relación a las necesidades del organismo.

El patrón de aminoácidos de las proteínas de origen animal se asemeja más al del hombre, sobre todo en los aminoácidos esenciales. Por esta razón se les considera como proteínas completas o de mejor calidad; a excepción de algunas, como la gelatina que se califica como incompleta por carecer de dos aminoácidos esenciales. Esa particularidad es común en las proteínas de origen vegetal, las que pueden carecer o tener cantidades insignificantes de alguno de los aminoácidos esenciales; ante esta circunstancia se les considera de menor calidad o incompletas.

Afortunadamente la deficiencia de alguno de los aminoácidos esenciales en la proteína de un alimento suele tener poco significado, si éste forma parte de la dieta integrada por varios alimentos; en tal caso, la carencia o deficiencia de aminoácidos en una proteína se complementa con el excedente del aminoácido en las otras. Así, la deficiencia de metionina en la proteína de las leguminosas, y de la lisina en la de los cereales, se

complementan: el excedente del aminoácido que tiene una con la insuficiente cantidad de éste en la otra, de esta manera mejora la calidad proteínica de ambas tabla 3.2.

La complementación de proteínas no sólo es con respecto a las de origen vegetal, pues, si en la dieta se consumen otras de origen animal, como huevos, carne, leche o lácteos (yogurt, queso), es natural que los aminoácidos de estas proteínas sirvan para complementar la deficiencia de alguna otra. La única condición es que sean consumidas en el mismo tiempo alimenticio (desayuno, comida, cena, o refrigerio), o por lo menos el mismo día.

ALIMENTO	AMINOÁCIDO LIMITANTE	ALIMENTO COMPLEMENTARIO	COMBINACIÓN DIETÉTICA
Leguminosas	Metionina	Granos, nueces y semillas	Frijoles con arroz
Granos	Lisina	Leguminosas	Tortillas con frijol
Nueces y semillas	Lisina	Leguminosas	Frijoles con "mole"
Vegetales	Metionina	Granos, nueces y semillas	Calabacitas con elote

**Tabla 3.2** Aminoácidos limitantes en algunos vegetales y complemento de ellos en la dieta

### RECOMENDACIONES DE PROTEÍNAS

Las recomendaciones de ingesta de proteínas en la dieta se establecen pensando en que debe satisfacer las necesidades de aminoácidos indispensables y, al mismo tiempo proporcionar los aminoácidos dispensables para proveer al organismo de los grupos amino, para que el hígado sintetice los que requiera. Es natural que en las etapas del ciclo de vida que se caracterizan por la construcción de tejidos nuevos, como en la niñez y la adolescencia, y durante el embarazo y la lactancia, hay mayor demanda de proteínas, por eso las cantidades recomendadas se establecen según la edad de las personas, su sexo y su estado fisiológico, tabla 3.3.<sup>1</sup>

En base a estudios de balance metabólico y tomando como referencia las proteínas del huevo, un grupo de expertos de OMS/FAO desde 1985<sup>2</sup> han recomendado un aporte de 0.6 g/kg/día para satisfacer las necesidades diarias de adultos: mujeres y hombres; consideraron también que en una dieta mixta, con alimentos de origen animal y vegetal, las proteínas difieren no sólo en calidad proteínica, sino también en su digestibilidad, por lo que para satisfacer las necesidades diarias en adultos recomendaron 0.9 g/kg/día.

El Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos de América, recomienda a la población el consumo de una cantidad razonable de proteínas de alta calidad, realizando un consumo de 0.8 g/kg/día; en la tabla 3.3 se pueden ver las consideraciones que hace por grupos de edad, sexo, durante el embarazo y la lactancia, en 2005.

Para cumplir con las recomendaciones de proteínas es deseable incorporar en la dieta diaria alimentos de origen animal, que contienen proteínas “completas”. En esta forma se satisface la necesidad diaria de los aminoácidos indispensables. Tal exigencia se cumple con satisfacción en los países desarrollados, donde la población se alimenta con cantidades holgadas de carne, leche (o derivados) y huevo. En cambio, en los países en vías de desarrollo, donde predominan en la dieta diaria alimentos de origen vegetal, es necesario lograr que al menos una tercera parte de las proteínas de los alimentos sean de origen animal, y procurar una combinación de alimentos de origen vegetal.

EDAD (años)	g/kg/día			
0 - 0.5	1.52			
0.5 - 1	1.2			
1 - 3	1.05			
4 - 6	0.95			
7 - 10	0.95			

EDAD	HOMBRES		MUJERES	
	g/kg/día	g/cm/día	g/kg/día	g/cm/día
11 - 14	0.95	0.28	0.95	0.29
15 - 18	0.85	0.33	0.85	0.26
19 +	0.8	0.33	0.8	0.28

	g/kg/día
Embarazo	1.1
Lactancia	1.3

**Tabla 3.3** Recomendación de ingestión de Proteínas

#### Bibliografía

<sup>1</sup> Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fattyacids, Cholesterol, Protein and Aminoacids (Macronutrients), 2005. *Food and Nutrition Board*.

<sup>2</sup> WHO (World Health Organization). *Energy and Protein Requirements. Report of a joint FAO/WHO/ONU Expert Consultation*, Technical Report Series 724. Génova: Organización Mundial de la Salud. 1985, pp. 206.



# 4 **Lípidos**

---



# 4 Lípidos

Los lípidos incluyen un grupo de compuestos químicos calificados como *nutrimentos de carácter energético*, pero además tienen otras funciones: como fosfolípidos forman parte importante de las membranas celulares y de algunas estructuras del sistema nervioso; y en el caso de los esteroides, intervienen en la síntesis de las hormonas esteroideas. Por sus características químicas se clasifican en *triglicéridos*, *fosfolípidos* y *esteroides*. La principal fuente de energía de reserva en el organismo humano son los triglicéridos que están en los adipositos del tejido graso. Las grasas y aceites de los alimentos son los que contienen mayor densidad energética por unidad de peso (9 kcal/g).

Alrededor de 95% de los lípidos del cuerpo humano y de las grasas de los alimentos, son *triglicéridos*. A la temperatura del ambiente estos compuestos son de consistencia sólida, por lo que se les identifica como *grasas* y a los de consistencia líquida se les conoce como *aceites*. Dicha distinción tiene especial importancia cuando se habla de los lípidos contenidos en los alimentos.

## ÁCIDOS GRASOS

### Características químicas

Una molécula de triglicérido (o triacilglicerol) esta compuesta de tres ácidos grasos esterificados a una molécula de glicerol, figura 4.1. Los ácidos grasos son cadenas rectas de carbono unidos a átomos de hidrógeno; uno de los extremos de la cadena denominado *alfa* ( $\alpha$ ), tiene un grupo carboxilo (-COOH), y en el otro extremo, conocido como *omega* (*w ó n*), principia con un grupo metilo (-CH<sub>3</sub>). Es por el grupo ácido ( $\alpha$ ) que se enlazan al glicerol.

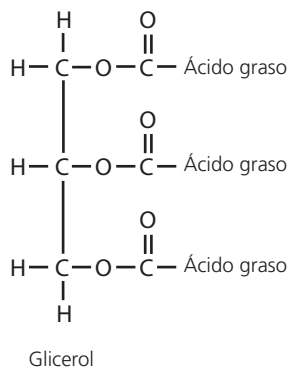


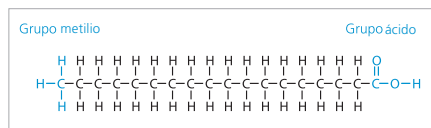
Figura 4.1 Triglicérido.

Los tres ácidos orgánicos que se unen al glicerol para formar una molécula de triglicérido, generalmente difieren en la longitud de la cadena de carbonos y en la presencia o ausencia de dobles ligaduras entre un carbono y otro. La mayoría de los ácidos grasos tienen un número par de átomos de carbono entre 4 y 26 carbonos. Cuando el número de estos carbonos en la cadena es menor de seis se dice que el ácido graso es de cadena corta; si su extensión es de 8 a 14 carbonos, es de cadena media y cuando tiene 16 o más carbonos, es de cadena larga.<sup>1</sup>

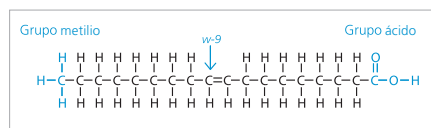
Si todos los carbonos de un ácido graso están unidos con una sola ligadura (C—C), se le conoce como *saturado*. En cambio, si en la cadena de carbonos se encuentran dos de ellos, o más de dos, unidos con una doble ligadura (C=C), se les identifica como *insaturados* (o no saturados). Cuando los ácidos grasos tienen sólo una doble ligadura se les llama *monoinsaturados*, y si tiene más de dos se le conoce como *polinsaturados*. Conforme a estos criterios los ácidos grasos se clasifican: *a*) por el número de carbonos, *b*) por el número de dobles enlaces que contienen, y *c*) por el carbono en el que se encuentra el primer doble enlace, a partir del extremo *omega* ( $\omega$ ) del ácido graso, donde se ubica el grupo metilo.

## Ácidos grasos saturados

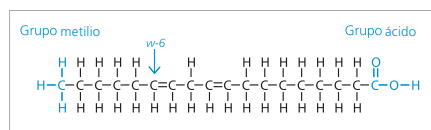
Cuando los átomos del carbono de los ácidos grasos están saturados, tienen una consistencia sólida a la temperatura del ambiente; por esta circunstancia la generalidad de las grasas de origen animal, sean de bovino, puerco, pollo o leche, son sólidas. A mayor longitud de la cadena de carbonos y mayor saturación es la mayor dureza de la grasa como la obtenida de los aceites vegetales, una vez que se someten a un proceso de hidrogenación. Las excepciones son el aceite de coco y de almendra de palma: ambos contienen una mayor proporción de ácidos grasos saturados y sin embargo son de consistencia líquida, por predominar en ellos los ácidos grasos de cadena media, figura 4.2.



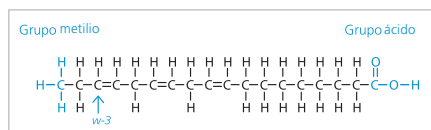
**Figura 4.2** Ácido graso saturado (ácido estearico; C18:0).



**Figura 4.3** Ácido graso monoinsaturado (ácido oleico; w-9, C18:1).



**Figura 4.4a** Ácido graso polinsaturado (ácido linoleico; w-6, C18:2).



**Figura 4.4b** Ácido graso polinsaturado (ácido alfa-linoleico; w-3, C18:3).

## Ácidos grasos monoinsaturados

Estos compuestos contienen únicamente una doble ligadura en la cadena recta de carbonos. El ácido oleico se encuentra en los alimentos cocinados con aceites de oliva, canola y semillas como el cacahuate, las almendras y el aguacate. En años recientes, el consumo de estos aceites se ha asociado a un menor riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, figura 4.3.

## Ácidos grasos polinsaturados

Entre aquellos que tienen dos o más dobles enlaces en la cadena de carbonos, el ácido linoleico es el que predomina en la dieta occidental por el uso de aceites de origen vegetal como maíz, soja (soja) y girasol. Es conveniente señalar que las grasas y los aceites de ordinario que se consumen en la dieta diaria, tienen una mezcla de ácidos grasos saturados e insaturados por lo que se habla de ella calificándola de acuerdo con el ácido graso que en mayor proporción interviene en su composición. Por ejemplo, el ácido linoleico en la familia w-6 o n-6, se designa como (18:2 w-6) para indicar que tiene 18 carbonos y dobles enlaces, además con el primer doble enlace en el carbón.

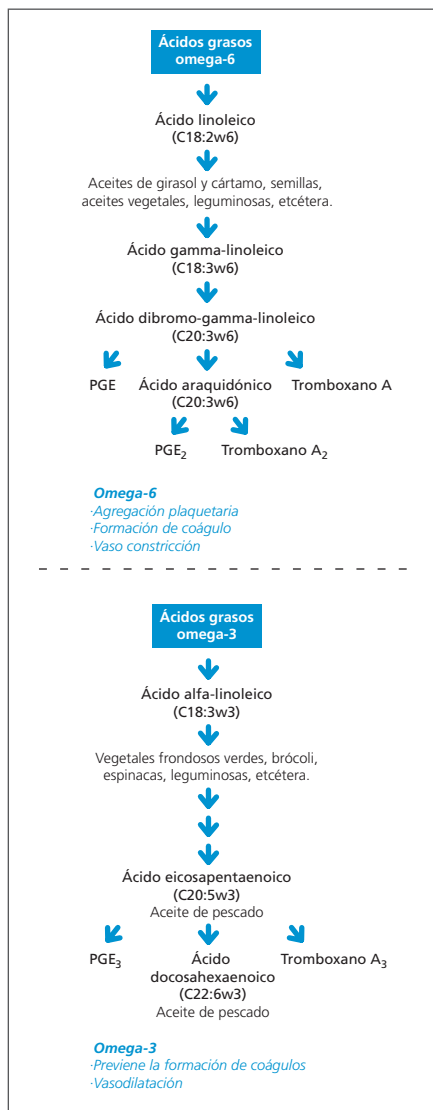
Entre estos ácidos grasos los que se identifican como omega 3 u omega 6 han adquirido en años recientes especial importancia. La presencia de ácidos alfa-linoléico w-3 y linoleico w-6 es una condición indispensable (o esencial) en la dieta, figuras 4.4a y b.

## Otras particularidades químicas

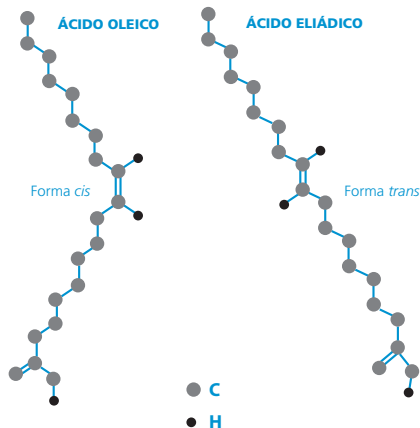
Es conveniente destacar algunas reacciones químicas de los triglicéridos, como la saponificación, la hidrogenación y la rancidez. La saponificación acontece al hidrolizar una grasa con un álcali. Como productos de esta reacción se obtienen sales de ácidos grasos y jabones. Esa eventualidad se presenta en personas que padecen síndromes caracterizados por una deficiente absorción de grasas, en los que ocurre la saponificación de los triglicéridos con las sales de calcio de la dieta.

En lo que atañe a la hidrogenación, se ha hecho ya mención a la solidificación de los aceites por la adición de hidrógeno en los enlaces de carbono con doble ligadura. Este procedimiento se emplea en la producción de margarina y aderezos que son de consistencia sólida a la temperatura del ambiente.

La hidrogenación parcial de los aceites disminuye a su vez la probabilidad de que éstos se oxiden, evitando la rancidez. Esta reacción se produce al unirse el oxígeno a los carbonos con doble enlace para formar peróxidos, lo que da lugar a que los alimentos sean de olor y sabor desagradables. Para evitar la peroxidación de los aceites vegetales se les adiciona vitamina E; con el mismo propósito, a los alimentos con alto contenido de grasas se les añaden antioxidantes sintéticos que les permiten ser



**Figura 4.5 Síntesis de ácidos grasos indispensables y de eicosanoides.**  
Tomado de:  
Mahan K., Esedtt S., Nutrición y Dietoterapia de Krause, 9a edición McGraw-Hill, Nueva York, 1998



**Figura 4.6a Ácidos grasos cis y trans.**

almacenados por mayor tiempo. El cierre hermético al vacío o con nitrógeno, evitan el oxígeno y previenen la rancidez.

### Ácidos grasos indispensables

El ácido alfa-linolénico *w*-3 y linoleico *w*-6 son indispensables, debido a que no pueden ser sintetizados en el organismo (por la imposibilidad de las enzimas biosintéticas de insertar dobles ligaduras antes del carbono 9); su carencia en la dieta conduce a manifestaciones clínicas de deficiencia.

Forman parte de varias estructuras como las membranas celulares; participan en funciones orgánicas como la visual y la inmunológica, y con ellos el organismo produce eicosanoides (prostaglandinas, tromboxano y leucotrienos) que participan en la regulación de la presión sanguínea, la coagulación de la sangre, la lipólisis y la respuesta inmunológica. Por todas estas razones, los ácidos grasos *w*-3 y *w*-6, son indispensables para preservar la salud.

El ácido linoleico *w*-6 es transformado en ácido gama-linoléico y en ácido araquidónico, los cuales intervienen en el desarrollo temprano del cerebro y la función de la retina. La transformación tiene lugar en el interior de las células, donde la cadena de 18 carbonos es elongada a 20 y es desaturada en otras dos dobles ligaduras, para así convertirse en un ácido 5, 8, 11 y 14 eicosatetraenoico (ácido araquidónico). Este ácido previene la aparición de la dermatitis: que se presenta en la deficiencia dietética de ácidos grasos indispensables, y es el precursor de las prostaglandinas y el tromboxano. Los ácidos grasos *w*-3 son los precursores de las prostaciclina, tienen efectos opuestos a las sustancias sintetizadas a partir de los ácidos grasos omega 6, éstas previenen la formación de coágulos y producen vasodilatación, figura 4.5.

La elongación de los ácidos grasos en las células los transforma en ácidos eicosapentaenoico y docosahexaenoico, aunque en forma natural se pueden obtener éstos mediante el consumo de algunas especies de pescado (cuyo aceite es rico en ellos). Sin embargo, el consumo excesivo de este aceite puede potencialmente ser causa de un aumento en el tiempo de sangrado, la peroxidación de lípidos y una mayor susceptibilidad a infecciones.

### Ácidos grasos cis y trans

Los ácidos grasos existen en dos formas isoméricas: *cis* y *trans*; éstas comparten la misma fórmula química pero difieren en su estructura. La forma *cis* tiene los dos átomos de hidrógeno dispuestos en el mismo lado en los carbonos de la doble ligadura, mientras que la forma *trans* se caracteriza por tener los hidrógenos en lados opuestos, figuras 4.6a y b.

Los alimentos, en su forma natural, generalmente contienen ácidos grasos en su configuración *cis*. La grasa de la leche tiene algunas formas de ácidos grasos *trans*, aunque en la carne de bovinos éstos escasean. El principal proveedor de ácidos grasos *trans*, son la margarina y otras grasas de origen vegetal que han sido hidrogenadas; esta forma isomérica ocurre mediante saturación de algunas dobles ligaduras con hidrógenos. Cuando en la dieta hay un exceso de ácidos grasos *trans* éstos inhiben la desaturación y la elongación de los ácidos linoleico y linoléico, interfiriendo así en la síntesis de estos ácidos grasos indispensables.

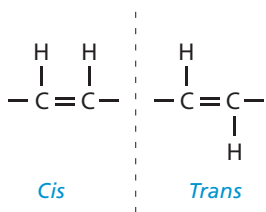


Figura 4.6b Ácidos grasos Cis y Trans.

La forma *cis* permite que la cadena de carbonos se pliegue a nivel del doble enlace, en tanto que la forma *trans* hace que la cadena permanezca recta. Cuando en las membranas celulares predominan los ácidos grasos *trans*, éstas adquieren mayor dureza por lo que se reduce la función de los receptores de colesterol, lo que puede explicar que una dieta rica en ácidos grasos *trans* y en ácidos grasos saturados aumente el colesterol de la sangre, por lo que su consumo elevado se asocia con enfermedades cardiovasculares<sup>2</sup>; es razonable evitar el consumo excesivo de margarinas duras y manteca vegetal, usando en su lugar aceites polinsaturados de origen vegetal; también es conveniente disminuir el consumo de alimentos fritos (papas, donas o empanizados), limitar la ingestión de alimentos horneados con mucha grasa (galletas, pasteles, “pay”) y reducir el consumo de grasa de origen animal y de “comidas rápidas”. La Organización Mundial de la Salud promueve actualmente reducir el consumo de las grasas con ácidos grasos *trans* de 2% a 4% del total de la energía en la dieta, pretendiendo así evitar más de 225 000 ataques cardíacos.<sup>3</sup>

## LÍPIDOS DERIVADOS

Los lípidos derivados son productos que el organismo sintetiza a partir de las grasas. El glicerol y los ácidos grasos son los productos finales que resultan de la hidrólisis de los triglicéridos; a partir de éstos el organismo produce *fosfolípidos* y *esteroles*.

### Glicerol

El glicerol es el componente de los triglicéridos que tiene la propiedad de ser soluble en el agua. Este compuesto representa cerca del 10% del triglicérido; está disponible en el organismo para la gluconeogénesis.

### Fosfolípidos

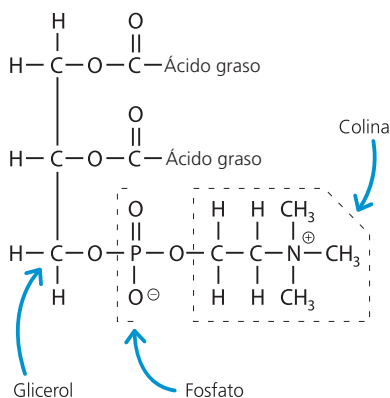


Figura 4.7 Fosfolípido/Lecitina.

Los fosfolípidos son similares a los triglicéridos, sólo que estos compuestos contienen sólo dos ácidos grasos ya que el tercero es sustituido por un grupo fosfato, como el ácido fosfórico; las lecitinas contienen además colina, figura 4.7. Debido a su doble polaridad, estas sustancias son *hidrofóbicas* en el segmento no polar de los ácidos grasos e *hidrofílicas* en la parte ocupada por la lecitina, figura 4.7; por esta particularidad son parte importante de la estructura de las células, donde se les encuentra combinadas con las proteínas e hidratos de carbono para constituir la parte sustantiva de la bicapa que caracteriza a las membranas celulares. En la sangre participan en el transporte de lípidos, como parte de las lipoproteínas. A pesar de las funciones que desempeñan los fosfolípidos el organismo no requiere el consumo de ellos en la dieta, ya que los sintetiza cuando los requiere.

Probablemente la lecitina sea el fosfolípido más frecuente en los alimentos; entre éstos destacan por su riqueza en lecitina: la soya, el cacahuate, el germen de trigo, la yema de huevo, el hígado y las espinacas. Debido a que este compuesto tiene la propiedad de actuar como emulsificador, se usa ampliamente en la industria de los alimentos.

### Esteroles

Los esteroides son compuestos que se caracterizan por una compleja estructura de anillos de carbono, entremezclados con cadenas de carbono, hidrógeno y oxígeno; de ellos el más nombrado es el colesterol, que es un derivado lípido presente en casi todos los tejidos de origen animal, especialmente en el cerebro, el tejido nervioso y el hígado, órgano que sintetiza el colesterol a razón de 1 a 2 g/día, independientemente de la cantidad que una persona ingiera en su alimentación. El consumo diario de colesterol por un adulto varía entre 200 y 300 mg, figura 4.8.

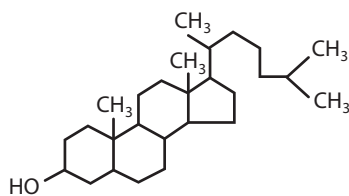
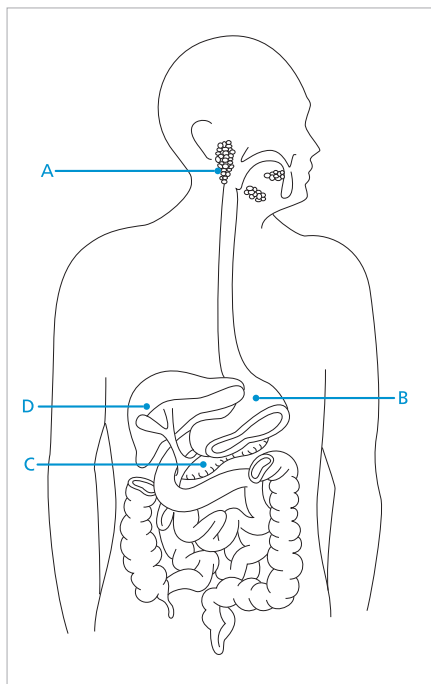


Figura 4.8 Colesterol.



**Figura 4.9** Sitios de producción de enzimas para la digestión y absorción de lípidos.

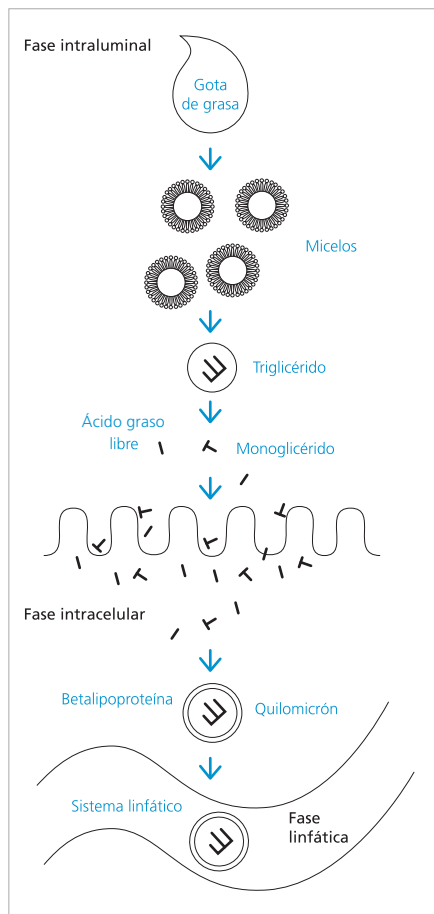
- A. Lipasa salival.
- B. Lipasa gástrica.
- C. Lipasa pancreática.
- D. Ácidos biliares.

El colesterol forma parte de hormonas como corticoesteroides, estrógenos, testosteronas y calcitrol (forma activa de la vitamina D). Como precursor de las sales biliares, juega un papel importante en la formación de los micelos que facilitan la digestión de las grasas. En niños lactantes es una sustancia indispensable en la formación de tejidos, especialmente del sistema nervioso.

## DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN

La digestión de las grasas inicia en la boca con la salivación y la masticación. La dispersión mecánica del alimento por la masticación, aumenta la superficie sobre la cual actúa una lipasa secretada por las glándulas salivales, la cual hidroliza preferentemente ácidos grasos de cadena corta (como los encontrados en la leche). La actividad enzimática de esta lipasa se inactiva con la acidez del estómago, donde continúa la hidrólisis, principalmente de triglicéridos de cadena corta bajo la acción de la lipasa gástrica. Cuando los quimiorreceptores de la mucosa gástrica identifican un alto contenido de grasas estimulan la liberación de enterogastrona que inhibe el vaciamiento del estómago, favoreciendo que la lipasa pancreática hidrolice las grasas con mayor eficiencia.

Es así como la mayor actividad hidrolítica en la digestión de los triglicéridos ocurre en el intestino delgado, donde actúa la lipasa pancreática. La secreción de esta enzima, activada por la presencia de grasa y proteínas que estimulan ciertos receptores de los enterocitos del duodeno que liberan la hormona intestinal conocida como colecistoquinina (CCK), estimulan la secreción al lumen intestinal de bilis y de las enzimas del páncreas exocrino.



**Figura 4.10a** Digestión y absorción de lípidos.

La secreción de lipasa y bicarbonato por el páncreas facilitan la actividad hidrolítica de los ácidos grasos en posición 1 y 3 —que corresponden a los carbonos extremos del glicerol— de tal manera, que como producto de esta reacción catalizada por una colipasa, de cada molécula de ácido graso se obtiene un monoglicérido y dos ácidos grasos libres.

El carácter detergente de los ácidos biliares, sintetizados por el hígado, a partir del colesterol, facilita la hidrólisis y permite la organización de los productos en estructuras fisicoquímicas conocidas como *micelos* con los ácidos grasos y los monoglicéridos en emulsión. La motilidad intestinal permite distribuir, a lo largo del intestino delgado, la tarea de absorber los elementos que conforman los micelos.

Una vez que los ácidos grasos y el monoglicérido se incorporan a la capa de lípidos de la membrana del enterocito, pasan dentro de esta célula, donde se reesterifican nuevamente en triglicéridos. Una vez que es reesterificado, es recubierto por una betalipoproteína lo que le permite ser transportado hacia el hígado por la vía linfática. Las sales biliares liberadas del micelo son reabsorbidas casi totalmente en la porción terminal del íleon, figuras 4.9 y 4.10a.

Transporte

Los triglicéridos, recubiertos por la betalipoproteína, pasan la membrana basal de los enterocitos mediante un proceso de exocitosis, identificándoseles como *quilomicrones*. Éstos son incorporados a los vasos linfáticos del mesenterio que los llevan al conducto torácico para luego ser depositados al torrente circulatorio y ser conducidos al hígado. Es conveniente señalar que los triglicéridos de cadena media de los aceites de canola y de coco, son hidrolizados con mayor facilidad por la lipasa y una vez que se encuentran en el enterocito no precisan ser reesterificados, sino que pasan la membrana basal para incorporarse a los capilares sanguíneos de las vellosidades para ser llevados al hígado, por la circulación enterohepática.

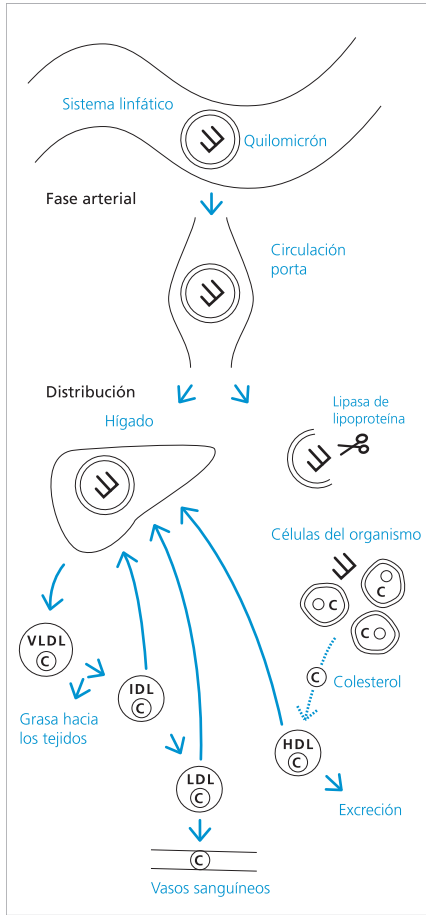


Figura 4.10b Transporte y metabolismo de lípidos.

La presencia de quilomicrones en el suero sanguíneo da a éste una apariencia opalescente; después de una comida rica en grasas puede tener un color francamente “lechoso”. En uno u otro caso, el suero se clarifica después de 2 a 6 horas de permanecer en ayuno; al cabo de 12 horas los quilomicrones deben haber desaparecido, por acción de la lipasa lipoprotéica, de las células endoteliales de la superficie interior de los capilares, hidroliza los triglicéridos y fosfolípidos a ácidos grasos, glicerol y compuestos fosforados, facilitando así su transporte a través de las membranas celulares. En los adipositos los triglicéridos son reesterificados nuevamente para ser usados como reserva energética. La actividad de esta enzima en el tejido adiposo es mayor durante el postprandio: en ayuno la actividad enzimática se desarrolla principalmente en las células musculares: donde los ácidos grasos pueden ser usados como fuente de energía.

Los triglicéridos producidos por el hígado son recubiertos por una lipoproteína formada por proteínas, colesterol y fosfolípidos; esta lipoproteína, de muy baja densidad (VLDL), cuando transita en la sangre lo hace como quilomicrones, donde parte de los triglicéridos son hidrolizados. Esta circunstancia hace que las lipoproteínas de densidad baja primero tengan una densidad intermedia (IDL) que después, por la lipasa lipoprotéica, son convertidas en lipoproteínas de baja densidad (LDL). Estas lipoproteínas se caracterizan por tener, proporcionalmente, una mayor concentración de colesterol que las VLDL y que las IDL.

Las LDL se fijan a los receptores específicos de las membranas celulares, en un proceso de “recepción del colesterol”, para ser luego degradadas en el interior de las células en sus componentes (proteínas y colesterol). Entre 50 y 75% del total de estos receptores de membrana disponibles en el organismo, se encuentran en el hígado, por lo que este órgano es el principal regulador del colesterol.

Por otra parte, cuando los vasos sanguíneos tienen lesionada su íntima (como por ejemplo en fumadores) algunos leucocitos contribuyen a remover de la circulación las LDL. Cuando las LDL son oxidadas, un cúmulo de fagocitos pasan hacia el endotelio de los vasos: los que se encargan de englobarlas para degradarlas e impedir que el colesterol vuelva a circular en la sangre; es así como oxidado, se acumula en los vasos sanguíneos formando poco a poco una placa de colesterol y proteínas, cubierta por células y concreciones de calcio. Como consecuencia disminuye la luz de los vasos y predispone a la persona afectada a un accidente vascular.

También el hígado (y el intestino) sintetizan lipoproteínas de densidad alta (HDL). Éstas captan el colesterol de las células muertas, y de algún otro sitio, para luego transferirlo a las lipoproteínas que se encargan de su transporte hacia el hígado; parte de este colesterol es usado por los hepatocitos para producir ácidos biliares, figura 4.10b.



Así, cuando el HDL en suero de una persona es mayor o igual a 60 mg/dL se considera como indicador de un riesgo bajo para enfermedades coronarias. En cambio, cuando es menor o igual a 35 mg/dl el riesgo de estas enfermedades en una persona, es alto. En la medida en que la concentración de las LDL excede de 130 mg/dL (o con una razón LDL/HDL mayor de 4.5:1) se considera que el riesgo es alto.

## FUNCIONES DE LOS TRIGLICERIDOS EN EL ORGANISMO

Entre las numerosas funciones que tienen los triglicéridos, es pertinente destacar algunas: permiten almacenar energía, protegen y preservan la temperatura corporal, y facilitan la absorción de las vitaminas liposolubles.

### **Funciones de los triglicéridos:**

- Almacenan energía.
- Protegen y preservan la temperatura corporal.
- Facilitan la absorción de las vitaminas liposolubles.

En cuanto al almacenamiento de energía, el tejido adiposo es la principal fuente de reserva. El crecimiento de este tejido acontece en una etapa temprana de la vida: en este lapso se define en el número de células del tejido; sin embargo, de ser necesario, en cualquier otra fase del ciclo de vida el tejido puede formar nuevos adipositos. Estas células tienen la particularidad de almacenar triglicéridos en forma casi ilimitada: se expanden de manera tal que su composición llega a ser 80% de lípidos y 20% de agua y proteínas.

Cabe señalar que los triglicéridos tienen la ventaja de ser el recurso natural que ofrece mayor densidad de energía (9 kcal/g) y son, además, químicamente más estables. Durante la oxidación de los triglicéridos se genera dos y media veces más ATP (adenosintrifosfato) que en la oxidación del glucógeno.

La reserva de energía de los triglicéridos evita que los tejidos usen las proteínas como fuente de energía. Cuando los músculos se encuentran en reposo o en una actividad ligera emplean triglicéridos como combustible; en cambio, en el ejercicio muscular intenso el organismo utiliza hidratos de carbono y ácidos grasos. Aproximadamente la mitad de la energía consumida en reposo y durante una actividad ligera, procede de los ácidos grasos.

En lo que atañe a la protección y preservación de la temperatura corporal, el tejido adiposo protege ante traumatismos y movimientos violentos, a los órganos reproductivos, a algunas glándulas (como las suprarrenales), a los riñones, y a otros órganos. Por otro lado, el tejido adiposo tiene la función de aislar al organismo, contribuyendo a preservar la temperatura corporal.

## RECOMENDACIONES DIETETICAS

Las recomendaciones de lípidos se establecen en función de la proporción con la que éstos deben contribuir al total de la energía consumida en la dieta de una persona; se recomienda consumir entre 20 y 30% de la energía total de la dieta, donde 10% debe provenir de ácidos grasos saturados, 10% monoinsaturados y 10% polinsaturados. También se dan recomendaciones<sup>4</sup> para satisfacer las necesidades de ácidos grasos indispensables: se considera que el contenido de aceite vegetal en una cucharadita (5 mL) al día, es suficiente para proporcionar los ácidos grasos indispensables; en tanto que, el consumo de una ración de pescado, dos veces por semana, asegura un aporte razonable de omega 3.

### **Proporción recomendada**

w6:w3  
1a 2:1

*Para personas que tienen niveles altos de colesterol y/o triglicéridos se recomienda una dieta con no más del 20% de la energía total como grasas.*

### ***Bibliografía***

- <sup>1</sup> Wardlaw G, Hampl J, DiSilvestro R. *Perspectives in Nutrition* 6a. ed. Nueva York: McGraw-Hill 2004.
- <sup>2</sup> Hu FB, Stampfer MJ, Manson JE, *et al.* *Dietary Fat Intake and Risk of Coronary Heart Disease in Women*. N. Engl. J Med 1997; 337: 1491-9.
- <sup>3</sup> Organización Panamericana de la Salud (OPS). Hacia «Las Américas libres de grasas trans». Boletín de la OPS en <http://www.paho.org/spanish/dd/PIN>, consultado diciembre 2007.
- <sup>4</sup> Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fattyacids, Cholesterol, Protein and Aminoacids (Macronutrients), *Food and Nutrition Board*, 2005.

# 5 Vitaminas

---



# 5 Vitaminas

Las vitaminas son sustancias indispensables en la alimentación ya que intervienen en numerosas reacciones bioquímicas que acontecen en el organismo. La relevancia biológica contrasta con el número de ellas que requiere una persona sana para satisfacer sus necesidades diarias; los requerimientos varían entre miligramos y microgramos.

La particularidad de ser sustancias indispensables en la alimentación obedece a que, con excepción de la vitamina D, el organismo carece de la capacidad para sintetizarlas y algunas que produce son insuficientes para satisfacer sus necesidades diarias. Las manifestaciones clínicas debidas a la deficiencia de estos nutrimentos son específicas para cada vitamina. Aunque estas sustancias no proporcionan energía al organismo, intervienen en reacciones que permiten la liberación de la energía química de los hidratos de carbono, los lípidos y las proteínas y son indispensables en la síntesis de aminoácidos, ácidos grasos, ácidos nucleicos, neurotransmisores, hormonas y numerosas sustancias indispensables para mantener la armonía de las funciones corporales que se traduce en salud física, figura 5.1.

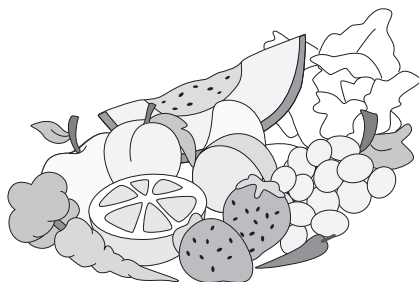


Figura 5.1 Fuentes naturales de vitaminas.

## Síntesis histórica de su nomenclatura

El descubrimiento de las vitaminas se inició en las postrimerías del siglo XIX cuando Cristian Eijkman identificó un compuesto químico cuya ausencia en el arroz descascarillado, dado a aves de corral, se asociaba a manifestaciones parecidas al “beriberi”. Estas observaciones motivaron a otros investigadores en su búsqueda.

Al despuntar el siglo XX, C. Adrianus Pikelharing observó que ratones sometidos a una dieta artificial: preparada con grasas, hidratos de carbono y proteínas, morían pocas semanas después; sin embargo, éstos sobrevivían cuando se añadía a la dieta unas gotas de leche. Esta observación le hizo suponer que los alimentos contenían sustancias indispensables para la vida. Conforme a esta idea, en 1912 Casimiro Funk descubrió que el compuesto involucrado en la enfermedad de los pollos, extraído unos meses antes de la cáscara del arroz, contenía en su estructura un grupo amino ( $\text{NH}_2$ ) por lo que decidió denominarlo *vitamina* (*vita* = vida + *amina*); supuso que el beriberi, el escorbuto, la pelagra y el raquitismo, se debían también a la deficiencia de compuestos químicos aminados. Su conjetura fue parcialmente correcta, pues se encontró que no todas las vitaminas tienen grupos amino.

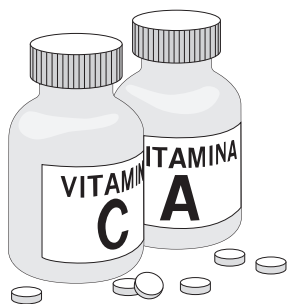


Figura 5.2 Fuentes sintéticas de vitaminas.

Un año más tarde, en 1913, Elmer Vernon McCollum y Marguerite Davies encontraron en la mantequilla un factor promotor del crecimiento para animales de laboratorio (que luego se supo que curaba también la xeroftalmía en el hombre), figura 5.2. A este lo llamaron *factor A soluble en grasa* y al factor antiberiberi: *factor B soluble en agua*. En 1920, Jack Cecil Drummond propuso que el factor soluble en la grasa fuese identificado como *vitamina A* y al soluble en el agua como *vitamina B*; sugirió además que el factor que evitaba o curaba el escorbuto, cuya presencia en los cítricos se sospechaba desde las experiencias de James Lind en el siglo XVIII, fuese llamado *vitamina C*. Ese mismo año se encontró que una sustancia presente en el aceite de hígado de bacalao era eficaz en el tratamiento de la xeroftalmía y el raquitismo, denominándola *vitamina D*. Fue de esta manera que las vitaminas A y D se identificaron como liposolubles y, la B y la C como hidrosolubles.

Para 1930 era evidente que la vitamina B era un complejo de sustancias con distintas propiedades que cumplían diferentes funciones en el organismo. Fue por eso que al

factor antiberiberi se le identificó como B<sub>1</sub>, al segundo factor reconocido se le llamó B<sub>2</sub>, y así sucesivamente. En la búsqueda de vitaminas del complejo B en los alimentos se asignaron 14 subíndices, sin embargo algunas son conocidas por su nombre químico ácido pantoténico (B<sub>5</sub>), niacina (B<sub>3</sub>), otras han sido consideradas pseudovitaminas y en unas más no ha sido posible probar que fuesen indispensables para el hombre o que la ausencia de ellas en la dieta diese lugar a una enfermedad específica. A esta lista se añadieron después las vitaminas E y la K (ambas liposolubles). La discontinuidad en cuanto al orden alfabético, se debe a que los compuestos asignados a las letras faltantes, el F (ácido linoléico), aunque indispensable, no mostró ser una vitamina y el H es la biotina.<sup>1</sup>

Una vez conocida la composición química y estructura de las vitaminas, en varias el empleo de letras y números cayó en desuso, sobretodo cuando en 1970 se tomó el acuerdo de referirse a ellas por sus nombres químicos. No obstante, en algunas aún se utiliza su nomenclatura original.

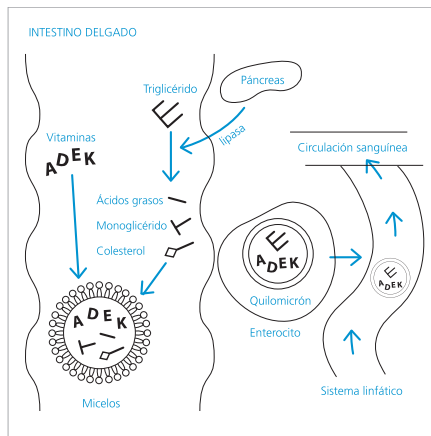


Figura 5.3 Absorción de vitaminas liposolubles.

## VITAMINAS LIPOSOLUBLES

Por la propiedad de ser solubles en grasas y aceites las vitaminas A, D, E y K, por su presencia en los alimentos, su digestión, absorción y transporte, hasta su almacenamiento en los tejidos, mantienen una estrecha relación con los lípidos. Su absorción depende de la eficiencia con la que la lipasa pancreática hidroliza los triglicéridos de la dieta, y por la suficiente y adecuada formación de micelos, ante la acción detergente de los ácidos biliares. Si la hidrólisis y la concentración micelar ocurre normalmente, los ácidos grasos y las vitaminas liposolubles se incorporan a la bicapa lípida de los enterocitos y por translocación pasan al interior de las células. Una vez que los triglicéridos son reesterificados se ligan a las vitaminas y ambos compuestos, recubiertos por una betalipoproteína, viajan al hígado por los vasos linfáticos en calidad de quilomicrones. En este órgano las vitaminas se unen a proteínas transportadoras para transitar por los vasos sanguíneos, figura 5.3.

### Vitamina A

Los compuestos químicos conocidos de manera colectiva como vitamina A son una familia integrada por *retinoides* presentes en los alimentos de procedencia animal en forma de retinol y ésteres de retinil, y por un grupo de pigmentos *carotenoides* que se encuentran en los alimentos de origen vegetal: mientras en los primeros la vitamina A se encuentra preformada, en los segundos está como *provitamina*.

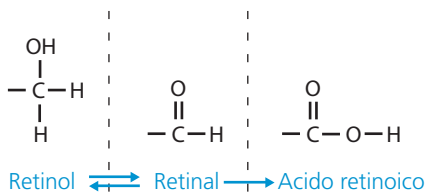


Figura 5.4 Vitamina A, formas químicas.

En el organismo, el retinol de los alimentos es convertido en su forma aldehídica (retinal) y ácido retinoico: que son las tres formas activas de la vitamina A y son conocidas como *retinoides*. Los ésteres de retinil carecen de actividad vitamínica pero son sustrato para producir retinol y ácido retinoico. En cambio, entre los carotenoides, el caroteno beta es la forma química más común como precursor de la vitamina A, seguido por el caroteno alfa, figura 5.4. Otros carotenoides, que han cobrado particular importancia en años recientes por su acción sobre los radicales libres, son: luteína, licopeno, zeaxantina y beta criptoxantina. Cerca de la mitad de los carotenoides conocidos son transformados por el organismo en retinoides.

La mayor parte de esta vitamina se almacena en el hígado y la reserva normal es suficiente para satisfacer las necesidades del organismo por varios meses. Para ser llevada del hígado a las células se liga a una proteína transportadora.

## ***Funciones biológicas***

La vitamina A cumple varias funciones en el organismo: *a)* al actuar en la diferenciación celular preserva la integridad de los epitelios e interviene en el crecimiento y desarrollo de los tejidos; *b)* al conservar las barreras naturales e intervenir en el sistema inmunitario, ejerce una acción de defensa en contra de los agentes biológicos; y, *c)* al participar en la producción de rodopsina, es imprescindible en la visión nocturna

### *Diferenciación celular*

La vitamina A, como ácido retinoico, interviene en el proceso de diferenciación que conduce a la maduración celular. De esta manera las células epiteliales de la piel y las mucosas pueden actuar como barreras naturales ante la agresión de agentes químicos, físicos y biológicos. Interviene, además, en la síntesis de las mucoproteínas de las células epiteliales de las mucosas. Por eso, en la deficiencia de esta vitamina la superficie cornea del ojo se aprecia reseca (xerosis) debido a la escasa producción de moco, que actúa como lubricante de la superficie y la mantiene limpia de partículas que pueden agredirla. En condiciones de deficiencia extrema puede ocurrir el deterioro irreversible de las células de la cornea ocasionando su reblandecimiento y la presencia de úlceras (xeroftalmía). La deficiencia también se manifiesta por resequedad en la piel y, particularmente, por la prominencia de los folículos pilosos; cuando la carencia se prolonga las células epiteliales desaparecen y son remplazadas por células queratinizadas. La metaplasia escamosa queratinizada se observa también en los epitelios mucosos, lo que favorece los procesos infecciosos.

#### **Funciones biológicas de la vitamina A:**

- Diferenciación celular.
- Defensa contra las infecciones.
- Visión nocturna.

Todas estas alteraciones obedecen a que dentro de las células interacciona el ácido retinoico con los receptores nucleares específicos del ácido deoxirribonucleico (ADN), lo que dispara el proceso de diferenciación propio de cada estirpe celular. Por esta razón, la deficiencia de vitamina A en animales de laboratorio impide la diferenciación celular de los embriones e interfiere con el crecimiento y desarrollo postnatal. En el hombre contribuye, junto con la vitamina D, al crecimiento de los huesos.

### *Defensa contra las infecciones*

A un lado de la participación de la vitamina A en la preservación de las barreras naturales que ejercen la piel y las mucosas en contra de las infecciones, al actuar en la diferenciación de las células, y consecuentemente en la preservación normal de los epitelios, interviene en varios elementos del sistema inmune. Observaciones epidemiológicas describen varias alteraciones inmunológicas que pueden estar asociadas a la deficiencia de la vitamina A y a otros nutrimentos. Entre las anomalías documentadas, que parecen congruentes con su papel activador de los genes que intervienen en la diferenciación celular, se documenta que la carencia de este nutrimento da lugar a la atrofia del timo y de otros elementos linfoides, por lo que disminuye la población de linfocitos B y T. Como consecuencia, se altera la relación entre los linfocitos CD<sub>4</sub> y los CD<sub>8</sub> (por mayor disminución en los CD<sub>4</sub>), hay una menor concentración de las inmunoglobulinas plasmáticas y de la inmunidad local, y se observa una pobre respuesta de la inmunidad retardada. El descenso de la mortalidad por enfermedades de las vías respiratorias y por diarrea en niños que reciben semestralmente una megadosis de vitamina A, habla a favor del papel que juega esta vitamina en la protección del organismo ante agentes infecciosos.<sup>2,3</sup>

### *Visión nocturna*

La forma aldehídica (retinal) de la vitamina A interviene en la visión nocturna: en las células especializadas de la retina (“bastones”), el retinal se une a una proteína (opsina) para transformarse en *rodopsina*, esto hace posible que el ojo capte en blanco y negro las imágenes que percibe cuando hay poca luz.

El retinol que llega por vía sanguínea a los ojos, es transformado en retinal; la forma *cis* de este aldehído es la que se une a la opsina para transformarse en rodopsina. Al haber

suficiente luz para lograr que los “conos” (que también contiene retinal) capten las imágenes en colores — o ante el disparo de la luz intensa de un “flash”— el retinal pasa de su forma *cis* a su forma *trans* y se separa de la opsina, iniciando una nueva señal al cerebro. Parte del retinal se pierde, por lo que el ojo precisa captar más retinol. Para que este ciclo visual pueda desarrollarse normalmente es preciso que la concentración de retinol sea normal: si su concentración en la sangre es baja ocurre un proceso lento de adaptación a la oscuridad, o bien ceguera nocturna en casos de deficiencia grave.

### Metabolismo

#### Absorción

La mayor parte de la vitamina A que se encuentra preformada en los alimentos de origen animal como éster de retinil. En la digestión gástrica de las proteínas los esteres de retinil y los carotenoides de los alimentos son liberados y se unen a los lípidos. En el intestino delgado, por acción combinada de las esterases biliar y pancreática, los esteres son hidrolizados transformándose en retinol y carotenoles; éstos alcoholes y carotenoides hidrocarbonados se incorporan a los micelos y, una vez que están en contacto con las membranas de las células epiteliales (plasmalema) son transportados a su interior. Ya dentro de las células, el retinal que se produce al ser escindido el betacaroteno en dos moléculas, se une a la proteína captadora de retinoides, figura 5.5. Cabe mencionar que la absorción de los carotenoides varía entre 5 y 50%, según la cantidad de grasa en la dieta; cuando la energía que proporcionan las grasas es menor a 20% de la energía total, la absorción de los carotenoides es aún más baja.

En personas sanas que ingieren más de 10 g de grasa en su dieta, la absorción de este retinol se hace con una eficiencia mayor a 80%; en cambio, la eficiencia con la cual se absorben los carotenoides es de aproximadamente la mitad de esta cifra.

#### Transporte

Una vez que los retinoides son incorporados a los quilomicrones viajan por el conducto torácico para trasladarse al torrente sanguíneo y ser llevados al hígado. En este órgano son ligados a una proteína transportadora de retinol y, formando un complejo con la prealbúmina, son llevados por vía sanguínea hacia los tejidos. Los carotenoides que no alcanzan a ser transformados a retinoides por el hígado, son incorporados a las lipoproteínas de densidad muy baja.<sup>4</sup>

#### Almacenamiento

Cerca de 90% de la vitamina A es almacenada en los depósitos de grasa del hígado; el resto se encuentra en el tejido graso de los pulmones y los riñones. Su almacenamiento ocurre en forma gradual para alcanzar su punto máximo en los adultos, cuando se logra la capacidad óptima de depósito. En el hígado se almacena en forma de éster, en tanto que en los espacios intercelulares y en el interior de las células se le encuentra unida a proteínas captadoras de retinoides. La reserva normal del hígado es suficiente para cubrir las necesidades de esta vitamina por varios meses.

#### Fuentes de vitamina A

La única fuente de vitamina A preformada, es la de los alimentos de origen animal; de ellos destacan el hígado, los productos lácteos (leche, crema, mantequilla, queso), la yema del huevo, y pescados como los arenques, las sardinas y el atún. La fuente más rica en esa vitamina es el aceite de hígado de bacalao, de tiburón o de mero.

Los carotenoides se encuentran en los vegetales de hojas verdes y amarillas, y en las frutas. Como pigmentos que son, se puede decir que entre más intenso es el color de los vegetales —como el de la zanahoria, la calabaza amarilla, las verduras de hojas oscuras (espinaca, brócoli), el tomate, el maíz tierno, la papaya, el mango, el durazno, la naranja y el melón— son más ricos en provitamina A.

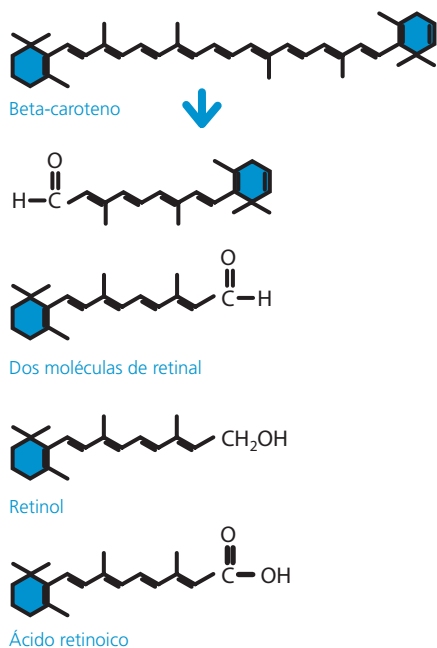


Figura 5.5 Vitamina A, estructura.



## Ingesta recomendada

### Vitamina A <sup>5</sup>

#### Recomendación:

- Hombres, 14 a 70 años = 730  $\mu\text{g}$
- Mujeres, 14 a 70 años = 570  $\mu\text{g}$

Cantidad de algunos alimentos para cubrir las necesidades diarias de vitamina A

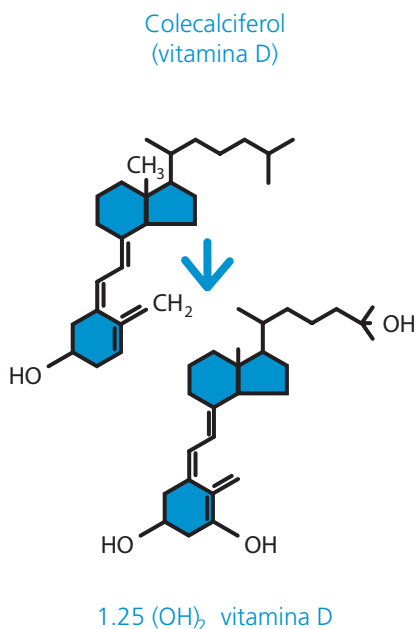
ALIMENTO	PESO	MEDIDA
· Hígado de res (cocido / frito)	7 g	1/4 onza
· Hígado de pollo (cocido)	14 g	1/2 onza
· Zanahoria (cruda)	26 g	1/3 pieza
· Menudencias de pollo (cocidas)	32 g	1 onza
· Espinaca (cocida)	90 g	3 onzas
· Mango manila	217 g	1 pieza
· Chabacano	280 g	9 piezas
· Huevo	434 g	8 1/2 piezas
· Leche descremada	1175 mL	5 tazas

Como para todos los nutrimentos, las recomendaciones de vitamina A varían en función a las demandas que hay de ellas en distintas etapas de la vida o en ciertas circunstancias: como el embarazo o la lactación. En términos generales, se puede señalar que de 500 a 600  $\mu\text{g}$  de retinol (o el doble de esta cantidad en betacaroteno) son suficientes para mantener en la sangre la concentración adecuada de esta vitamina y evitar las manifestaciones clínicas de deficiencia. Sin embargo, en los hombres adultos la recomendación diaria es de 700-900  $\mu\text{g}$  (equivalentes de retinol) y en las mujeres 600-700  $\mu\text{g}$ . El empleo prolongado de suplementos de vitamina A, además de lo aportado por la dieta, puede ser causa de toxicidad cuando excede de 15 000 ER. Es conveniente señalar que 1  $\mu\text{g}$  de retinol corresponde a 1 ER y a 3.3 UI (unidades internacionales) de esta vitamina. Seis microgramos de betacaroteno corresponden a 1 ER, a 10 UI y, 12 mcg de otros carotenoides corresponden también a 10 UI.

### Deficiencia

La carencia o deficiencia dietética de esta vitamina se traduce en una deficiente participación en la diferenciación celular, que clínicamente se expresa en la piel, la córnea y en las mucosas de la vía respiratoria, y el tracto gastrointestinal y genitourinario. Por la misma razón se altera la inmunidad, particularmente la mediada por células. La xerofthalmía, caracterizada por atrofia de las glándulas perioculares con hiperqueratosis de la conjuntiva, reblandecimiento de la córnea y en circunstancias extremas, queratomalacia y ceguera, es la forma clínica comúnmente identificada con esta deficiencia; pero, a un lado de la gravedad de las manifestaciones oculares (que pueden ocasionar la pérdida de la vista), el mayor daño a que dan lugar es el que ocurre en los mecanismos de defensa del organismo ante las infecciones: a juzgar por el impacto favorable en la disminución de niños que fallecen por estas enfermedades cuando se les da un suplemento semestral de ácido retinoico.

### Vitamina D



A diferencia de otras vitaminas, cuya presencia es indispensable en la dieta, si el hombre expone su piel a los rayos del sol puede prescindir del consumo de vitamina D: las células de la piel tienen la capacidad de sintetizar un compuesto derivado del colesterol (prohormona D) que las células hepáticas y renales activan, transformándolo en una hormona. En un sentido estricto tanto la provitamina D de los alimentos como el compuesto sintetizado en la piel, son prohormonas que tienen el mismo destino metabólico. Sin embargo, la particularidad de haber podido probar que el aceite de hígado de bacalao curaba el raquitismo hizo que la deficiencia de ésta vitamina se identificara dentro de las enfermedades carenciales, figura 5.6.

La controversia acerca de considerar como prohormona o provitamina D a los compuestos precursores de la vitamina D que se encuentran en los alimentos, se inclina a favor de que el raquitismo es primariamente una enfermedad por deficiencia de vitamina. En este capítulo se usarán ambos términos: prohormona y provitamina.

### Provitaminas D y prohormonas

El precursor de la provitamina D en los alimentos de origen animal es el 7-dihidrocolesterol, mientras que en los vegetales es el ergosterol. Ambos compuestos requieren de la luz ultravioleta para convertirse en coilecalciferol (provitamina D<sub>3</sub>), y en ergocalciferol (provitamina D<sub>2</sub>).

Figura 5.6 Vitamina D.

La principal fuente de vitamina D es la síntesis endógena, la cual es inducida por rayos UV a la longitud de onda de 290 a 315 nm.

La principal fuente alimentaria de vitamina D es el aceite de hígado de pescado.

Se recomiendan de 5 a 30 mn de exposición a la luz solar en manos, brazos y cara de 2 a 3 veces por semana.

Las personas con piel oscura necesitan una exposición adicional, ya que la melanina actúa como un protector solar natural.

### Vitamina D <sup>6</sup>

#### Recomendación:

- Hombres, 1 a 50 años = 5 µcg
- Mujeres, 1 a 50 años = 5 µcg

Cantidad de algunos alimentos para cubrir las necesidades diarias de vitamina D.

ALIMENTO	PESO	MEDIDA
· Aceite de hígado de bacalao	7.5 mL	1/2 C
· Sardina	42 g	1 1/2 onza
· Salmón	85 mg	3 onzas
· Leche descremada	500 mL	2 tazas
· Atún	125 g	4 1/2 onzas

La síntesis de la vitamina D principia con la conversión de un derivado del colesterol presente en la piel (7-dihidrocolesterol) que por acción de la luz ultravioleta lo transforma en coilecalciferol (D<sub>3</sub>). Esta última prohormona se une en la sangre a la provitamina D<sub>2</sub> obtenidas de los alimentos y ambas son conducidas al hígado, donde se les añade un grupo hidroxilo transformándolas en 25-hidroxi-ergosterol (vitamina D<sub>2</sub>) y 25-hidroxi-coilecalciferol (vitamina D<sub>3</sub>), estos compuestos son transportados a los riñones donde son nuevamente hidroxilados, para transformarlos en 1,25-dihidroxi-vitamina D<sub>2</sub> y 1,25-dihidroxi-vitamina D<sub>3</sub> conocido como calcitriol: que es la forma activa de la vitamina D. La 1,25-dihidroxi-vitamina D<sub>2</sub> tiene la misma actividad que el calcitriol.

### Funciones biológicas

La principal función de la vitamina D gira en torno al mantenimiento de una concentración de calcio y fósforo en el suero, que facilite la participación de estos elementos en la función neuromuscular, en distintos procesos que acontecen en las células y en la osificación, osea: logra esto mediante la regulación metabólica que ejerce aumentando en el intestino la absorción del calcio y el fósforo, movilizándolo las reservas que se encuentran en los huesos o reduciendo la excreción renal del calcio.

El calcitriol promueve la absorción activa del calcio, estimulando en el ADN los genes que codifican la síntesis de la proteína transportadora de este mineral a través de la membrana luminal del enterocito, y actuando directamente sobre la membrana para facilitar su transporte pasivo. También estimula, por transporte activo, la absorción de fosfato en el intestino.

La vitamina D<sub>3</sub> mantiene una armoniosa relación con la hormona paratiroidea: cuando la concentración del calcio desciende, se libera la hormona para activar en los riñones la síntesis de calcitriol. Por otro lado, conjuntamente con la hormona paratiroidea, moviliza el calcio de los huesos e incrementa la reabsorción tubular de calcio y fosfato.

### Metabolismo

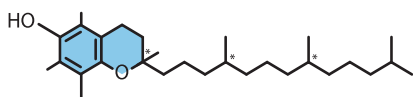
En condiciones de normalidad, alrededor de 80% de la vitamina D de los alimentos se absorbe en el intestino delgado. Como otras vitaminas liposolubles su absorción depende de la presencia de grasa en los alimentos, de la eficiencia con la cual ésta sea hidrolizada, de que los productos de la hidrólisis se agrupen en los micelos (donde se incluyen las vitaminas liposolubles), de que pase la mucosa para después ser captada por una proteína transportadora, que la conduce al hígado, la piel, el cerebro, los huesos y otros tejidos. Se almacena en el tejido graso del hígado, en el tejido adiposo y, cuando es requerida, se activa en los riñones.

### Fuentes e ingesta recomendada

Aunque el coilecalciferol está presente en la mantequilla, la crema, la yema del huevo y el hígado contienen esta provitamina, se encuentra en pequeña cantidad; lo mismo acontece con el ergosterol en los alimentos de origen vegetal. Por esta razón algunos alimentos como la mantequilla, la margarina, la leche (descremada, deshidratada, evaporada) algunos cereales y otros productos alimenticios, son adicionados con vitamina D. La provitamina que se usa con mayor frecuencia para adiccionarla a los alimentos es la D<sub>2</sub>, que se obtiene al radiar esteroides de ciertas levaduras. Se recomienda que en una dieta normal una persona consuma entre 5 y 10 µcg diarios y no debe exceder dos veces esta cantidad, para evitar manifestaciones de toxicidad.

## Deficiencia

La deficiencia se manifiesta en los niños por una enfermedad conocida como *raquitismo* y en los adultos por *queratomalacia*. La anomalía en la mineralización de la matriz de los huesos y dientes se manifiesta por malformaciones esqueléticas caracterizadas por aumento de volumen de las epífisis de los huesos largos y de las uniones osteocondrales de las costillas con el esternón “rosario costal”. Con el peso del cuerpo, en los niños que principian a caminar, sus piernas se arquean y, si permanece recostado por mucho tiempo, el reblandecimiento de los huesos del cráneo da lugar a que su cabeza se “achate”. En los adultos, el reblandecimiento de los huesos los hace susceptibles a fracturas.



Alfa - tocoferol

Figura 5.7 Vitamina E.

## Vitamina E

El nombre químico de esta vitamina está asociado a su descubrimiento. En 1922, Evans y Bishop descubrieron en animales de laboratorio que un factor soluble en las grasas prevenía la “resorción” fetal en ratas que habían sido alimentadas con una dieta que contenía manteca rancia. El término *tocopherol* (de *tocos* = parto y *fero* = dar a luz), como hoy se le conoce, hace referencia a este hecho, aunque también se describió que la carencia de este factor en la dieta de los animales da lugar a impotencia y distrofia muscular, figura 5.7.

Por más de medio siglo la observación hecha en animales parecía no tener algún significado en el hombre hasta que su poder protector como antioxidante permitió conocer el papel que juega en las células. La vitamina E está formada actualmente por una familia compuesta por cuatro *tocopheroles*:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ , y cuatro *tocotrienoles*, identificados con las mismas letras griegas.

## Funciones biológicas

La función principal de esta vitamina es la de proteger de la peroxidación a la bicapa lipídica de las membranas celulares: actúa como antioxidante protegiendo a los ácidos grasos polinsaturados y a la vitamina A, del daño oxidativo de los radicales libres. La alteración de la membrana se traduce en la pérdida de su fluidez, dando lugar a una estructura celular anormal. Por eso tiene especial importancia en las células del pulmón y en los glóbulos rojos.

### Vitamina E:

Su función más destacada es proteger las membranas celulares de la peroxidación.

Su poder como antioxidante lo ejerce en muchos otros compuestos químicos que intervienen en la génesis de algunas enfermedades: como en las anomalías vasculares caracterizadas por ateromas, donde la oxidación del colesterol y los fagocitos que se acumulan al deglutir este compuesto anormal, son el punto de inicio de la formación del depósito intramural de los vasos, que da origen al ateroma. Con base a esta hipótesis, hay evidencias de que un suplemento diario de vitamina E disminuye el riesgo de padecer accidentes cardiovasculares. También un suplemento de esta vitamina previene el daño oxidativo de los radicales libres que da origen a la catarata. Es pertinente mencionar que la vitamina E, el selenio, el ácido ascórbico y los carotenoides forman parte del sistema de los antioxidantes naturales de que dispone el organismo.

## Metabolismo

### Absorción

Como en las otras vitaminas liposolubles su absorción depende del proceso de digestión, solubilización y absorción de las grasas. De la actividad enzimática de las lipasas y esterasas pancreáticas y de la acción detergente de los ácidos biliares: que permiten la formación de los micelos, depende que la vitamina pueda llegar al interior del enterocito. No por eso es menos importante la beta-

lipoproteína sintetizada en la célula que envuelve a los triglicéridos reesterificados y a los tocoferoles y otras vitaminas liposolubles, para transportarlos como quilomicrones al hígado y depositarlas en los hepatocitos. Sin embargo, la betalipoproteína puede ser hidrolizada por la lipasa lipoproteínica que circula en la sangre, por lo que la vitamina puede ser liberada hacia los tejidos o bien se incorpora a las lipoproteínas de alta densidad de la sangre. Ordinariamente su absorción de vitamina E se realiza con una eficiencia que varía entre 20 y 80%, pero si se proporciona un suplemento por arriba de las recomendaciones dietéticas suele absorberse menos de 10%; la vitamina no absorbida se excreta en la materia fecal. La piel puede ser también una vía para su excreción.

#### Almacenamiento

La velocidad de recambio de la vitamina E almacenada en el hígado, es rápida, por lo que nunca hay un exceso de ella en depósito; esto se debe a la eficiencia con que actúa la proteína de transferencia de tocoferol. Por lo contrario, el tejido adiposo la almacena por tiempo largo. Cabe señalar que son los músculos los que tienen en depósito la mayor parte de la vitamina E; en los adipositos se le encuentra formando parte de las membranas de las células y en las lipoproteínas de la sangre.

#### Fuentes e ingesta recomendada

La principal fuente de vitamina E en los alimentos son los aceites de origen vegetal (soya, maíz, semilla de algodón, cártamo y palma) o en productos que contienen estos aceites (margarina, mayonesa, aderezos). Se le encuentra también en el germen del trigo, en las nueces, cacahuates y semillas de calabaza; de los vegetales, se haya en el brócoli y los espárragos. Las carnes, el pescado, la grasa animal y los vegetales y frutas hay una concentración escasa. Una cucharada diaria de aceite vegetal proporciona una cantidad adecuada de vitamina E.

De los ocho tocoferoles el alfa tocoferol es la forma más común de esta vitamina y tiene a su vez la mayor actividad; por eso las recomendaciones se dan en equivalentes de éste compuesto (ET). Aunque se recomienda un aporte dietético de 13-15  $\mu\text{g}$  ET para el hombre y la mujer, la necesidad de esta vitamina aumenta en función de la ingesta de ácidos grasos polinsaturados: a mayor consumo de grasa rica en estos ácidos, se requiere una mayor cantidad de vitamina E para protegerlos de la oxidación: *manifestaciones de toxicidad*. Interfiere con el metabolismo de la vitamina K, pero sólo con el uso de megadosis que no tienen ningún sentido: 1200  $\mu\text{g}$  diarios. No se recomienda exceder de 800  $\mu\text{g}$ ; la dosis —no dietética— con el fin de prevenir algunos padecimientos no debe exceder de 100  $\mu\text{g}$  al día.

#### Deficiencia

Por su amplia disponibilidad dietética la recomendación de ingesta, del orden de los miligramos, hace que la deficiencia sea poco frecuente. Cuando se presenta deficiencia de ésta, ordinariamente es de origen secundario a enfermedades por deficiente absorción de lípidos o por la deficiencia de betalipoproteína que se requiere para el transporte de los quilomicrones. La deficiencia se acompaña de un aumento en la peroxidación de los lípidos de las membranas celulares, por lo que puede haber hemólisis. En los neonatos prematuros se puede presentar esta deficiencia debido: al escaso depósito de grasa tisular con el que nacen, la deficiente absorción intestinal de la grasa y la demanda que exige la velocidad de crecimiento de su organismo.

#### Vitamina E <sup>7</sup>

##### Recomendación:

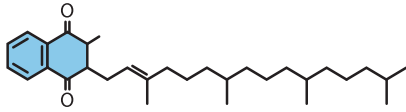
- Hombres, 14 a 70 años = 13  $\mu\text{g}$
- Mujeres, 14 a 70 años = 13  $\mu\text{g}$

Cantidad de algunos alimentos para cubrir las necesidades diarias de vitamina E.

ALIMENTO	PESO	MEDIDA
· Semillas de girasol	25 g	1/4 taza
· Cereal con trigo y pasas	49 g	1 taza
· Aceite vegetal	37 g	2 3/4 C
· Almendras	80 g	1/2 taza
· Chocolate con almendras	102 g	2 1/2 barras
· Cacahuates (frescos)	166 g	1 taza
· Granola	278 g	2 1/4 taza

## Vitamina K

Al estudiar la síntesis endógena del colesterol, sometiendo pollos a una dieta libre en grasa, Dam observó, en 1929, que desarrollaban una enfermedad hemorrágica. Tal experiencia le hizo pensar que en la grasa había una sustancia liposoluble distinta a las vitaminas A, D y E, descubiertas hasta entonces. Dam la llamó *vitamina K*, asignándole esta letra por la sigla de la palabra danesa usada para coagulación (*koagulation*). Los esfuerzos por reconocer este compuesto culminaron diez años después al identificar en la alfalfa: la filoquinona (vitamina  $K_1$ ), y en el aceite de pescado: la menaquinona (vitamina  $K_2$ ). Ambos compuestos integran la familia de la vitamina K. Las bacterias tienen la capacidad de sintetizar menaquinona.



Filoquinona ( $K_1$ )

Figura 5.8 Vitamina K.

### Funciones

La función principal de la vitamina K es servir como cofactor para la síntesis de los compuestos que intervienen en la coagulación. Es esencial para la síntesis hepática de proteínas que intervienen en la coagulación: como en la conversión de preprotrombina a protrombina (factor II de la coagulación); pero además interviene en los factores VII, IX y X. En ausencia de la vitamina K se sintetizan factores de la coagulación, no funcionales.

### Metabolismo

#### Absorción

La absorción de esta vitamina y su transporte al hígado ocurre de la manera ya descrita para otras vitaminas liposolubles. Cabe sólo mencionar que la vitamina K es inactivada una vez que concluye su función, para ser reactivada en el momento en que el organismo la requiera. Anticoagulantes como la warfarina actúan inhibiendo su reactivación.

#### Excreción

La principal vía de excreción de las filoquinonas es por la bilis, siendo eliminada en las heces; aunque también se excreta en cantidades significativas por la orina.

#### Almacenamiento

Si bien ninguna de las formas químicas de vitamina K se almacena en cantidad apreciable, a la filoquinona se le encuentra en el hígado en cantidades que varían entre 2 y 20  $\mu\text{g/g}$  de tejido. También hay en reserva menaquinonas de origen bacteriano, estas se almacenan en mayor cantidad debido a que, probablemente, la filoquinona tiene una mayor velocidad de recambio.

### Fuentes e ingesta recomendada

Las fuentes exógenas de la vitamina K (filoquinona) son los vegetales de hojas verdes, como las espinacas y la lechuga, el brócoli, la col de Bruselas, la coliflor y los chícharos (arbejas). Otros alimentos, como el hígado, y los aceites de oliva y de soya, también contribuyen al aporte de esta vitamina. Participan con una menor cantidad otros vegetales, frutas, cereales, productos lácteos, huevos y carne.

De mayor significado es el aporte endógeno de las bacterias del colon; aunque la absorción en esta porción del intestino es bastante ineficiente, se piensa que puede haber cierto reflujo del contenido del colon hacia el íleon, por la válvula ileocecal, lo que permite su absorción en la porción terminal del intestino delgado. Por otro lado, las necesidades diarias son cubiertas por la ingesta dietética y la biosíntesis bacteriana de esta vitamina. Se recomienda 1  $\mu\text{cg/kg}$  de peso corporal del cual se asume que al menos la mitad es por síntesis bacteriana.

### Vitamina K<sup>a</sup>

#### Recomendación:

- Hombres, 19 a 70 años = 100  $\mu\text{cg}$
- Mujeres, 19 a 70 años = 75  $\mu\text{cg}$

Cantidad de algunos alimentos para cubrir las necesidades diarias de vit. K.

ALIMENTO	PESO	MEDIDA
· Espinacas (cocidas)	24 g	1 onza
· Coletitas de bruselas (cocidas)	40 g	1/4 taza
· Brócoli (cocido)	68 g	1/2 taza
· Col morada (cocida)	65 g	1 taza
· Espárragos (cocidos)	142 g	2 tazas

## Deficiencia

La deficiencia de esta vitamina ocurre generalmente asociada a síndromes de absorción intestinal deficiente o por el empleo prolongado de antimicrobianos que alteran la flora bacteriana habitual del intestino. También en algunas enfermedades hepáticas que interfieren con su utilización. La ausencia de bacterias en el intestino de los niños recién nacidos y la deficiente transferencia de vitamina K por la placenta, determinan que los neonatos sean deficientes en protrombina, lo que los hace susceptibles a presentar la llamada enfermedad *hemorrágica del recién nacido*; para prevenir esta enfermedad es preciso que al nacer se les administre vitamina K.

## VITAMINAS HIDROSOLUBLES

Aunque es lógico pensar que las enfermedades por deficiencia de vitaminas han estado por siempre presentes en el hombre, las ocasionadas por la deficiencia de algunas vitaminas hidrosolubles son las que con mayor facilidad se identifican en la historia de la humanidad: el escorbuto, la pelagra y el beriberi son, probablemente, las más conocidas.

### Particularidades genéricas

De las nueve vitaminas solubles en el agua, hasta ahora identificadas, ocho corresponden al complejo B; la otra es el ácido ascórbico (vitamina C). Las vitaminas B se encuentran en los alimentos como coenzimas unidas a proteínas específicas. Después de ingerir los alimentos, en el proceso de digestión, la coenzima es liberada y estas vitaminas se absorben en el intestino delgado con una eficiencia que varía entre 50 y 90% de la cantidad ingerida. Dentro de las células se sintetiza a su forma natural: como coenzima.

En su papel como coenzimas, transportan iones o grupos químicos que se requieren en diversos pasos metabólicos. Todas ellas participan en el metabolismo energético y algunas intervienen en otras reacciones químicas que acontecen dentro de las células, figura 5.9. En cuanto a la vitamina C, aunque no actúa como coenzima, tiene en las células un papel importante en la síntesis de algunos compuestos. La generalidad de ellas se almacena en escasa cantidad y se excretan en la orina. Es deseable su consumo diario en la dieta, para asegurar su participación óptima en las funciones bioquímicas en las que intervienen.

Debido a la particularidad de ser solubles en agua, tanto las vitaminas B como la C, se destruyen con facilidad durante la preparación de los alimentos expuestos al calor o en presencia de álcalis; pero éstas se preservan, razonablemente, en los alimentos preparados al vapor, sometidos a microondas o cuando son cocinados en poca agua, a fuego lento.

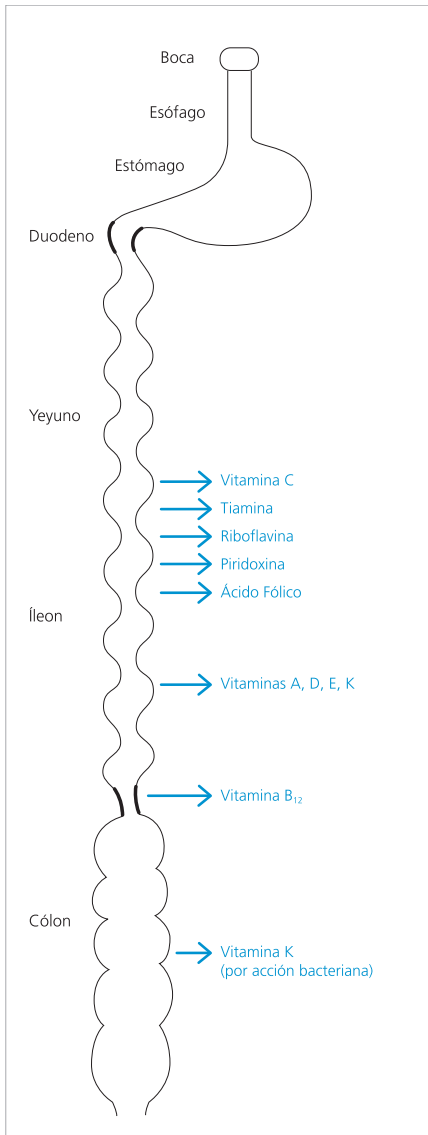


Figura 5.9 Absorción de vitaminas.

## Tiamina (vitamina B<sub>1</sub>)

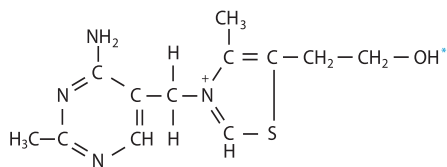


Figura 5.10 Tiamina.

Por siglos los países asiáticos padecieron de una enfermedad neuromuscular que impedía a los enfermos a sostenerse de pie; esta característica hacía que las personas expresaran ¡no puedo!, ¡no puedo! que en idioma *tabi* se dice *beriberi*. Una vez que se descubrió que la enfermedad estaba asociada a una dieta monótona, en la que predominaba el consumo de arroz “pulido” (sin cascarilla), se inició la búsqueda del factor cuya ausencia en la dieta se asociaba con esta enfermedad. En 1934, Robert R. Williams, a partir de varias toneladas de cascarilla de arroz, separó e identificó la fórmula estructural de lo que hoy se conoce como *tiamina*: por el átomo de azufre (en griego: *theion*) que contiene. Ante una deficiencia dietética prolongada de esta vitamina, se presenta el beriberi, figura 5.10.

### Funciones metabólicas

La estructura de la tiamina se integra en dos núcleos: uno de pirimidina y otro tiazol enlazados por un puente metileno. Funciona en el organismo como la coenzima tiamina pirofosfato. Como otras vitaminas del complejo B, ésta tiene un papel importante en reacciones esenciales del metabolismo intermedio. Varios cambios metabólicos están vinculados con esta vitamina, como en la síntesis de neurotransmisores y la acetilcolina.

### Absorción, transporte y eliminación

La absorción de la tiamina ocurre principalmente en la porción proximal del intestino delgado, mediante su transporte activo por la membrana del enterocito dependiente de sodio; el consumo de alcohol interfiere con su transporte. Cuando se ingieren suplementos vitamínicos y su concentración en el lumen es alta, su absorción también acontece por difusión pasiva. Luego es fosforilada nuevamente en las células de la mucosa para ser transportada al hígado por la circulación porta y ser distribuida en el organismo. En los músculos se encuentra la mitad de la tiamina disponible, el resto se distribuye principalmente en el corazón, riñón y cerebro. La vida media de las reservas del organismo es de 9 a 18 días, por lo que debe de ser consumida diariamente en la dieta. Se excreta por la orina como ácido acético tiamínico y productos finales de su metabolismo (pirimidina y tiazoles).

### Fuentes e ingesta recomendada

Los alimentos ricos en tiamina incluyen la carne de cerdo y de res, el hígado, los huevos, el pescado, las leguminosas y las harinas de granos enteros o enriquecidas. Durante el cocimiento de los alimentos se pierde parte de la tiamina en una proporción que puede variar entre 25 y 85%, dependiendo del tiempo de cocción, del pH (por arriba de 8 se destruye), de la temperatura a la que se cocinan, de la cantidad de agua que se use y del cloro del agua. La presencia de taninos en el café (natural o descafeinado) y en el té, interfieren en la absorción de tiamina; en cambio, el ácido ascórbico favorece su absorción.

Los tejidos utilizan diariamente alrededor de 1 mg de tiamina, lo que se podría considerar como requerimiento mínimo diario. Cuando se ingiere menos de 1 µg la vitamina se excreta por la orina en poca cantidad. Por lo contrario, cuando se ingiere en exceso —en suplementos comerciales— se excreta más en la orina, conjuntamente con la pirimidina producto de su metabolismo.

#### Tiamina (vitamina B<sub>1</sub>)<sup>9</sup>

##### Recomendación:

- Hombres, 14 a 70 años = 1 mg
- Mujeres, 14 a 70 años = 0.9 mg

Cantidad de algunos alimentos para cubrir las necesidades diarias de vitamina B<sub>1</sub>.

ALIMENTO	PESO	MEDIDA
· Cereales para desayuno fortific.	77 g	2 tazas
· Nutrigrain barra de cereal (relleno de frutas)	100 g	3 barras
· Tortilla	188 g	6 piezas
· Avena (precocida, instantánea, fortificada)	334 g	1 3/4 sobre
· Elote (cocido)	452 g	6 piezas
· Arroz integral (cocido)	487 g	2 1/2 tazas
· Frijoles (cocidos)	651 g	2 1/2 tazas
· Papa (cocida, con cáscara)	918 g	4 1/2 piezas
· Naranja	1027 g	9 piezas
· Sandía	1266 g	8 tazas

## Deficiencia

Los signos clínicos de la deficiencia de tiamina se expresan por alteraciones en los sistemas nervioso y cardiovascular. Principia con debilidad muscular y ausencia de reflejos; ocurre luego parálisis periférica, problemas de sensibilidad, confusión y la insuficiencia cardíaca que caracteriza al beriberi. La subcarencia de tiamina puede expresarse con síntomas y signos inespecíficos, como astenia, poco apetito, pérdida de peso, trastornos digestivos, estados depresivos y otros.

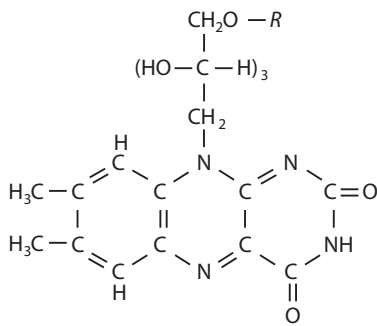


Figura 5.11a Riboflavina (oxidada).

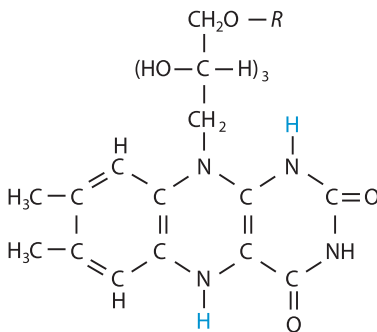


Figura 5.11b Riboflavina (reducida).

## Riboflavina (vitamina B<sub>2</sub>)

El descubrimiento de la primera flavoproteína, en 1932, permitió reconocer la cercana relación entre las vitaminas y los oxidantes biológicos. Un año después se informaba que una de esas sustancias, de color amarillo (flavo), era la responsable de algunas de las manifestaciones descritas en la pelagra. Dos años después era sintetizada.

Esta vitamina es requerida para producción de los glóbulos rojos y los anticuerpos, y para la respiración celular y el crecimiento. Coadyuva en el metabolismo de los hidratos de carbono, las grasas y las proteínas, facilita la utilización de oxígeno en los tejidos de la piel y favorece la absorción del hierro. Ordinariamente las manifestaciones por carencia de riboflavina se acompañan de otras que se producen por la deficiencia dietética de vitaminas hidrosolubles.

### Funciones metabólicas

La riboflavina y el fosfato de riboflavina son componentes de dos coenzimas conocidas como *mononucleótido de flavina* (FMN) y el *adenin dinucleótido de flavina* (FDA), cuyas estructuras aparecen en la figura 5.11a y b. Estas coenzimas son el grupo prostético de las flavoproteínas que catalizan múltiples reacciones de oxidación-reducción y son indispensables en el metabolismo celular: al transportar hidrógeno en la transferencia mitocondrial de electrones; participan en el metabolismo energético y son eslabones imprescindibles de la cadena respiratoria. También actúan en la transferencia de hidrógeno durante los procesos oxidación celular, desempeñando un papel importante en el metabolismo al participar en la desaminación de la glicina y en la oxidación de los ácidos grasos.

### Absorción transporte y eliminación

La riboflavina se absorbe en el duodeno y el yeyuno por un sistema de transporte facilitado por un transportador saturable. Mediante un proceso de fosforilación, que ocurre en el enterocito, es convertido en mononucleótido de flavina para ser distribuido uniformemente en los tejidos, donde se le encuentra a una concentración baja. Se almacena en el hígado y el riñón en escasa cantidad.

Se excreta en la orina junto con sus metabolitos. Si la ingesta de esta vitamina se aproxima al requerimiento diario mínimo, sólo cerca de 9% de ella aparece en la orina; en cambio, si la cantidad ingerida excede la recomendación que se hace de ella aumenta su eliminación por vía renal. También se le encuentra en las heces, aun en circunstancias de una ingesta baja, por lo que se infiere que es sintetizada por bacterias del intestino; sin embargo, no hay ninguna prueba de que la vitamina sintetizada por microorganismos, pueda ser absorbida en el colon.

### Riboflavina (vitamina B<sub>2</sub>)<sup>10</sup>

#### Recomendación:

- Hombres, 14 a 70 años = 1.1 µg
- Mujeres, 14 a 70 años = 0.9 µg

Cantidad de algunos alimentos para cubrir las necesidades diarias de vitamina B<sub>2</sub>.

ALIMENTO	PESO	MEDIDA
· Hígado (cocido)	26 g	1 onza
· Corn Flakes	79 g	2.8 tazas
· Almendras	135 g	1 1/2 taza
· Huevo	254 g	4 piezas
· Espinaca (cocida)	471 g	2 1/2 tazas
· Yogurt	540 g	2 1/4 tazas
· Leche entera	660 mL	2 3/4 tazas
· Res (cocida)	412 g	13.5 onzas
· Plátano	1082 g	9 piezas



### Fuentes e ingesta recomendada

La riboflavina se encuentra disponible en pequeña cantidad, en una amplia variedad de alimentos: leche y derivados, yema de huevo, pescado, vegetales verdes, espárragos, aguacate, champiñones, nueces, carne, pollo, vísceras y granos enteros (60% de ella se pierde al convertir los granos en harina). Es estable al calor, la oxidación o la acidez, pero se destruye con facilidad en un medio alcalino y con la luz, especialmente por radiación ultravioleta. Durante la preparación y cocción de los alimentos, se pierde poca cantidad.

De manera semejante a la recomendación hecha para la tiamina, debido a la participación de la riboflavina en el metabolismo energético, una persona sana requiere en su alimentación diaria una cantidad que debe estar de acuerdo con la energía total de la dieta. Se estiman necesarios 0.6 µg de esta vitamina por cada 1000 kcal.

#### Deficiencia de riboflavina:

- Lagrimeo.
- Fotofobia.
- Inflamación de la mucosa bucal y lengua.
- Fisuras labiales.

### Deficiencia

La deficiencia de riboflavina suele manifestarse acompañada de otras carencias, sin embargo se atribuyen a ella: lagrimeo, ardor y comezón en los ojos, fotofobia, ardor en los labios e inflamación de la mucosa bucal y la lengua. Se considera que la lengua color “grosella”, la queilosis (fisuras en los labios), las fisuras angulares de la boca y los ojos, y la dermatitis en los pliegues nasolabiales, en el escroto o la vulva, son los signos que con mayor certeza indican la presencia de arriboflavinosis.

### Niacina

Niacina es el término genérico con el que se conoce al ácido nicotínico y a la nicotinamida. Aunque el ácido nicotínico era una sustancia conocida desde el siglo XIX y en 1911 Funk la había separado de la cascarilla del arroz, en 1937 se le reconoció como vitamina; en ese año Conrad Arnold Elvehjem y sus colaboradores probaron que el ácido nicotínico curaba a perros en los que experimentalmente se había reproducido una enfermedad análoga a la pelagra: la enfermedad de la “lengua negra”. El descubrimiento hizo pensar a Elvehjem que el ácido nicotínico era el factor que años antes Joseph Goldberger había llamado factor preventivo de la pelagra o factor P-P, que suponía estaba en un extracto de levadura con el que había tratado la pelagra que padecieron un grupo de presidiarios. Poco después se supo que el éxito se debía a que el triptófano es un precursor en la síntesis endógena de ácido nicotínico en el hígado.

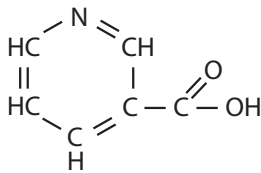


Figura 5.12 Ácido nicotínico.

Entre las numerosas funciones que cumple en el organismo se puede mencionar su participación en reacciones involucradas en el metabolismo energético, en la producción de glóbulos rojos y en la regulación de la síntesis de algunas hormonas (ACTH y STH). Fue la primera vitamina usada con propósitos farmacológicos, para reducir la síntesis de lípidos en la hipercolesterolemia.

### Funciones metabólicas

El ácido nicotínico o niacina, se obtiene de la transformación endógena del triptófano consumido en la dieta. La nicotinamida es la amida del ácido nicotínico que constituye el grupo prostético de dos coenzimas: la nicotinamida adenin-dinucleótido (NAD) y el fosfato de nicotin-adenin dinucleótido (NADP), que juegan un papel importante en los procesos de oxidación-reducción en la respiración celular. Participan además en procesos de biosíntesis en los tejidos. Las estructuras químicas de estos compuestos aparecen en la figura 5.12.

### Absorción, transporte y eliminación

El ácido nicotínico y la nicotinamida se absorben por difusión a lo largo del intestino delgado; después de cumplir su función sus metabolitos se eliminan por la orina.

## Niacina <sup>11</sup>

### Recomendación:

- Hombres, 14 a 18 años = 16 µg  
19 a 70 años = 13 µg
- Mujeres, 14 a 18 años = 14 µg  
19 a 70 años = 12 µg

Cantidad de algunos alimentos para cubrir las necesidades diarias de vitamina B<sub>3</sub>.

ALIMENTO	PESO	MEDIDA
· Hígado	110 g	3 1/2 onzas
· Pechuga de pollo (cocida, sin piel)	123 g	4 onzas
· Atún (enlatado)	136 g	4 1/2 onzas
· Trucha (asada)	181 g	6 onzas
· Salmón (cocido)	238 g	8 onzas
· Sardina (enlatada)	302 g	10 onzas

Cuando por razones terapéuticas se administra en dosis altas, aparece en la orina, pero sólo en pequeña cantidad. La reserva orgánica de esta vitamina es escasa y 15 a 30% de ella se le encuentra unida a proteínas.

Al ser metabolizada se transforma en N-metilnicotinamida. El metabolismo de esta vitamina es regulado por las células y ocurre de manera sistémica en el proceso de activación e inactivación de la enzima.

### Fuentes e ingesta recomendada

Se encuentra en la leche, queso, nueces, mantequilla de cacahuete, arroz, granos integrales, levadura de cerveza, leguminosas, carnes, aves, pescados y vísceras. El huevo tiene poca cantidad pero es rico en triptófano, como también algunos de los alimentos mencionados. Por esta razón las recomendaciones son satisfechas no sólo con niacina sino también por la síntesis endógena de esta vitamina a partir del triptófano; por eso las recomendaciones se dan en términos de equivalentes de niacina (EN): Un miligramo de niacina o 60 µg de triptófano equivalen a un EN. Con base en este criterio se recomienda una ingesta diaria de 6.6 EN por cada 1000 kcal de la dieta.

### Deficiencia

Alrededor de 50 a 60 días con una dieta deficiente, una persona manifiesta debilidad muscular, anorexia y dermatitis. Si la carencia en la dieta se prolonga, aparece la pelagra. Esta enfermedad se caracteriza por un síndrome identificado por “las tres D”: dermatitis, diarrea y demencia. La dermatitis se presenta principalmente en la piel expuesta a la radiación solar: se aprecia pigmentada, con fisuras y escamas. Su nombre significa, en lengua italiana, “piel áspera” (*pelle* = piel y *agra* = aspera).

## Ácido pantoténico

La presencia de ácido pantoténico en levaduras, se conoce desde hace poco más de seis décadas. Su nombre hace referencia a la extendida presencia en los alimentos, tanto de origen vegetal como animal (*pantos* = en todas partes). Se le ha reconocido como nutrimento indispensable en diversas especies de animales; en el hombre se sabe que juega un papel importante en la producción de hormonas adrenérgicas, neurotransmisores y anticuerpos, y conjuntamente con las vitaminas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, niacina y biotina, participa en el metabolismo energético e interviene en la producción de vitamina D, figura 5.13.

### Funciones metabólicas

Como componente de la coenzima A, participa en la activación y reacciones de transferencia de grupos acilo: los que son esenciales para la liberación de la energía de los hidratos de carbono: para la gluconeogénesis y para la síntesis de hormonas esteroideas, porfirinas y acetilcolina. Entre otras funciones metabólicas, interviene en la elongación de los ácidos grasos.

### Absorción, transporte y eliminación

La absorción del ácido pantoténico ocurre mediante un transportador dependiente del sodio. Es distribuido a todos los tejidos blandos en concentraciones que varían entre 2 y 45 µg por gramo. Por la cantidad ingerida y excretada, cabe inferir que no es metabolizada por el organismo. Cerca de 70% de lo ingerido se elimina por la orina. Una excreción urinaria menor a 1.0 µg/día se considera anormal en una persona adulta.

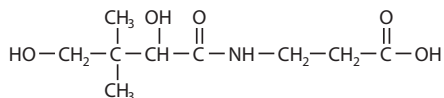


Figura 5.13 Ácido pantoténico.

## Ácido pantoténico <sup>12</sup>

### Recomendación:

- Hombres, 14 a 70 años = 5 mg
- Mujeres, 14 a 70 años = 5 mg

Cantidad de algunos alimentos para cubrir las necesidades diarias de vitamina B<sub>5</sub>.

ALIMENTO	PESO	MEDIDA
· Jalea real	10 g	1 C
· Cereales para desayuno (Corn-Flakes)	10 g	1/4 taza
· Semillas de girasol	70 g	1/2 taza
· Hígado de res (frito)	82 g	3 onzas
· Hongos	205 g	15 piezas
· Yogurt	800 mL	3 1/3 tazas
· Leguminosas	900 g	3 1/2 taza

## Fuentes e ingesta recomendada

Aunque esta vitamina está presente en una amplia variedad de alimentos, son fuentes generosas en la alimentación: el huevo, las carnes de res, cerdo, pollo y pescado; las vísceras: como riñones e hígado, la levadura de cerveza, la leche descremada y el brócoli.

Aunque se sabe que esta vitamina es necesaria para el organismo, no se conocen con precisión la cantidad que de ésta requiere, probablemente 4 µg a 7 µg son suficientes para satisfacer las necesidades diarias de una persona adulta.

## Deficiencia

En voluntarios humanos se ha documentado que una dieta que carece de ácido pantoténico da lugar a un síndrome caracterizado por fatiga, cefalea, náusea, vómito, parestesias, calambres, cólicos, insomnio, alteraciones de la coordinación motora, y mayor sensibilidad a los agentes infecciosos. Con una alimentación ordinaria no se han identificado manifestaciones atribuibles a deficiencia de esta vitamina.

## Piridoxina (vitamina B<sub>6</sub>)

En los años treinta se reconoció que el factor que prevenía ciertas lesiones dérmicas en ratas, por lo que Paul György propuso se le incluyera entre las vitaminas hidrosolubles identificada como B<sub>6</sub>, aislada en 1938 y poco después se conoció su estructura química, se sintetizó y se descubrieron tres formas de esta vitamina: *piridoxal*, *piridoxina* y *piridoxamina*, las tres igualmente efectivas, por lo que se les conoce genéricamente como vitamina B<sub>6</sub>. Participa en la absorción de grasas y proteínas; contribuye al balance correcto del sodio y potasio; interviene en la eritropoyesis, es un compuesto indispensable para el funcionamiento del sistema nervioso y para la síntesis de los ácidos nucleicos (ADN y ARN). Además, activa varias enzimas e interviene en la formación de anticuerpos, figura 5.14.

## Funciones metabólicas

Las formas fosforiladas de estos compuestos: fosfato de piridoxal y fosfato de piridoxamina, son las coenzimas que intervienen en las reacciones de transaminación: en la transferencia del grupo amino (NH<sub>2</sub>) de un aminoácido donante a una molécula receptora, para formar un nuevo aminoácido (como la cisteína). El fosfato de piridoxal es su forma activa.

Como coenzima, el fosfato de piridoxal interviene en varias reacciones metabólicas relacionadas con los aminoácidos; entre éstas cabe mencionar las de descarboxilación, transaminación y deaminación, así como en el metabolismo de los aminoácidos hidroxilados y en los sulfurados. Participa también en el metabolismo de los lípidos y de los ácidos nucleicos: en la conversión del triptófano en serotonina y de la metionina en cisteína. Es componente esencial de la fosforilasa del glucógeno.

## Absorción, transporte y eliminación

Sus tres formas químicas se absorben en la parte alta del intestino delgado. Después de la hidrólisis luminal, son absorbidas mediante un proceso de absorción pasiva no saturable. El hígado capta esta vitamina por la circulación porta, almacena una parte de ella y el resto se une a la albúmina para ser transportada en la sangre hacia los tejidos, particularmente a los músculos; estos almacenan la mitad de la vitamina en reserva. En la sangre, cerca de 60% de ésta se encuentra en forma de fosfato de piridoxal.

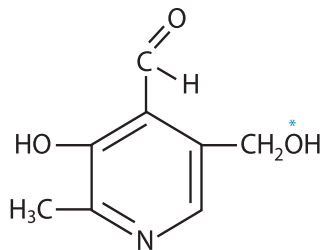


Figura 5.14 Vitamina B<sub>6</sub> (representada por piridoxal).

## Fuentes e ingesta recomendada

La piridoxina es una vitamina termolabile pero, sensible a la luz. Se le encuentra en muchos alimentos, sin embargo, caben destacar de ellos las levaduras, el germen de trigo, la carne de cerdo, el hígado, cereales enteros, leguminosas, papas, plátanos y avena. La biodisponibilidad es diferente en los alimentos de origen vegetal, respecto a los de procedencia animal: la piridoxina presente en los tejidos vegetales se encuentra unida a un betaglucósido que se absorbe, pero no se utiliza cabalmente. Los vegetales como papas, espinacas, frijoles y otras leguminosas, son ricos en este compuesto.

Las necesidades de vitamina B<sub>6</sub> aumentan conforme se eleva la ingesta de proteínas. Parece ser que una proporción adecuada entre ambas es de 0.016 µg/g de proteína. El requerimiento mínimo en adultos que consumen 100 g de proteínas es de 1.5 µg/día. Como margen de seguridad en adultos varones, se han sugerido 2 µg/día. Es pertinente hacer mención que hay cierta interacción bioquímica entre el fosfato de piridoxal y algunos medicamentos como la isoniazida, la hidrolazina, la cicloerina y la penicilaminina. Todos ellos se consideran antagonistas de esta vitamina.

### Deficiencia

La deficiencia de piridoxina ocurre rara vez: generalmente se le encuentra asociada a la carencia de otras vitaminas del complejo B; también se llega a observar en personas que son tratadas por tuberculosis con isoniacida. En 1950 cobró importancia la carencia de esta vitamina: después de que niños lactantes fueron afectados por una extraña enfermedad caracterizada por convulsiones epilépticas, trazos electroencefalográficos anormales, anemia y dermatitis; todos ellos habían sido alimentados con fórmulas lácteas sobre esterilizadas, de tal manera que la vitamina B<sub>6</sub> había sido destruida. Al ser tratados con piridoxina remitieron los síntomas y se normalizó el electroencefalograma. Esta fue suficiente evidencia para considerar su trascendencia biológica.

## Biotina

La estructura química de la biotina y las manifestaciones que por carencia de ésta en la dieta se presentan en sujetos voluntarios, se conocen desde hace sesenta años. Es un factor de crecimiento presente en las células de tejidos animales y vegetales. Se le encuentra en dos formas químicas: como vitamina libre y como coenzima; esta última, unida a una proteína, recibe el nombre de biocitina. Ambas formas se encuentran en una amplia variedad de alimentos: son estables al calor, solubles en el agua y el alcohol, y susceptibles a la oxidación. La biotina es sintetizada por bacterias que habitan en el intestino del hombre y de varias especies animales, figura 5.15.

### Funciones metabólicas

Ejerce su función metabólica como coenzima, actuando en reacciones en las que el dióxido de carbono es transferido de una molécula a otra. Por su capacidad de fijar el dióxido de carbono, juega un papel importante en el metabolismo de los hidratos de carbono, las grasas y las proteínas. La biotina es requerida en la síntesis y oxidación de los ácidos grasos, y participa con el ácido fólico, el ácido pantoténico y la vitamina B<sub>12</sub> en diversas reacciones metabólicas.

### Absorción, transporte y eliminación

La biocitina es liberada de su proteína por acción de la biotinasasa que está presente en la membrana del enterocito; una vez liberada se suma a la vitamina libre, que está disponible en los alimentos, para ser absorbida en el yeyuno. El paso de esta vitamina por la membrana

## Piridoxina <sup>13</sup>

### Recomendación:

- Hombres, 14 a 50 años = 1.1 µg
- Mujeres, 14 a 50 años = 1 µg

Cantidad de algunos alimentos para cubrir las necesidades diarias de vitamina B<sub>6</sub>.

ALIMENTO	PESO	MEDIDA
· Hígado (cocido)	78 g	2 3/4 onzas
· Plátano	190 g	1 1/2 pieza
· Papa (cocida, con cáscara)	317 g	1 1/2 pieza
· Corn Flakes	64 g	2 1/4 taza
· Pechuga de pollo (cocida, sin piel)	194 g	6 1/2 onzas
· Pasitas	400 g	2 3/4 taza
· Aguacate	366 g	1 3/4 pieza
· Brócoli (cocido, picado)	780 g	5 tazas

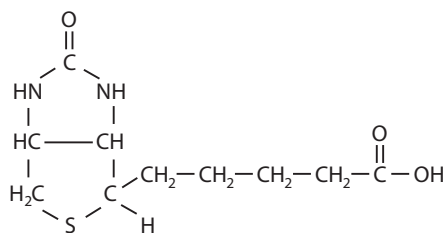


Figura 5.15 Biotina.

de las células epiteliales del intestino delgado, ocurre contra un gradiente de concentración, mediante un mecanismo de transporte activo que es mediado por el sodio. Se piensa que la vitamina sintetizada por las bacterias es absorbida en el intestino grueso. Circula en la sangre en su forma libre y se elimina por las heces y la orina en mayor cantidad a la ingerida en la dieta.

### Fuente e ingesta recomendada

Biotina <sup>14</sup>		
<b>Recomendación:</b>		
· Hombres, 19 a 70 años = 30 µg		
· Mujeres, 19 a 70 años = 30 µg		
<b>Cantidad de algunos alimentos para cubrir las necesidades diarias de Biotina.</b>		
ALIMENTO	PESO	MEDIDA
· Crema de cacahuete	36 g	2 C
· Hígado (cocido)	72 g	2 1/2 onzas
· Gérmen de trigo	130 g	1 taza
· Huevo	160 g	3 piezas
· Yogurt	972 g	4 tazas

A pesar de que esta vitamina se encuentra en una extensa variedad de alimentos, se desconoce su biodisponibilidad y la contribución que las bacterias intestinales hacen a la demanda cotidiana. Es por eso que aún no se establecen recomendaciones diarias para la biotina, aunque se estima que en niños pueden ser del orden de 10 a 30 µg/día y en adultos entre 30 y 100 µg/día. Los alimentos que la contienen en mayor proporción son: levaduras, hígado y frijol soya. El huevo contiene una cantidad razonablemente alta (20 µg/100 g), pero se encuentra fuertemente unida, y consecuentemente inactivada, con una glucoproteína termolábil de la clara, conocida como avidina, por lo que no es aconsejable que el huevo sea consumido crudo. La avidina resiste la hidrólisis de las enzimas proteolíticas por lo que capta la biotina libre y la producida por las bacterias evitando su absorción.<sup>15</sup>

### Deficiencia

Aunque las bacterias parecen ser eficientes en la producción de biotina se le considera un nutrimento esencial para el organismo desde que Sydenstricker y sus colaboradores observaron por 10 semanas la aparición de manifestaciones asociadas a la carencia de biotina en la dieta, en un grupo de voluntarios. Estas personas presentaron: dermatitis escamosa, resequedad de la piel, atrofia de las papilas linguales, dolores musculares, parestesias, anorexia, náusea, depresión, hipercolesterolemia y anomalías en el electrocardiograma. Todos estas cedieron con la administración de 150 a 300 µcg de biotina por 3 a 5 días. En los niños lactantes la deficiencia se manifiesta con dermatitis seborreica y alopecia.

### Ácido fólico

El ácido fólico, conocido también como folato o folacina, recibe este nombre por haber sido identificado en las hojas (*folium* = hoja) de vegetales verdes (espinacas), aunque también otros investigadores encontraron que algunos pigmentos de las alas de las mariposas tenían una estructura química (que llamaron pterinos: de *pteri* = ala) que resultó ser similar al ácido fólico o pterilglutámico, como también se le conoce.

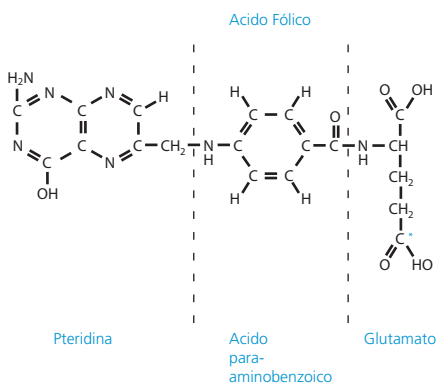


Figura 5.16 Ácido fólico.

Su identificación en las hojas de vegetales ocurrió después de que durante largo tiempo se buscó el factor extrínseco asociado a la anemia megaloblástica y se pudo reconocer que la presencia de megaloblastos (glóbulos rojos inmaduros) en la sangre de las mujeres con partos repetidos a cortos intervalos, cedía con un tratamiento a base de una levadura, y que el factor contenido en ella se encontraba también en el hígado. Entre 1943 y 1946, el ácido fólico fue cristalizado a partir del hígado; luego fue purificado, se identificó su estructura química y finalmente fue sintetizado, figura 5.16.

### Funciones metabólicas

Su estructura consiste en tres partes químicas: una formada por un núcleo pteridina, otra por el ácido paraaminobenzoico y la última en la que puede haber una o más moléculas de ácido glutámico, o glutamato (aminoácido): si sólo tiene una se le llama folatomonoglutamato, sin embargo 90% de los folatos de los alimentos contienen de 3 a 11 glutamatos, por lo que suele hablarse de ellos como poliglutamatos. Cualquiera de estas formas

químicas del folato presente en las células requiere ser activado: se han identificado cinco coenzimas activas del ácido tetrahidrofólico que participan en varias reacciones metabólicas, ya sea aceptando o donando unidades de carbono. Otro compuesto en cuya biosíntesis interviene es en la S-adenosilmetionina, el cual está involucrado la producción de neurotransmisores.

Esta vitamina juega un papel importante en la síntesis de las purinas, guanina y adenina, y de la piridina, timina, participando en la síntesis de los ácidos desoxirribonucleico (ADN) y ribonucleico (ARN), sustancias indispensables en el proceso de maduración celular.

El ácido fólico es esencial en la maduración de los eritrocitos y los leucocitos, e indispensable para que durante la fase embrionaria (al final de la cuarta semana de la concepción) se cierre el tubo neural. La deficiencia de folato en la madre pone al niño en gestación a mayor riesgo de nacer con un defecto congénito (espina bífida o anencefalia). Por la interacción bioquímica entre el folato y la vitamina B<sub>12</sub>, los síntomas y signos clínicos de deficiencia en ambas vitaminas son semejantes.

### **Absorción, transporte y excreción**

La absorción de folatos se realiza en la porción proximal del intestino delgado. Su transporte a través de la membrana de las células se hace por un mecanismo de transporte activo mediado por un acarreador, al parecer, dependiente de glucosa o galactosa. Para la absorción de los poliglutamatos del folato, deben ser hidrolizados en el lumen a monoglutamatos en el lumen. Se absorbe alrededor de 70 a 85% del monoglutamato de la dieta. La presencia intraluminal de alcohol inhibe las conjugasas, por lo que los poliglutamatos no son hidrolizados y consecuentemente hay una pobre absorción de folatos. Del folato absorbido por una persona sana, 5 a 10 µg se almacenan, de ellos la mitad se encuentra en el hígado, en forma de poliglutamatos. La excreción acontece por la orina y por la bilis.

### **Fuentes e ingesta recomendada**

Aunque el folato se encuentra en una amplia variedad de alimentos, entre ellos cabe destacar los siguientes: hígado, riñón, frijoles, verduras frescas de hojas oscuras y de ellas la espinaca, espárragos y brócoli. Son también buenas fuentes: la carne magra, las papas, el pan integral, los frijoles, el jugo de naranja y las ensaladas verdes. Las diferentes formas (cerca de 150) de folatos que se encuentran en los alimentos, son susceptibles de ser destruidas por calor, luz ultravioleta y oxidación. La presencia de vitamina C evita que sean oxidados.

Así, pues, entre 25 y 50% de los folatos de la dieta están biodisponibles, ya que casi la mitad se destruyen durante la preparación de éstos. Las bacterias intestinales sintetizan una buena cantidad del folatos que se suman a los de los alimentos. La recomendación diaria es de poco más 3 µg/kg de peso corporal pero, al igual que en otras vitaminas, se sugiere una cantidad adicional durante el embarazo y la lactancia; en las mujeres en edad reproductiva, que piensan embarazarse, se recomiendan un suplemento de 400 µg diarios.

### **Deficiencia**

Como es lógico suponer: por su contribución en metabolismo del ADN, la deficiencia de ácido fólico es particularmente perceptible en las células que tienen mayor velocidad de recambio: eritrocitos, leucocitos y células epiteliales del intestino, vagina y cérvix uterino. Después de 7 a 16 semanas de agotarse las reservas, en personas sometidas voluntariamente a una dieta libre en folatos, se pueden observar las mani-

#### **Ácido Fólico <sup>16</sup>**

##### **Recomendación:**

- Hombres, 19 a 70 años = 460 µg
- Mujeres, 19 a 70 años = 460 µg

*Cantidad de algunos alimentos para cubrir las necesidades diarias de Folato.*

ALIMENTO	PESO	MEDIDA
· Hígado de pollo (cocido)	60 g	2 onzas
· Cacahuates frescos	192 g	1 1/3 taza
· Semillas de girasol	194 g	1 1/2 taza
· Hígado de res (cocido)	209 g	7.5 onzas
· Espinaca fresca	236 g	4 1/4 taza
· Espárragos (cocidos)	254 g	2 tazas
· Frijoles negros (cocidos)	309 g	1 3/4 taza
· Betabel (cocido)	575 g	3 1/4 taza
· Jugo de naranja	1530 mL	6 1/3 taza

festaciones debidas a la deficiencia, como: glóbulos rojos inmaduros (de gran tamaño: megaloblastos) que dan lugar a eritrocitos de mayor diámetro (macroцитos) y, en los leucocitos, aumento de la población de polimorfonucleares segmentados. Estas anomalías caracterizan la enfermedad conocida como *anemia megaloblástica*.

Las alteraciones en la división de las células epiteliales también se aprecian en el intestino con atrofia de las vellosidades; esto da lugar a que disminuya la superficie disponible para la absorción, por lo que los enfermos puede tener diarrea persistente. Además de la anemia macrocítica y de la diarrea, se llegó a observar estomatitis y glositis (inflamación de la lengua), la piel se puede ver pigmentada y en los niños hay disminución en la velocidad del crecimiento corporal.

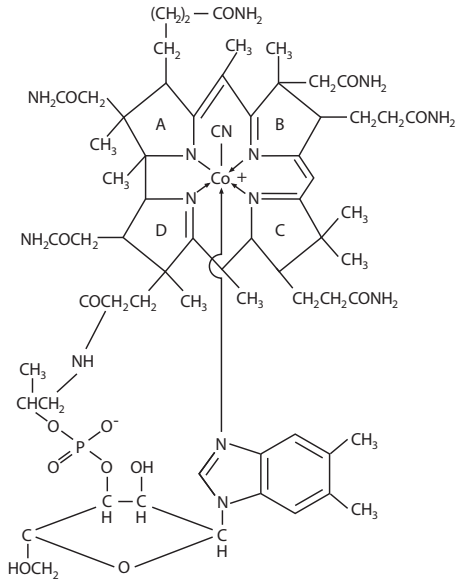


Figura 5.17 Vitamina B<sub>12</sub> (cianocobalamina).

### Cobalamina (vitamina B<sub>12</sub>)

La vitamina B<sub>12</sub> o cianocobalamina, como el ácido pterilglutámico, se encuentra en los alimentos y en los tejidos humanos en una cantidad tan insignificante que por largo tiempo fue difícil su identificación. Desde 1926 se sabía que la anemia perniciosa podía ser curada con una dieta normal en la que el mayor aporte de las proteínas de origen animal, proviniesen del hígado (por esta contribución los autores recibieron el Premio Nóbel de Medicina en 1934), lo que hacía pensar que el factor asociado a la enfermedad se encontraba en el hígado. Sin embargo, la escasa cantidad de vitamina presente en este tejido dificultó su aislamiento, hasta que en 1948, mediante ensayos microbiológicos, se obtuvo a partir del factor requerido para su crecimiento por el *Lactobacillus lactis* Dorner. Su fórmula estructural fue identificada en 1963 (los autores lograron también el Premio Nobel de Química en 1964). Su compleja estructura tiene la particularidad de contener cobalto. Ahora se sabe que todos los compuestos de la vitamina B<sub>12</sub> son sintetizados sólo por bacterias, hongos y algas, la única fuente confiable para el hombre son los alimentos de origen animal, figura 5.17.

### Funciones metabólicas

La vitamina B<sub>12</sub> es indispensable para el transporte y almacenamiento de folato así como para el metabolismo de ácidos grasos y aminoácidos. Ligada funcionalmente al folato, interviene en la síntesis de ácidos nucleicos y consecuenemente en el proceso de maduración celular. Ambas vitaminas: B<sub>12</sub> y folato están presentes en el organismo (y en los alimentos) en forma de coenzimas metabólicamente reducidas, frecuentemente ligadas a un péptido (la vitamina B<sub>12</sub>) o a glutamatos (el folato); sus formas activas son destruidas por oxidación. Las coenzimas reducidas son activadas en las células a formas metabólicamente activas. Participa en varias reacciones metabólicas, de ellas cabe mencionar la transferencia a la vitamina B<sub>12</sub> de un grupo metilo (-CH<sub>3</sub>) de la coenzima del ácido tetrahidrofólico (ATHF), que luego transfiere a la homocisteína para la síntesis de metionina. Por eso la deficiencia de vitamina B<sub>12</sub> contribuye a la deficiencia de folato y ambas se manifiestan clínicamente de la misma manera. Cabe, sin embargo, señalar que la vitamina B<sub>12</sub> tiene un papel importante en el mantenimiento de la vaina de mielina que recubre los nervios periféricos, especialmente en áreas próximas a la médula espinal.

### Absorción, transporte y excreción

La vitamina B<sub>12</sub> es liberada de los alimentos para unirse a una sustancia conocida como *proteína-R* secretada en la saliva: que la protegerá de las bacterias intestinales. Una vez en el estómago, las células parietales secretan una glucoproteína conocida como *factor intrínseco*. Al pasar el bolo alimenticio al intestino delgado las proteasas pancreáticas separan a la proteína R de la vitamina; la vitamina liberada se une al factor intrínseco y el complejo vitamina B<sub>12</sub> —factor intrínseco llega finalmente a la porción terminal

#### Funciones metabólicas de la vitamina B<sub>12</sub>.

- Transporte y almacenamiento del folato.
- Metabolismo de ácidos grasos y aminoácidos.
- Síntesis de ácidos nucleicos.

### Cobalamina (vitamina B<sub>12</sub>)<sup>17</sup>

#### Recomendación:

- Hombres, 19 a 50 años = 2.4 µg  
50 + años = 3.6 µg
- Mujeres, 19 a 50 años = 2.4 µg  
50 + años = 3.6 µg

Cantidad de algunos alimentos para cubrir las necesidades diarias de vitamina B<sub>12</sub>.

ALIMENTO	PESO	MEDIDA
· Leche descremada	662 mL	2 3/4 tazas
· Bran Flakes	45 g	1 1/5 taza
· Atún (enlatado, con agua)	90 g	3 onzas
· Res (cocida)	90 g	3 onzas
· Huevo	200 g	4 piezas
· Queso cottage	313 g	11 onzas

del íleon donde las células epiteliales tienen receptores para esta vitamina. Una vez absorbida se une a una proteína transportadora (transcobalamina II) con la que viaja por la sangre a los tejidos, particularmente al hígado donde se almacena (50 a 90%) y en menor proporción en el riñón; de estos sitios es llevada a la médula ósea, a los eritrocitos y al resto de los tejidos que requieren su presencia. Una persona adulta tiene en reserva alrededor de 2000 µg. La circulación enterohepática contribuye a reciclar la vitamina B<sub>12</sub> secretada por la bilis; por otra parte, su absorción intestinal a partir de la dieta, depende de las necesidades del organismo: la proporción absorbida puede variar entre 15 y 70%. La B<sub>12</sub> es producida por las bacterias del colon, pero no se absorbe en este segmento intestinal.

#### Fuentes e ingesta recomendada

Los alimentos de origen animal son la principal fuente de esta vitamina B<sub>12</sub>; carnes, vísceras, pescado, pollos, huevo, productos lácteos son alimentos que proveen ésta; ellos a su vez la obtienen a partir de síntesis bacteriana. Los vegetales carecen de ella; cuando se le encuentra por la contaminación bacteriana. Entre 40 y 90% de la vitamina de la leche se pierde durante la pasteurización o en el proceso de evaporación. Las recomendación diaria para un adulto es de 2 µg.

#### Deficiencia

La deficiencia primaria de vitamina B<sub>12</sub> depende del predominio de alimentos en la dieta diaria; en las personas vegetarianas estrictas, que omiten no solo la carne sino también otros productos de origen animal, como leche, lácteos y huevos.

De manera secundaria, la deficiencia se puede presentar por causas que interfieran con su absorción, sea por ausencia congénita o adquirida del factor intrínseco o de la proteína-R (por una gastrectomía), o bien por la inadecuada producción de estos compuestos o por deficiente acidez gástrica (por uso de medicamentos antiulcerosos) o por sobrepoblación bacteriana del intestino delgado, resección de la porción terminal del hígado, parasitosis por gusanos planos, y algunas otras causas. En todo caso, la deficiencia se manifiesta después de que las reservas se agotan, lo que suele ocurrir después de varios años que según la edad pueden variar entre 3 y 6 años.

La “anemia perniciosa”, caracterizada por anomalías en la división celular debidas al trastorno en la síntesis del ADN, se manifiesta con anemia macrocítica, glositis, hipoespermia, distorsión de la morfología de la mucosa intestinal y diarrea. Los síntomas neurológicos son entumecimiento de los miembros, sensación de hormigueo, ardor de los pies y debilidad generalizada de las piernas.

### Ácido Ascórbico (vitamina C)

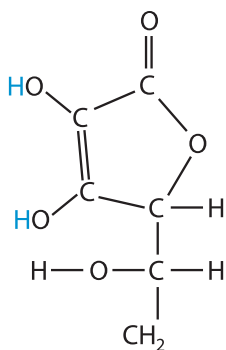


Figura 5.18 Ácido Ascórbico (reducido).

En mayo de 1747, navegando a bordo del *Salisbury*, James Lind probó que el empleo del zumo de cítricos (limones) curaba la enfermedad que por siglos era conocida con el nombre de escorbuto, y que la fruta fresca y las verduras evitaban la enfermedad. Entre 1772 y 1775, el capitán James Cook mantuvo a su tripulación libre de escorbuto durante su histórico viaje, mediante una alimentación que incluía col ácida, desterrando el temor de la enfermedad entre los marinos. Así, el Estado Mayor de la Marina Inglesa introdujo la costumbre de proveer zumo de limón (lima) en la dieta diaria de sus marineros, figura 5.18.

A pesar de estas experiencias fue necesario que transcurrieran dos siglos para que en 1928 Albert Szent-György aislara, en coles y jugo de naranja una sustancia que llamó



*ácido hexaurónico*: que permitía transferir átomos de hidrógeno de un compuesto a otro. Dos años después, en 1930, Glen King identificaba el mismo compuesto en el zumo de limones, cuya estructura química y síntesis se obtuvo en 1933.

La vitamina C o ácido L-ascórbico, es un compuesto activo, soluble en el agua, cuya fórmula empírica es:  $C_6H_8O_6$ . Es una hexosa emparentada con los monosacáridos, se le encuentra en forma reducida como ácido ascórbico y en forma oxidada (ácido dehidroascórbico), ambas son intercambiables y biológicamente activas. Las plantas y la generalidad de los animales mamíferos sintetizan vitamina C a partir de la glucosa y galactosa, pero los humanos, monos, murciélagos, algunas aves y cobayos, son incapaces de producirlo.

### ***Funciones metabólicas***

La vitamina C funciona como antioxidante hidrosoluble y como coenzima. Su habilidad para ceder o aceptar átomos de hidrógeno le confieren una función esencial en el organismo: actúa como sustancia reductora donando electrones (oxidándose): por ejemplo, al donar electrones al hierro en su forma oxidada (ión férrico  $Fe^{3+}$ ) o manteniéndolo en su forma reducida (ión ferroso  $Fe^{2+}$ ). Protege a los lípidos de la peroxidación, al destruir los radicales *peroxilo* en la fase acuosa, antes de que puedan iniciar la peroxidación, e interviene protegiendo a los folatos y regenerando la forma activa de la vitamina E que es el antioxidante lipofílico más importante. Previene el daño vascular que producen los radicales libres, evitando la oxidación del colesterol y la formación de placas ateroscleróticas.

Es indispensable en la reacción de hidroxilación de la prolina para la síntesis de colágena y para la hidroxilación del triptofano a 5-hidroxitriptofano, en la síntesis de serotonina. Favorece la absorción intestinal del hierro no hemático de origen vegetal, y participa en la síntesis de las hormonas tiroideas y adrenales. Provee el cemento que mantiene a las estructuras biológicas.

### ***Absorción, transporte y excreción***

El ácido ascórbico se absorbe en el intestino delgado por un mecanismo de transporte activo dependiente de energía, que es saturable. Cuando la ingestión es menor de 30  $\mu\text{g}/\text{día}$  su absorción es completa; pero si se ingieren de 30 a 180  $\mu\text{g}/\text{día}$  su absorción es de 70 a 90%. Con una megadosis de 1 a 1.5 g la absorción llega a ser de 50%. Dietas ricas en zinc y pectina interfieren con su absorción. Su transporte a los tejidos se hace con facilidad, encontrándose en ellos pero especialmente en las glándulas pituitaria y adrenales, en los leucocitos y el cerebro. Una vez que se saturan los tejidos (lo que se logra con 150  $\mu\text{g}/\text{día}$ ) se elimina como ácido oxálico por la orina; cuando se excede esta cantidad el ácido ascórbico aparece libre en la orina. También se puede excretar por las heces. La reserva de esta vitamina cubre las necesidades de una persona normal por cuatro semanas.

### ***Fuentes e ingesta recomendada***

Los vegetales frescos y las frutas son fuentes ricas de vitamina C, particularmente los cítricos (naranja, mandarina, toronja, limón), guayaba, fresas, papaya, col, brócoli, coliflor, tomate, entre otras. Los vegetales, crudos o cocidos en poca agua y servidos de inmediato preservan esta vitamina. Una medida recomendable es tratar de incluir en la dieta de 2 a 4 frutas y de 3 a 5 verduras al día. De esta manera se asegura la ingesta recomendada de 60  $\mu\text{g}/\text{día}$  en un adulto sano que no fuma ni toma anticonceptivos orales, ya que de hacer cualquiera de estas dos cosas precisa 100  $\mu\text{g}/\text{día}$ .

#### **Ácido Ascórbico (vitamina C) <sup>18</sup>**

##### **Recomendación:**

- Hombres, 19 a 70 años = 84  $\mu\text{g}$
- Mujeres, 19 a 70 años = 75  $\mu\text{g}$

*Cantidad de algunos alimentos para cubrir las necesidades diarias de vitamina C.*

ALIMENTO	PESO	MEDIDA
· Chile poblano	23 g	1/3 pieza
· Guayaba	46 g	1 pieza
· Kiwi	87 g	1 pieza
· Zapote negro	102 g	1/3 taza
· Mandarina	117 g	1 pieza
· Naranja	118 g	1 pieza
· Brócoli (cocido)	112 g	3/4 taza
· Fresa	148 g	1 taza
· Toronja	158 g	1 pieza
· Limón	180 g	Jugo de 4 limones

## Deficiencia

La deficiencia extrema de esta vitamina es rara: cuando se encuentra un enfermo con escorbuto suele tratarse de una persona socialmente marginada, un anciano o un niño pequeño. En ese caso, las manifestaciones clínicas de esta enfermedad son inflamación y sangrado fácil de las encías, pérdida de piezas dentales, hiperqueratosis folicular (foliculos pilosos prominentes), piel seca, xerosis (resequedad) de las mucosas, dolores musculares y de las articulaciones. Sangran fácilmente y las heridas cicatrizan con dificultad. De los 20 a 40 días después de que las reservas de esta vitamina se agotan, la concentración del ácido ascórbico en la sangre es menor a 0.2 µg/dl.

## LAS VITAMINAS EN SU FUNCIÓN ANTIOXIDANTE

### AGENTES OXIDANTES

### ANTIOXIDANTES, NEUTRALIZADORES, INACTIVADORES

Peróxidos	Glutación peroxidasa (seleno-proteína)
Superóxidos	Superóxido dismutasa (enzima que contiene zinc, cobre o manganeso)
Radicales libres*	Fitoquímicos**: vitamina C, vitamina E, carotenoides

Tabla 5.1 Las vitaminas como antioxidantes .....

\*Radicales libres: son compuestos reactivos con electrones impares, que empiezan reacciones de oxidación en cadena, creando un estrés oxidativo, cuyos efectos a la salud pueden ser: ecv, cáncer, envejecimiento, artritis, entre otros, así como afectar la función inmune.

\*\*Fitoquímicos: son compuestos producidos por las plantas que les sirven para protegerse de estresores externos. Podría decirse que son análogos del sistema inmune del organismo humano. Entre ellos se encuentran: carotenoides (en frutas y verduras naranjas, rojas y amarillas); flavonoides (en cítricos, cebolla, uvas, vino); isoflavonas (en el frijol de soja); fitoesteroles (en leguminosas, pepino); capsaicina (en el chile); indoles (en brócoli, coliflor); fructoligosacáridos (en naranjas, plátano, cebolla); saponinas (en el ajo y la cebolla).

### Referencias:

<sup>1</sup> Asimov I. *Introducción a la ciencia*. Barcelona: Plaza & janes. 1968, pp. 644-59.

<sup>2</sup> Semba RD. *Vitamin A and immunity to viral, bacterial, protozoan infections*. Proc Nutr Soc 1999; 58(3):719-27.

<sup>3</sup> Ross AC, Hammerling UG. Retinoids and immune system. En: Sporn MB, Roberts AB and Goodman DS ds. *The retinoids biology, chemistry and medicine* 2 ed. New York: Raven, 1994; 521-43.

<sup>4</sup> Wandlaw, G. Hamel J., Disilvestro R., *Perspectives in Nutrition Gth*. ed. McGraw-Hill, Nueva York, 2004.

Para recomendaciones nutrimentales:

<sup>5</sup> Bourges H, Casanueva E, Rosado J. ed. *Recomendaciones de ingestión de nutrimentos para la población mexicana* tomo 1. México: Editorial Médica Panamericana 2005.

<sup>6</sup> Bourges pag, 46 ibidem tabla. Vitamina D

<sup>7</sup> Bourges pag, 48 ibidem tabla. Vitamina E

<sup>8</sup> Bourges pag, 49 ibidem tabla. Vitamina K

<sup>9</sup> Bourges pag, 51 ibidem tabla. Vitamina B1

<sup>10</sup> Bourges pag, 52 ibidem tabla. Vitamina B2

<sup>11</sup> Bourges pag, 54 ibidem tabla Niacina

<sup>12</sup> Bourges pag, 55 ibidem tabla. Ácido pantoténico

<sup>13</sup> Bourges pag, 56 ibidem tabla. Piridoxina

<sup>14</sup> *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fattyacids, Cholesterol, Protein and Aminoacids* (Macronutrients), 2005. *Food and Nutrition Board*.

[www.nap.edu/catalog/10490.html](http://www.nap.edu/catalog/10490.html)

<sup>15</sup> A.R. Tovar ed. *Los micronutrimientos. Aspectos teóricos y prácticos*. México: Fundación Mexicana para la Salud. 2006.

<sup>16</sup> Bourges pag, 58 ibidem tabla. Ácido fólico

<sup>17</sup> Bourges pag, 60 ibidem tabla. Vitamina B12

<sup>18</sup> Bourges pag, 61 ibidem tabla. Vitamina C

Para contenido nutrimental de los alimentos:

• Food and Nutrition Information Center: [www.nal.usda.gov/fnic](http://www.nal.usda.gov/fnic)

Nutritive value of foods.

• Muñoz de Chávez M, Chávez Villasana A, Roldán Amaro J, Ledesma Solano J. *Tablas de Valor Nutritivo de los Alimentos de mayor consumo en Latinoamérica*. Instituto Nacional de Nutrición Salvador Zubirán. Editorial Pax México, 1996.

# 6 Minerales

---



# 6 Minerales

Entre las sustancias que intervienen en los fenómenos bioquímicos que caracterizan a los seres multicelulares hay un grupo de elementos minerales que son indispensables en numerosas funciones biológicas: a la vez que son parte integral de sus estructuras somáticas, participan en los tejidos y líquidos corporales, regulan el equilibrio electroquímico, activan reacciones bioquímicas, facilitan la transmisión nerviosa y controlan numerosos fenómenos fisiológicos indispensables para la vida.

## Clasificación

En nutrición humana, los minerales o nutrimentos inorgánicos se clasifican de acuerdo con la cantidad que de ellos requiere una persona sana para satisfacer sus necesidades cotidianas. A diferencia de las recomendaciones diarias de vitaminas, que varían entre microgramos y dos dígitos de miligramo, las necesidades diarias de los minerales van de los microgramos a una o varias centenas de miligramos. Cuando las necesidades de ellos pasan de 100  $\mu\text{g}$  se les clasifica como *minerales mayores* o *macroelementos* y si éstas son menores de 100  $\mu\text{g}$  se les conoce como *minerales menores*, *minerales traza* o *microelementos*. A algunos de los minerales cuya función nutrimental se desconoce, o aún no es bien conocida, se les incluye en un grupo de *función desconocida*. De acuerdo con estos conceptos se les clasifica en la tabla 6.1 de la siguiente manera:

MINERALES MAYORES	MINERALES MENORES	MINERALES DE FUNCIÓN DESCONOCIDA
Calcio (Ca)	Hierro (Fe)	Silicio (Si)
Fósforo (P)	Zinc (Zn)	Vanadio (V)
Magnesio (Mg)	Yodo (I)	Estaño (Sn)
Sodio (Na)	Cobre (Cu)	Niquel (Ni)
Potasio (K)	Manganeso (Mn)	Boro (B)
Cloro (Cl)	Fluor (F)	
Azufre (S)	Cromo (Cr)	
	Selenio (Se)	
	Molibdeno (Mo)	

Tabla 6.1 Clasificación de los Minerales

## Composición corporal

Los elementos químicos del cuerpo humano son, en proporción decreciente, oxígeno, carbono, hidrógeno, calcio, fósforo, cloro, potasio, azufre, sodio y magnesio. Los siete últimos, clasificados como *minerales mayores*, representan, según la complejión de una persona adulta, entre 2.3 y 3.0 kilogramos de su peso corporal, mientras los *minerales menores* o *minerales traza* participan en el peso total con alrededor 6 g.

En una persona adulta 4 a 5% del peso corporal se debe a los minerales. De ellos entre 1.5 y 2.2% corresponden al calcio y 0.8 a 1.2% al fósforo. El resto de los elementos traza se encuentran en menor cantidad por lo que su participación en el porcentaje del peso corporal es cuantitativamente intrascendente.

### Calcio

De los minerales mayores en el organismo, el calcio es el más abundante: una persona adulta tiene entre 1200 y 1400 gramos; 99% de esta cantidad se encuentra en los huesos y en los dientes, y 1% en los líquidos corporales y en las células.

### Funciones

Las funciones que cumple el calcio en el organismo dependen de la naturaleza de los tejidos: según que estos sean duros, como los huesos y dientes; blandos como las células del epitelio intestinal; o se encuentre en los líquidos intersticiales, en el interior de las células, o en la sangre. A un lado de su importancia como elemento principal en la estructura ósea, participa en la coagulación de la sangre, en la contracción y relajación de las fibras musculares, en la trasmisión de impulsos nerviosos, en la permeabilidad de las membranas celulares y en numerosas reacciones enzimáticas.

### *El calcio en tejido óseo*

El calcio es el sustrato principal para la construcción y mantenimiento del esqueleto óseo. Durante la niñez, la aposición de calcio se traduce en el crecimiento longitudinal de los niños, lo que representa un balance positivo entre la ganancia de calcio ingerido en la dieta que es absorbido y retenido por el organismo y la cantidad que es eliminada diariamente. Teóricamente, en los adultos sanos, sin considerar en ellos a las mujeres embarazadas o lactando, el calcio suele encontrarse en una situación de equilibrio entre ganancias y pérdidas, en cambio los ancianos muestran un balance negativo.

Una parte importante del calcio de los huesos permanece estable y el resto se encuentra disponible en un espacio óseo donde es fácilmente intercambiable, de tal manera que contribuye a la homeostasis del calcio sanguíneo asegurando así su participación en varias funciones metabólicas. Para esto se encuentra disponible la fracción de calcio intercambiable almacenada en las trabéculas de la porción esponjosa de los huesos que es irrigada por vasos sanguíneos. En condiciones de balance negativo —por no satisfacer la demanda o mayor pérdida de este mineral— el calcio intercambiable es movilizado para cubrir las exigencias de crecimiento corporal, del embarazo o de la lactación, o bien, sólo para mantener constante el calcio disponible en la sangre. En circunstancias de un prolongado o permanente balance negativo la reserva de calcio de la fracción intercambiable se agota, por lo que se obtiene de la fracción estable; ante esta circunstancia los huesos adquieren la fragilidad que los caracteriza cuando tienen osteoporosis. El calcio es, pues, ordinariamente incorporado y removido de los huesos. Participan en esta constante actividad dos tipos de células del tejido óseo: los *osteoclastos* y los *osteoblastos*. Mientras los osteoblastos incorporan el mineral a los huesos los osteoclastos de la porción esponjosa lo liberan (resorción) hacia la sangre, según la situación homeostática que prevalezca en el organismo.

El crecimiento de los huesos largos ocurre a partir de las células cartilaginosas que se hayan en los extremos de estos huesos (epífisis), conocidas como *osteoblastos*. Mientras el calcio que se encuentra en estas células es removido fácilmente, en respuesta a los mecanismos reguladores. El fosfato de calcio es hidroxilado, por lo que las células se transforman en *osteocitos* caracterizados por tener cristales de hidroxiapatita de calcio  $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{OH}_2]$ ; es la acreción de los osteocitos lo que da lugar al crecimiento de los huesos y a remodelar su densidad ósea. El fosfato de calcio es también importante en la formación de los dientes, donde también ocurre un continuo recambio de calcio y dentina hasta que aparece el esmalte de los dientes.

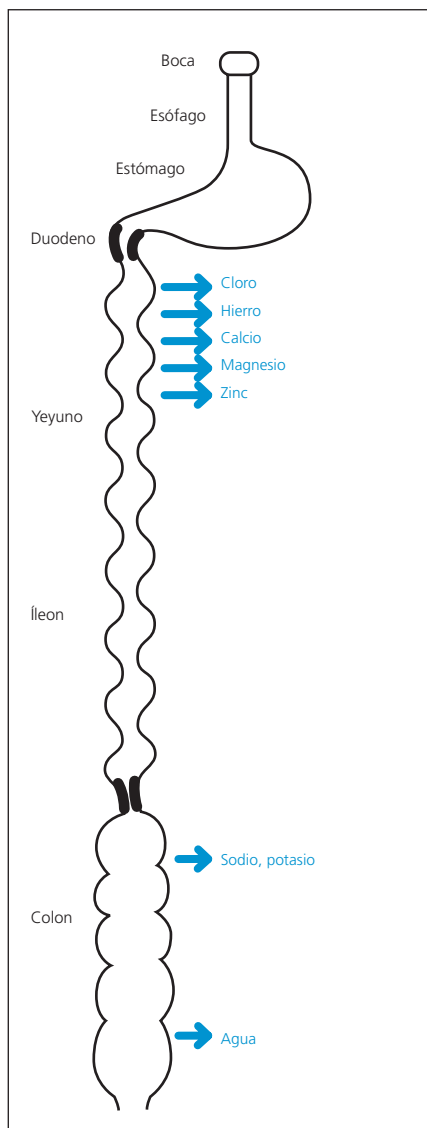


Figura 6.1 Absorción de minerales.

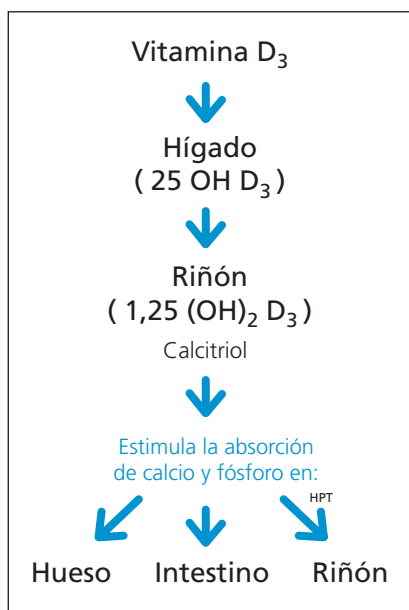


Figura 6.2 Regulación del calcio.

### El calcio en la sangre

El calcio se encuentra en la sangre en tres formas: 1) como calcio libre, (ionizado  $[Ca^{2+}]$ ), 2) unido a proteínas de la sangre, y 3) formando complejos con otras sustancias químicas. Su forma ionizada (47.5%) y la unida a proteínas (46%), suman la casi totalidad del calcio sanguíneo; el resto forma parte de fosfatos (1.6%), citratos (1.7%) y otros compuestos (3.2%) La forma libre es la única que tiene actividad biológica: en condiciones de normalidad se le encuentra a una concentración que varía entre 4.4 y 5.2 mg/dL. La fracción unida a las proteínas corresponde, principalmente, a la ligada a la albúmina y en menor proporción a las globulinas. La suma de estas fracciones corresponde al calcio total en la sangre, que en condiciones de salud varía entre 8.8 y 10.8 mg/dL, independientemente de la variación que haya de un día para otro en la ingesta dietética.

### Metabolismo

#### Absorción

La absorción del calcio de la dieta ocurre en la parte alta del intestino delgado; particularmente en el duodeno y yeyuno proximal, donde el contenido intestinal tiene un pH menor a 6, que favorece la presencia de este mineral en forma iónica ( $Ca^{2+}$ ), cuando la secreción del bicarbonato del páncreas eleva el pH del bolo intestinal, la absorción del calcio se dificulta. De la dieta de consumo diario, se estima que los adultos absorben entre 20 y 30% del calcio, pero las mujeres embarazadas llegan a absorber hasta 60% y los niños y adolescentes, en etapas de crecimiento corporal acelerado, pueden llegar a absorber entre 40 y 75%. La lactosa favorece la absorción del calcio, figura 6.1.

El paso del calcio a través de las células de la mucosa intestinal se lleva a cabo por dos mecanismos de transporte: uno activo, mediado por una proteína cuya producción es controlada por la forma activa de la vitamina D conocida como *calcitriol* ( $1,25 [OH]_2 D_3$ ) vea figura 6.2 y el otro pasivo, no saturable e independiente de la vitamina  $D_3$ ; si bien éste último ocurre a lo largo del intestino, tiene menor importancia que el primero. La presencia en la dieta de alimentos que contengan ácido fítico (como en la fibra del salvado), ácido oxálico (como en las espinacas o la cocoa), polifenoles (taninos presentes en el té negro) o de fósforo, que se liga al calcio para formar fosfato, interfieren en la absorción del calcio. Lo mismo sucede ante la deficiencia de vitamina  $D_3$ .<sup>1</sup>

#### Regulación

Tanto la absorción como el mantenimiento de la homeostasis de este mineral se encuentran regulados por un complejo sistema de hormonas que actúan liberando el calcio de los huesos, que promueven su absorción en el intestino y que retienen su eliminación por los riñones. La paratohormona, el calcitriol y la calcitonina (secretada por las células C de la tiroides), actúan para mantener en la sangre el calcio iónico a una concentración normal.

Cuando desciende la concentración del calcio en la sangre, la glándula paratiroides secreta la paratohormona que promueve la transferencia de la fracción intercambiable del calcio de los huesos y la resorción de calcio en los túbulos renales, por lo que disminuye la excreción de este mineral en la orina; por otro lado, esta hormona actúa conjuntamente con el calcitriol estimulando una mayor absorción intestinal de calcio; mientras esto acontece la secreción de calcitonina disminuye. En contraste, cuando aumenta la concentración del calcio en la sangre, la calcitonina se eleva y la hormona paratiroidea y el calcitriol disminuyen, por lo que aumenta la eliminación del calcio en la orina, decrece la resorción ósea de este mineral y se reduce la absorción intestinal.

## Calcio <sup>3</sup>

### Recomendación:

- Hombres, 9 a 18 años = 1200 µg
- Mujeres, 9 a 18 años = 1200 µg

### Cantidad de algunos alimentos para cubrir las necesidades diarias de calcio.

ALIMENTO	PESO	MEDIDA
· Queso asadero (oaxaca)	180 g	--
· Yogurt	656 mL	3 tazas
· Leche entera	990 mL	4 tazas
· Sardina (en lata)	315 g	10 onzas
· Tortilla	678 g	26 tortillas
· Espinaca (cocida)	880 g	5 tazas

En México se cuenta con las Recomendaciones de Ingestión de Nutrientes para la Población Mexicana publicados en 2005.

### Excreción

El calcio se excreta en igual proporción en heces y orina (alrededor de 200 µg/día) y la cafeína aumenta la excreción urinaria, de tal manera que una persona sujeta a una dieta baja en calcio que consume café, tiene acelerada la resorción de este mineral y su eliminación por la orina. La pérdida de calcio por sudor es de alrededor de 15 µg/día, pero esta cantidad aumenta si la sudoración es excesiva. Bajo circunstancias de inmovilidad, reposo en cama o escasa actividad física por tiempo prolongado, hay mayor resorción y pérdida de calcio: una mayor actividad muscular favorece el metabolismo normal del calcio.

### Fuentes dietéticas

Los productos lácteos: leche, yogurt y quesos son la principal fuente de calcio. Entre los vegetales, la espinaca, col, nabo y brócoli. De los cereales, la tortilla (cuando ésta se hace con maíz tratado con carbonato de calcio durante su cocimiento: nixtamalización). Los peces pequeños con huesos, como las sardinas y el atún, son también ricos en este mineral. A un lado del contenido de calcio en los alimentos cabe tener en cuenta su biodisponibilidad; o sea, la proporción de calcio absorbido con respecto a la cantidad total en el alimento. La *biodisponibilidad* del calcio de las espinacas se estima en 5% mientras la del contenido en la leche puede llegar a ser de 27%. De los suplementos de calcio que se aconseja tomar a mujeres embarazadas o postmenopáusicas y a hombres mayores de 60 años, el citrato de calcio se absorbe mejor que el carbonato de calcio por ser más soluble.

### Recomendaciones nutrimentales

Para mantener un balance entre la cantidad de calcio que se requiere para restituir las pérdidas diarias, en orina, heces y sudor, y la demanda que exige el crecimiento de los huesos durante la niñez, la adolescencia o en el embarazo, se recomienda satisfacer de manera razonable las necesidades en las distintas etapas del ciclo de vida.

Las recomendaciones para el calcio han sido con frecuencia modificadas en los últimos años, la última propuesta fue hecha por un panel de expertos convocado por los Institutos Nacionales de Salud de los Estados Unidos de América (EUA)<sup>2</sup> en 1999. En ese informe, en vez de recomendar una cantidad fija de calcio en las distintas etapas de la vida, aconseja que para asegurar una buena masa ósea en la fase evolutiva se recomiende mantener un margen de ingesta entre 0.8 y 1.2 g/día en niños de 6 a 10 años de edad, y de 1.2 a 1.3 g/día en los de 11 a 25 años, lo que abarca el ciclo de vida en que culmina la madurez ósea. En mujeres de 25 a 50 años se sugiere 1.0 g/día y después de esta edad, si no reciben estrógenos, se recomiendan 1.2 g/día; esta misma cantidad es sugerida en hombres mayores de 65 años. Tal parece que con estas recomendaciones se pretende consolidar una masa ósea óptima en los primeros 25 años de edad para contar con una reserva óptima ante la pérdida de calcio en circunstancias de mayor demanda fisiológica (embarazo y lactación) o en los adultos mayores.

### Deficiencia

En los niños la deficiencia de este mineral en la dieta se manifiesta en menor fijación de calcio en los huesos: debido a la escasa compactación de los osteocitos que contienen cristales de hidroxapatita, y en menor masa total ósea. En condiciones extremas, la menor densidad mineral en los huesos se traduce en mayor fragilidad de éstos y en menor velocidad del crecimiento longitudinal. De llegar a una situación extrema, la menor reserva de la fracción disponible del calcio óseo en personas de edad avanzada, se asocia a un mayor riesgo de osteoporosis. La deficiencia de hormona paratiroidea o desequilibrios electrolíticos debidos a problemas diarreicos agudos pueden romper la homeostasis del calcio y dar lugar a contracciones musculares



y otras manifestaciones. La deficiencia de vitamina D también trae como consecuencia una deficiente incorporación de calcio a los huesos lo que da lugar al raquitismo en los niños y a la osteomalacia en los adultos.

### Fósforo

El organismo de un hombre adulto contiene, aproximadamente, una cantidad de fósforo cercana a la mitad de su contenido total de calcio: puede variar entre 600 y 700 g; 80% de esta cantidad se le encuentra en los huesos y los dientes, conjuntamente con el calcio, formando parte de los cristales de hidroxapatita y como fosfato de calcio; el resto (20%) interviene en reacciones bioquímicas y en funciones metabólicas indispensables para la vida, que acontecen dentro de las células y en los líquidos extracelulares.

### Funciones

Además de su contribución en las estructuras óseas, el fósforo sostiene una intensa actividad metabólica. La mayor parte del fósforo intracelular opera en forma de iones fosfato ( $\text{PO}_4^{4-}$ ); se le encuentra como fosfato de creatinina, como monofosfato de adenosina (AMP) o como trifosfato de adenosina (ATP), por lo que participa en la producción y almacenamiento de la energía corporal. El ADN y el ARN contienen monómeros de esterfosforados. No menos importante es su participación en la fosforilación y defosforilación, que activa o desactiva numerosas enzimas. Es conveniente destacar también que el fósforo en la sangre contribuye a regular la producción de calcitriol.

### Metabolismo

El fósforo contenido en los alimentos de una dieta normal varía de 1.0 a 1.5 g y su biodisponibilidad se aproxima a 70%, por lo que se absorben de 0.7 a 1.0 g diario. En la sangre, 70% se encuentra formando parte de los fosfolípidos y el resto como fosfatos: 15% de estos están unidos a proteínas. Las hormonas que regulan la incorporación del fósforo al organismo son las mismas que controlan la absorción del calcio. En cuanto a la excreción de este elemento, 30% del ingerido en la dieta aparece en las heces, mientras que por el riñón se elimina una cantidad que varía entre 0.6 y 1.0 g/día (en tanto que de calcio se excretan en la orina 0.2 g/día). Para favorecer la absorción del fósforo es necesario mantener una relación con el calcio de 1:1.

Como son varias las funciones en que interviene el fósforo asociado al calcio, no parece extraño que la paratohormona y el calcitriol intervengan en el balance de ingresos y egresos de este mineral: el calcitriol promueve su absorción en el intestino delgado y su deposición en los huesos y dientes, y la hormona parotidea regula su eliminación en la orina: en condiciones de normalidad el riñón retiene 80% del fósforo filtrado por los glomérulos, bajo la acción reguladora de la paratohormona.

### Fuentes dietéticas

Los alimentos ricos en proteínas de origen animal como tejidos (carnes), huevos, lácteos (leche, yogurt, queso) son fuentes excelentes de fósforo. Entre los alimentos con mayor densidad de fósforo (mg/kcal) se pueden mencionar: el salvado de trigo (usado como cereal), la leche, el queso, los peces y las carnes de aves, res y cerdo. Los productos industrializados que contienen aditivos fosforados que se usan en la panificación, en embutidos, en la fabricación de queso y en las bebidas gaseosas, proporcionan una cantidad extra de este mineral. Aún en la pluralidad de culturas culinarias cabe suponer que en la dieta normal de los países occidentales el contenido de fósforo varía entre 700 y 1500 mg/día.

#### Fósforo <sup>4</sup>

##### Recomendación:

- Hombres, 9 a 18 años = 1250 mg
- Mujeres, 9 a 18 años = 1250 mg

Cantidad de algunos alimentos para cubrir las necesidades diarias de fósforo.

ALIMENTO	PESO	MEDIDA
· Leche entera	1316 mL	5 1/2 tazas
· Atún (en lata)	425 g	14 onzas
· Chicharos cocidos	1060 g	6 1/2 tazas
· Avena cocida	1400 g	7 tazas
· Papa cocida (con cáscara)	2170 g	10 papas

## Recomendaciones nutrimentales

Las recomendaciones nutrimentales de fósforo en los niños menores de un año, mantienen, con respecto al calcio, una razón de 0.8/1.0; después de esta edad la recomendación es proporcionar una cantidad igual de ambos minerales (1:1), o sea, entre 800 y 1300 mg/día.

## Deficiencia

Debido a la amplia distribución del fósforo en los alimentos —hasta en las bebidas gaseosas— si la dieta es deficiente, primero se manifiestan aquellas deficiencias que tienen relación con otros nutrimentos, a menos que la demanda de fósforo sea mayor por problemas metabólicos debidos a diabetes, alcoholismo, administración prolongada de glucosa por vía endovenosa y otras circunstancias, como en enfermos con hiperparatiroidismo. Sin embargo, la deficiencia de fósforo puede encontrarse, en niños prematuros, en personas vegetarianas y en ancianos.

## Magnesio

El cuerpo humano contiene poco más de 25 g de magnesio; de esta cantidad, entre 60 y 65% se encuentra en combinación con el calcio y el fósforo formando parte de los huesos y dientes, cerca de 27% está en los músculos y el resto en otros tejidos. En el líquido extracelular hay 1%.

## Funciones

Además de su papel como componente estructural del tejido óseo, actúa como estabilizador del adenosin-trifosfato (ATP) en las reacciones enzimáticas en que interviene. Por otro lado, participa como cofactor de numerosas enzimas que participan en el metabolismo y en procesos de síntesis de muchos compuestos. Comparte también, junto con el calcio, en la transmisión nerviosa y en la actividad neuromuscular: actúa como relajante muscular en tanto que el calcio estimula contracción de los músculos. Asimismo, contribuye en la liberación de insulina por el páncreas.

## Metabolismo

A diferencia del calcio y del fósforo, cuya absorción ocurre principalmente en el duodeno y el yeyuno, la mayor parte del magnesio se absorbe en el íleon y colon. En su absorción parecen estar implicados tres tipos de mecanismos: 1) de difusión pasiva, 2) de transporte activo y 3) de difusión facilitada. La biodisponibilidad del magnesio contenido en la dieta varía entre 35 y 45%, pero su absorción depende de la cantidad de reservas en cada persona y la porción de ese mineral en la dieta. Alrededor de dos terceras partes del magnesio en una dieta normal aparece en las heces (200 mg). Su excreción en la orina varía según que su consumo en la dieta que haya superado, o no, la demanda del organismo, pero una persona sana elimina alrededor de 100 mg/día; la resorción en los túbulos renales varía inversamente con respecto al calcio.

## Fuentes dietéticas

El magnesio abunda como componente de los alimentos de una dieta ordinaria. Se encuentra en semillas, harina integral de cereales, leguminosas, nueces, en los vegetales de hojas verde oscuro (ya que forma parte de la clorofila), en frutas y alimentos de origen animal, como peces, carne, leche y lácteos. Los alimentos con mayor densidad de este nutrimento ( $\mu\text{g}/\text{kcal}$ ) son espinacas y otros vegetales verdes, salvado de trigo, brócoli, calabacitas, nueces, camarones, frijoles y carne de cerdo.

### Magnesio <sup>5</sup>

#### Recomendación:

- Hombres, 14 a 18 años = 360 mg
- Mujeres, 14 a 18 años = 360 mg

Cantidad de algunos alimentos para cubrir las necesidades diarias de magnesio.

ALIMENTO	PESO	MEDIDA
· Chicharos (frescos cocidos)	923 g	5 1/2 tazas
· Plátano	1240 g	10 piezas
· Avena	1280 g	6 1/2 tazas
· Papa (cocida con cáscara)	1320 g	6 1/2 piezas
· Leche entera	2634 mL	11 tazas

## Recomendaciones nutrimentales

En mujeres adultas se recomienda el consumo de 280 mg/día y en los hombres 350 mg/día. Una dieta proporciona entre 300 y 350 mg/día, aunque las dietas altamente refinadas suelen ser menos ricas en magnesio: este mineral se pierde durante la refinación del arroz, la harina de trigo y el azúcar.

## Deficiencia

La abundancia de este mineral en los alimentos hace pensar que sólo de manera secundaria a un problema en que haya una pérdida exagerada de magnesio, por el empleo de tiazidas como diuréticos o por vómito y diarrea, o bien por consumir una alimentación deficiente y estar sujeto a los problemas metabólicos que entraña el alcoholismo, o por circunstancias similares a estas, es posible suponer la deficiencia de magnesio.

## Sodio

El sodio es uno de los tres principales iones de carga positiva (catión) en el líquido extracelular. Se estima que el organismo de una persona adulta contiene 120 g de este catión: un tercio de esta cantidad forma parte de los huesos y los dos tercios restantes se encuentran en forma iónica en los líquidos corporales.

## Funciones

Por ser el sodio el catión extracelular más abundante descansa en él, de manera importante, el mantenimiento del volumen intravascular y la presión sanguínea. Participa en la transmisión de los impulsos nerviosos y contribuye a la regulación de los líquidos intracelulares y extracelulares; los cambios en el volumen de agua intravascular modifican la concentración de sodio, lo que es detectado por los osmorreceptores que a su vez excitan al hipotálamo para despertar la sensación de sed. También, asociado a los cationes cloro y bicarbonato, participa en el balance ácido-básico; además interviene en la “bomba de sodio-potasio” que opera en las membranas celulares para mantener el intercambio de éstos iones del interior al exterior de las células, y viceversa. Este movimiento implica el gasto de energía almacenada en el ATP, logrando en esta forma un equilibrio osmótico que depende, principalmente de la concentración del sodio y potasio intracelular ( $(K^+ > Na^+)$  con respecto a su concentración extracelular ( $Na^+ > K^+$ )).

## Metabolismo

Cerca de 95% del sodio contenido en la dieta se absorbe en el intestino y 90 a 95% de él se elimina por la orina. El equilibrio en el organismo, entre los ingresos y egresos de sodio, es regulado por el sistema de *renina-angiotensina-aldosterona* que controla la presión sanguínea. La activación del angiotensinógeno hepático, por acción de la renina liberada del hígado, da origen a la angiotensina I, que luego es transformada en el pulmón en angiotensina II, esta sustancia activa las glándulas suprarrenales que secretan la aldosterona que regula la secreción de sodio en la orina: ante mayor pérdida de sodio, o agua, este sistema se activa por lo que el riñón retiene más sodio y por consiguiente mayor volumen de agua.

## Fuentes dietéticas

La principal fuente de sodio es el cloruro de sodio o “sal común”: un gramo de esta sal contiene 390 mg de sodio, por lo que este catión representa aproximadamente 40% de este producto. El cloruro de sodio de los alimentos de una dieta occidental normal se

### Sodio <sup>6</sup>

#### Recomendación para adultos:

- Hombres = 500 g
- Mujeres = 500 g

Cantidad de algunos alimentos para cubrir las necesidades diarias de sodio.

ALIMENTO	PESO	MEDIDA
· Sal	12325 mg	1 c
· Salsa de soya	871 mg	1 C
· Salchicha	504 mg	1 pieza
· Aceitunas	408 mg	5 piezas
· Jamón ahumado (puerco)	372 mg	1 onza
· Cuerno de mantequilla	424 mg	1 pieza
· Atún (en lata)	102 mg	1 onza

estima en 3 g; si a esta cantidad se suman 3 g de cloruro de sodio que emplean en la preparación de los alimentos y alrededor de 4 g de sal común que son adicionados al momento en que son consumidos, estos 10 g de cloruro de sodio proporcionan casi 4 g de sodio al día. En general, las carnes, quesos, embutidos, alimentos enlatados y el pan, contienen más sodio que las verduras, los vegetales y las frutas.

### Recomendaciones nutrimentales

Los requerimientos mínimos de sodio estimados en adultos, sin sudoración activa, son de 115 mg, mismos que están contenidos en 300 mg de cloruro de sodio. Con base en esta estimación se ha sugerido que para cubrir la amplia variación en los patrones de actividad física y exposición climática la recomendación mínima sea de 500 mg de sal común y no exceder de 6 gramos, que equivalen a 2.4 g de sodio.

### Potasio

El potasio, en contraste con el sodio, es el catión más importante en el espacio intracelular. El organismo de una persona adulta contiene alrededor de 250 g de este catión: la mayor parte ionizado en el interior de las células.

### Funciones

Participa de manera significativa en el metabolismo de las células. Junto con el calcio y el sodio interviene en la regulación neuromuscular, en la transmisión electroquímica de los impulsos nerviosos, y en la contracción de las fibras musculares, lo que tiene particular importancia para el corazón. Contribuye en el metabolismo de los hidratos de carbono y de las proteínas al colaborar en el almacenamiento de glucógeno hepático y de nitrógeno muscular. Como es el mayor catión en el espacio intracelular mantiene con el sodio extracelular un balance mediante el cual conserva la presión osmótica y la integridad de los líquidos del interior de las células.

### Metabolismo

En el intestino delgado 95% del potasio de la dieta se absorbe en éste. Pasa en las secreciones constantemente hacia el lumen intestinal y continuamente es reabsorbido. Normalmente aparece una pequeña cantidad de potasio en las heces (400 mg) y se excretan en la orina entre 200 y 400 mg; sin embargo, es notable la eficiencia con la que el riñón filtra, reabsorbe, secreta y excreta potasio para mantener dentro de un estrecho margen su concentración en la sangre. La aldosterona del sistema renina-angiotensina-aldosterona, que regula la excreción del sodio, influye en la excreción renal del potasio, figura 6.3.

### Fuentes dietéticas

En general, las frutas, verduras y otros vegetales son ricos en potasio, pero de manera especial se encuentra en la zanahoria, plátanos, manzanas y los cítricos. También se encuentra en las carnes, peces, mariscos, levaduras, chocolate y algunas bebidas como vino, sidra y cerveza.

### Recomendaciones nutrimentales

Se estima que el requerimiento mínimo de potasio se encuentra dentro de un margen de ingesta diaria de 1600 a 2000 mg (40 a 50 mEq). En una dieta normal la cantidad

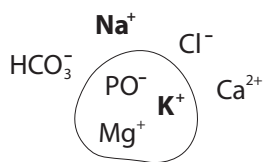


Figura 6.3 Electrolitos intra y extracelulares.

Potasio <sup>7</sup>	
<b>Recomendación para adultos:</b>	
· Hombres = 2000 mg	
· Mujeres = 2000 mg	
<b>Cantidad de algunos alimentos para cubrir las necesidades diarias de potasio:</b>	
ALIMENTO	MEDIDA
· Papa (cocida con piel)	2 1/4 piezas
· Plátano	4 1/4 piezas
· Leche entera	5 1/2 tazas
· Jitomate	7 piezas
· Brócoli (cocido)	4 tazas
· Naranja	8 1/2 piezas

de potasio varía en función de las raciones de frutas y vegetales que contenga; con la sugerencia hecha en el último decenio de aumentar este tipo de alimentos en la alimentación diaria, el consumo de potasio puede llegar a 3500 mg.

### **Deficiencia**

Su presencia generosa en los alimentos hace que la deficiencia de potasio se manifieste sólo cuando hay una pérdida extrarrenal de este catión por diarrea, vómito, fístulas gastrointestinales o por circunstancias de mayor demanda como resultado de la acción de la insulina en el almacenamiento de glucógeno o en atletas de alto rendimiento.

### **Cloro**

Cerca de 3% del peso corporal corresponde al cloro. La forma iónica de este mineral es el cloruro (Cl<sup>-</sup>), que es el principal anión (ión con carga negativa) en el líquido extracelular.

### **Funciones**

El cloruro es esencial en el mantenimiento del equilibrio de agua y electrolitos e indispensable para el balance con el catión sodio, el equilibrio ácido-básico y la presión osmótica. Es componente del ácido clorhídrico secretado por las células parietales del estómago y usado por los fagocitos ante agentes biológicos bacterianos.

### **Metabolismo**

La incorporación de cloro, su eliminación y los mecanismos que regulan su presencia en el organismo: la pérdida del sodio por intensa sudoración, por diarrea, por vómito o enfermedades renales se asocia con pérdida de cloruro con la consecuente hipoclorhemia y alcalosis metabólica.

### **Fuentes dietéticas**

Aunque suele estar presente en el agua que es adicionada de cloro por su acción bactericida, la principal fuente en la dieta diaria es el cloruro de sodio. Así, las fuentes de cloro son las mismas descritas para el sodio, ya que el cloro del agua se estima que provee 42 mg/día.

### **Recomendaciones nutrimentales**

El mínimo de cloro requerido por un adulto es de 750 mg/día con una recomendación diaria para el adulto de 2300 mg. Si la ingesta de sal no excede de 6 g diarios, como ha sido recomendado, y 60% de esta ingesta, por tanto, es cloro cabe esperar que el máximo diario recomendado de cloro sea de 3600 mg.<sup>8</sup>

### **Deficiencia**

La deficiencia es improbable debido a que la ingesta supera ampliamente el requerimiento mínimo de cloro, pero una dieta deficiente en enfermos con episodios de vómito no controlable o en pacientes con anorexia nervosa o bulimia, puede dar lugar a hipocloremia.

**Fuentes dietéticas del cloro:**  
Las algas, las aceitunas, lechuga y algunas frutas y vegetales; el agua clorada, y la principal fuente que es la sal.

## MINERALES MENORES

El cuerpo humano requiere de nueve elementos minerales en cantidades menores a 100  $\mu\text{g}$  diarios, por lo que se califican como minerales menores; minerales traza o micronutrientes. Representan menos del 1% del total de minerales en el cuerpo humano.

Aunque difieren en sus funciones metabólicas y en los mecanismos mediante los cuales son absorbidos, algunos interactúan en el metabolismo y absorción, y en otros esta última depende de las reservas que tiene el organismo y de su abundancia en la dieta. Hay, además, otros minerales traza cuya función se desconoce.

### Hierro

La hemoglobina de un adulto de 70 kg contiene 4 g de hierro; cuenta además con 1g de reserva y algunos miligramos más forman parte de enzimas y otros compuestos químicos. Así, un adulto tiene alrededor de 5 g de hierro cuya importancia es vital para su organismo.

### Función

El hierro forma parte de la hemoglobina, de la mioglobina y de numerosas enzimas; poco más de 20% del hierro se le encuentra almacenado como ferritina y hemosiderina, principalmente en el bazo, el hígado y la médula ósea. Entre algunas de las funciones biológicas que cumple en el organismo cabe destacar el transporte de oxígeno por la hemoglobina, el almacenamiento muscular de oxígeno por la mioglobina y el papel que desempeña en los citocromos de la cadena respiratoria para la producción oxidativa de la energía química del ATP, en la mitocondria de las células. El hierro funciona como cofactor de enzimas involucradas en la síntesis de la colágena y de varios neurotransmisores, como serotonina, epinefrina, norepinefrina y dopamina; participa también en la respuesta inmune, celular y humoral, y en el sistema citocromo P-450, involucrado en el proceso de detoxificación de drogas.

En los glóbulos rojos se encuentra formando parte de un grupo prostético, porfirina-hierro, conocido como proteína heme. Su función en los eritrocitos es transportar el oxígeno de los pulmones a las células, y el dióxido de carbono de las células a los pulmones; éstos son sintetizados por la médula ósea por la estimulación de una hormona (eritropoyetina) que es liberada por el riñón como respuesta a una concentración baja de oxígeno en la sangre. En el proceso de maduración de los eritrocitos en la médula ósea pierden su núcleo; esta circunstancia influye en el acortamiento de su vida media, que es de 120 días (tres meses) aproximadamente. Al morir los glóbulos rojos, los macrófagos que circulan en la sangre liberan hierro el cual se une a la transferrina que lo transporta a los sitios de depósito; en ellos se almacena como ferritina hasta ser reutilizado.

### Metabolismo

El balance de hierro en el organismo es controlado a dos niveles: 1) la cantidad y origen del hierro de la dieta, y 2) la cantidad de él en la sangre y en los tejidos, figura 6.4.

Entre los minerales, el hierro es uno de los que mejor se conoce el balance ingesta-absorción-excreción. En cuanto a la ingesta, se sabe que el hierro no-hemo de los alimentos de origen vegetal —y de la leche y los huevos— se absorbe por un mecanismo distinto al

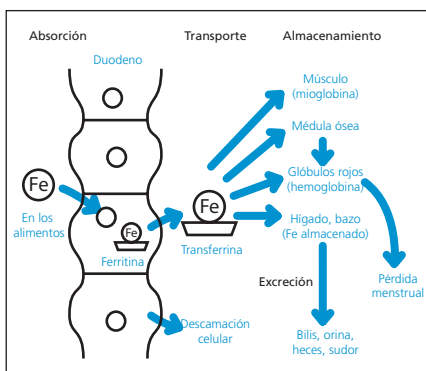


Figura 6.4 Metabolismo del Hierro.

del hierro hemo, contenido en los alimentos que incluyen: las carnes, el pescado, el pollo y las vísceras. Los alimentos con hierro no hemo precisan ser parcialmente digeridos por el ácido clorhídrico del estómago, para que el hierro férrico ( $\text{Fe}^{+++}$ ) gane un electrón y se transforme a su forma ferrosa ( $\text{Fe}^{++}$ ), la cual al ser más soluble es absorbida con mayor facilidad en el duodeno y parte alta del yeyuno.

#### Absorción

La absorción del hierro depende de la cantidad de este mineral en la dieta, de las reservas de hierro en el organismo y de la demanda corporal para la producción de eritrocitos. Su paso por la membrana es regulado por las células epiteliales (enterocitos) que recubren la mucosa intestinal, asimismo su paso es facilitado por ácidos orgánicos (como la vitamina C), por el ácido taurocólico presente en la bilis o por polipéptidos que contengan cisteína (obtenidos de la digestión de la carne, el pescado o el pollo). Un adulto sano absorbe 1 a 2 mg diarios; si se encuentra deficiente en hierro su absorción llega a ser de 3 a 6 mg/día.<sup>9</sup>

El hierro hemo se absorbe con facilidad formando parte del complejo de porfirina que caracteriza a la hemoglobina; los alimentos que contienen este tipo de hierro registran una biodisponibilidad alta. En cambio el hierro no-hemo requiere ser liberado en el estómago, ionizado y reducido a una forma ferrosa (por acción del ácido clorhídrico) para luego ser quelado por el ácido ascórbico, azúcares y aminoácidos azufrados antes de pasar al duodeno. La presencia del bicarbonato secretado del páncreas eleva hasta 7 el pH del contenido intestinal, por lo que el hierro férrico que se precipita no quelado, dificulta su absorción; en cambio la forma ferrosa está disponible para su absorción.<sup>10</sup> Se piensa que el hierro ferroso se une a la mucina del estómago antes de pasar el píloro, preservándolo en un medio ácido que evita se precipite a mayor pH. La mucina (aunque también se piensa en una transferrina) transfiere el hierro a una glucoproteína de la membrana celular, la que a su vez lo libera a la mobiferrina que se encuentra en el citosol del enterocito; ésta proteína lo pasa a la apoferritina intracelular para almacenarlo transitoriamente como ferritina. El grado en que el enterocito se encuentra saturado por ferritina regula la absorción del hierro.

#### Quelados:

Complejos formados por iones metal y sustancias con grupos polares, como las proteínas, formando una estructura circular, así el ión metal unido fuertemente es secuestrado.

#### Factores que afectan la absorción de hierro:

##### Aumentándola

- Ácido (en estómago).
- Bajas reservas de Hierro (Fe).
- Demandas elevadas de eritrocitos (embarazo, entrenamiento físico, pérdidas sanguíneas, altitud).
- Hierro heme.
- Vitamina C.
- Factor de proteína de la carne.

##### Disminuyéndola

- Ácido fítico (en fibra dietética).
- Ácido oxálico (en algunas frutas y vegetales).
- Antiácidos.
- Exceso de otros minerales (Zn, Mn, Ca).
- Polifenoles (en té y café).
- Reducción de la acidez gástrica.
- Suficientes reservas de Fe.

#### Transporte

El transporte del hierro hacia los tejidos se hace en su forma férrica, unido a una proteína plasmática conocida como *transferrina*; la lactoferrina es también una proteína de transporte de hierro. La velocidad de transferencia de la mucosa hacia la circulación depende de la concentración sanguínea de esta proteína y del grado en que ésta se sature. En condiciones de normalidad, en un adulto circulan libremente en el plasma cerca de 100  $\mu\text{g}/\text{dL}$  de hierro elemental, que corresponden a alrededor de una tercera parte de la capacidad total de la captación disponible en la transferrina. Si el organismo no necesita más hierro que la cantidad que pierde diariamente, la transferrina se mantiene saturada, por lo que transporta sólo el hierro necesario para los tejidos. En cambio, si el organismo es deficiente en este mineral, el porcentaje de saturación de la transferrina es bajo (<16%). Un exceso de hierro en la dieta eleva la saturación de la transferrina por arriba de 30 o 40%.

Se han mencionado varios factores que intervienen facilitando la absorción del hierro, entre ellos: el ácido ascórbico, los aminoácidos azufrados, el hierro hemo, las reservas corporales escasas y la mayor demanda fisiológica de este mineral, sea esto por el crecimiento corporal, por el embarazo o por vivir a mayor altitud sobre el nivel del mar; pero también es conveniente señalar algunos de los factores que la obstaculizan como el ácido fítico presente en la fibra dietética, el ácido oxálico de algunas frutas y vegetales, los taninos presentes en el té, algunos antiácidos, el exceso de otros minerales en la dieta o en suplementos (Zn, Mn, Ca), la disminución de la acidez gástrica y una buena reserva orgánica de hierro.

### Almacenamiento

Un hombre adulto tiene como reserva alrededor de 1000 µg de hierro en tanto que una mujer tiene 300 mg; de estos depósitos se movilizan diariamente 50 µg. El hierro se encuentra almacenado como ferritina o como hemosiderina.

La apoferritina es una molécula proteica soluble que tiene un “núcleo” vacío, que al ser ocupado por el hierro toma el nombre de *ferritina*; se encuentra en todas las células pero en especial en las del hígado, bazo y médula ósea. Cuando varias moléculas de ferritina se unen formando racimos que son fagocitados y degradados por los lisosomas de las células, la mezcla de proteínas, lípidos y hierro, cubierta por la membrana lisosomal, se identifica como *hemosiderina*. Una pequeña cantidad de ferritina (>12 µg/mL) circula en el plasma. Cuando hay un exceso de hierro, se forma la proteína: hemosiderina, que ayuda a reducir la toxicidad.

### Excreción

La pérdida diaria de hierro por las heces es 0.6 mg/día, mientras que por la exfoliación normal del cabello y la piel es de 0.2 a 0.3 mg/día. La mayor parte del hierro que aparece en las heces proviene del no absorbido en los alimentos; sin embargo, a éste se suma el hierro de las células exfoliadas del epitelio intestinal y el de la bilis. La pérdida por orina es insignificante (<0.1 mg/día). Sumando estas pérdidas, en el adulto llegan a ser de alrededor de 1.0 mg/día y en las mujeres, considerando la pérdida por el sangrado menstrual, se estima una pérdida media de 1.4 mg/día.

### Fuentes dietéticas

De los 10 a 20 µg de hierro distribuidos en los alimentos de una dieta normal, el porcentaje que es absorbido en el intestino (biodisponibilidad) varía entre 2 a 10 mg en el de vegetales y granos y de 10 a 20 mg en tejidos animales. El hierro no-hemo, contenido en la leche, huevos, granos y en algunos alimentos de origen vegetal, se absorbe en menor proporción que el hierro hemo de los tejidos de animales que contienen hemoglobina, mioglobina y algunas enzimas. Una persona sana absorbe de 5 a 10% del hierro de la dieta diaria y si es deficiente en este mineral, absorbe entre 10 y 20%. En una dieta normal: bien diseñada, con alimentos de origen animal y vegetal, cabe esperar que los alimentos con hierro hemo proporcionen entre 10 y 15% y que su absorción sea de 20%; de lo que resta de este mineral en los otros alimentos de la dieta se absorben entre 1 y 15%. Es de esta manera que se espera se absorban entre 1 mg y 1.5 mg de una dieta que contiene alrededor de 15 mg.

Como la dieta se integra con alimentos que facilitan o que impiden la absorción del hierro es conveniente saber que cuando se consume hígado y vegetales la absorción del hierro presente en esta víscera disminuye, y que la absorción del hierro de los frijoles y el maíz se duplica, si además se come carne, peces, pollo y cítricos; en la tabla 6.2 se clasifican algunos alimentos por la biodisponibilidad del hierro contenido en ellos.

ALIMENTO	PESO	MEDIDA
· Hígado	350 g	--
· Res (sin grasa)	645 g	--
· Lentejas (cocidas)	660 g	3 1/3 tazas
· Huevo cocido	690 g	14 huevos
· Frijoles (cocidos)	1050 g	6 tazas



GRUPOS DE ALIMENTOS	BAJA	MEDIA	ALTA
Cereales	Maíz Trigo Avena Arroz Sorgo	Harina de maíz Harina de trigo	
Frutas	Manzana Plátano Uvas Durazno Pera Ciruela pasa Fresa	Melón Mango Piña	Guayaba Limón Naranja Papaya Jitomate
Vegetales	Berenjena Espinaca	Zanahoria Papas	Betabel Brócoli Col Coliflor Calabaza Nabo
Leguminosas	Frijoles Lentejas		
Nueces	Almendras Cacahuates Nueces		
Alimentos ricos en PR	Huevo Soya		Pescado Pollo Res

**Tabla 6.2** Biodisponibilidad del hierro.....

**Fuente:** Adaptado de Shills. *Modern Nutrition in Health and Disease*.<sup>1</sup>

### **Recomendaciones nutrimentales**

Considerando que las pérdidas de hierro en un hombre adulto pueden variar entre 0.9 mg/día y 1.2 mg/día y en las de mujeres pueden ser de 1.4 mg/día —o poco más— y asumiendo que se absorbe de 10 a 15% del hierro de la dieta, se recomiendan para los hombres 15 mg/día y para las mujeres 18 mg/día.<sup>6</sup> Durante el último tercio del embarazo las necesidades de hierro en la mujer aumentan de tal manera que es necesario proporcionar un complemento de 15 mg más para asegurar que tenga diariamente 30 mg/día.

En la última revisión de las recomendaciones de ingestión de alimentos hechas en México (2005),<sup>12</sup> se recomiendan 15 mg/día para los hombres de 19 a 70 años, y a 21 mg/día para las mujeres en edad reproductiva, debido a la elevada prevalencia de anemia por deficiencia de hierro en el país.

En la medida que los niños incrementan su volumen corporal, aumenta también su volumen sanguíneo. Por eso, a partir de los seis meses de edad, y hasta los 9 años, se recomiendan de 13 a 16 mg/día, y en la pubertad en México se han recomendado hasta 22 mg/día.<sup>13</sup>

### **Deficiencia**

La deficiencia de hierro es la enfermedad carencial con mayor prevalencia en el mundo, particularmente en niños y mujeres embarazadas de países pobres donde la prevalencia de anemia por deficiencia de este mineral llega a ser, en algunos grupos de población, de 30 a 50%.

De cierta manera la enfermedad es silenciosa, hasta que se agotan las reservas corporales de hierro. Una vez que esto acontece, la hemoglobina desciende y el organismo se va adaptando lentamente a una concentración cada vez menor. Cuando la hemoglobina llega a estar por abajo de 11 g/dL poco a poco aparecen síntomas y signos inespecíficos que son aún más evidentes cuando la hemoglobina llega a ser menor de 7 g/dL y la anemia se califica como grave.

Durante la etapa inicial de la deficiencia, cuando el sujeto aún dispone de sus reservas de hierro, pero hay carencia de este mineral en la dieta, es posible identificar el problema mediante marcadores bioquímicos que indican el uso o agotamiento de las reservas. En esta fase la determinación de ferritina, el porcentaje de saturación de la transferrina y la concentración de hemoglobina, permiten reconocer que el hierro aportado por la dieta está por abajo de las necesidades del organismo por lo que este utiliza sus reservas; una vez que éstas se agotan, la hemoglobina empieza a declinar.

Acompañando a la anemia por deficiencia de hierro se ha descrito: menor rendimiento en el trabajo y en actividades físicas, cambios psicomotrices y en el intelecto, dificultad para regular la temperatura corporal, mayor incidencia de niños con peso bajo al nacer y muertes fetales, y otros problemas más.

### **Zinc**

Se estima que el cuerpo humano de un adulto contiene 1.5 g de zinc en la mujer y 2.5 g en el hombre, distribuidos principalmente en los músculos, huesos, próstata y membrana coroides. En los tejidos blandos es componente esencial de numerosas enzimas intracelulares y se le encuentra localizado en las membranas donde contribuye a su estabilidad y funciones, protegiéndolas de la peroxidación.

### **Funciones**

Siendo el zinc el microelemento intracelular más abundante, está involucrado en múltiples funciones catalíticas, estructurales y de regulación.

Dos a tres centenas de enzimas requieren de zinc para cumplir con su actividad específica; en poco más de 20 de las metaloenzimas descritas en el hombre, el zinc es uno de sus componentes en tanto que en las otras actúa como cofactor. El consumo adecuado de este mineral en la dieta es necesario para la degradación y síntesis de las proteínas, el metabolismo energético, la síntesis de ácidos nucleicos y del grupo hemo, para el transporte de dióxido de carbono y para funciones de inmunidad, desarrollo de los órganos sexuales y de los huesos, liberación de insulina, estructura y función de las membranas celulares y como componente de la enzima superóxido dismutasa, que ayuda en la prevención de daño oxidativo en las células, entre otras funciones.

#### **Prevalencia de anemia en México según la ENSANUT 2006.**

GRUPO DE EDAD	% DE ANEMIA
· Menores de 5 años	23.7%
· Escolares	16.6%
· Mujeres en edad reproductiva	17.3%
· Personas de la tercera edad	45.3%

*En México la anemia por deficiencia de hierro es un grave problema de salud pública.*

Su participación en la conformación de polisomas en la síntesis de proteínas y su participación en la síntesis de los ácidos desoxirribonucleico (ADN) y ribonucleico (ARN) hace del zinc un mineral indispensable para el crecimiento corporal de los niños. Juega también un papel importante en la inmunidad mediada por células debido a que es requerido para el desarrollo cabal de las funciones que cumplen los linfocitos T. Por otra parte, preserva las funciones de la vitamina A: sea porque forma parte de las deshidrogenasas involucradas en el metabolismo de los pigmentos de la retina, dependientes de vitamina A, o bien porque el zinc es necesario para la síntesis de la proteína transportadora de retinol. Además, interviene en la maduración sexual del hombre y en la espermatogénesis, y en alguna forma participa en la percepción gustativa: la hipogeusia es una de las manifestaciones descritas en la deficiencia de este mineral.

## **Metabolismo**

### *Absorción*

La absorción del Zinc está en función de la solubilidad de los compuestos de zinc en el sitio de absorción y de las necesidades del organismo. La absorción del zinc de los alimentos que conforman la dieta cotidiana varía, como en el hierro, según que los alimentos sean de origen animal o vegetal, de tal manera que las diferencias en la biodisponibilidad de ellos puede variar entre 10 a 35%: a menor consumo de proteínas de origen animal hay una menor biodisponibilidad del zinc de la dieta. Para establecer las recomendaciones nutrimentales se asume que se absorbe 20% del que se encuentra en la dieta.

#### **Agentes oxidantes:**

- Peróxidos
- Superóxidos
- Radicales libres
- Ozono
- Óxido de Nitrógeno

#### **Antioxidantes y limpiadores:**

- Glutación peroxidasa (selenoproteína)
- Superóxido dismutasa (enzima que contiene zinc y cobre)
- Fitoquímicos (carotenoides), y vitaminas C y E

Aunque aún no se precisa el sitio del intestino delgado en que electivamente ocurre la absorción, el zinc es transportado a través de la membrana luminal del enterocito mediante un mecanismo de transporte pasivo (facilitado por un transportador). Una parte de éste pasa por la membrana basolateral de la célula por un mecanismo que precisa gasto de energía. Su paso al interior de la célula induce a un gen intracelular a sintetizar una proteína con la cual se liga, como lo hace el hierro con la ferritina; esta proteína, conocida como *metalotioneína* regula la absorción del zinc: una vez saturada la metalotioneína se “bloquea la mucosa” intestinal. Si en 2 a 5 días el zinc y el cobre no se transfieren a la sangre entonces las células son desfoliadas al lumen, estableciéndose un doble flujo de estos metales: en dirección serosa-mucosa y mucosa-serosa.<sup>14</sup>

### *Transporte*

El zinc que pasa la membrana basal de la célula y se incorpora a los vasos capilares, se liga a las proteínas plasmáticas para ser transportado a los tejidos. El principal transportador es la albúmina (60%), seguido de una alfa-2-macroglobulina (30%), cerca de 10% se transporta en aminoácidos (histidina y cisteína) o se encuentra ionizado (1%).

### *Almacenamiento*

A diferencia del hierro, el organismo no almacena el zinc y fácilmente lo pierde; sólo una pequeña cantidad de él se encuentra almacenado de manera transitoria en los enterocitos. Sin embargo, en los niños recién nacidos se cree que el hígado sirve como depósito de zinc.

### *Excreción*

La mayor parte del zinc endógeno se excreta por vía digestiva, sea el que procede de enzimas proteolíticas del páncreas, el que se elimina por la bilis o el de las células epiteliales desfoliadas: por esa vía se estima que se excretan diariamente de 4 a 5 mg al lumen intestinal, de los cuales entre 0.8 y 1 mg son reabsorbido y recuperados en la circulación enteropancreática. En la orina se excretan diariamente entre 0.4 y 0.6 mg, en el sudor cerca de 1 mg y en cada eyaculación se pierden entre 0.6 y 1 mg.

## Fuentes dietéticas

### Zinc <sup>15</sup>

#### Recomendación:

- Hombres, 19 a 30 años = 15 mg
- Mujeres, 14 a 18 años = 12 mg

#### Cantidad de algunos alimentos para cubrir las necesidades diarias de zinc:

ALIMENTO	PESO	MEDIDA
· Res (sin grasa, asada)	64 g	2 1/4 onza
· Ternera (cocida, sin grasa)	82 g	3 onzas
· Pan integral	216 g	7 1/2 piezas
· Camarón (cocido)	269 g	9 1/2 onzas

La carne y los mariscos son buenas fuentes de zinc. En general, se puede decir que las dietas ricas en proteínas son, a su vez, ricas en este mineral; el zinc contenido en los alimentos de origen animal se encuentra más disponible, gracias a la presencia de aminoácido como cisteína y metionina que mejoran su solubilidad. En cambio, los granos altos en fibra, en los que el zinc se encuentra unido al ácido fítico, tienen una biodisponibilidad baja.

Ostiones, camarones, carne de cerdo, hígado, pavo, huevos, el germen de trigo y las leguminosas, son alimentos con una densidad alta (mg de zinc/kcal). En los que tienen menos zinc: frutas, cereales refinados y tubérculos, se estima una densidad de 1 a 5 mg/1000 kcal. La carne de cerdo y de aves, la leche, el yogurt y el queso (bajo en grasa), los huevos, las nueces, proporcionan entre 4 y 12 mg/1000 kcal. Cuando en la dieta, o por algún suplemento dietético, la razón hierro/zinc es de 2:1 o 3:1 ocurre una interacción competitiva de la absorción. También el consumo muy alto de zinc puede interferir con la absorción de cobre, ya que comparten el mismo transportador para su absorción.

### Recomendaciones nutrimentales

La recomendación diaria en los adultos es de alrededor de 11 mg/día, pero durante el embarazo se sugieren 15 mg/día y si lactan a su hijo se recomienda consuman 16 mg/día. Entre los seis meses y los 10 años de edad la recomendación es de 3 a 10 mg/día y en la etapa de la pubertad: 15 mg/día, para los hombres 12 mg/día y para las mujeres.<sup>16, 17</sup>

### Deficiencia

La coincidencia natural de que los alimentos ricos en zinc sean los que tienen, a su vez, mayor cantidad de proteínas, explica la razón por la que en los países con elevada prevalencia de desnutrición ésta se asocia a deficiencia de zinc. Por otro lado, como la deficiencia proteico-energética incide, sobre todo en los niños, con mayor demanda de nutrimentos: debido a su crecimiento y desarrollo, la deficiencia en este mineral interfiere en la síntesis de proteínas y de ácidos nucleico, y consecuentemente en su crecimiento, causando desmedro.

Los vegetarianos, las mujeres embarazadas y los ancianos son grupos a riesgo de padecer de deficiencia de zinc. Lo mismo puede suceder entre personas alcohólicas o con anorexia nerviosa, diarrea de evolución prolongada o con alimentación parenteral (por iatrogenia); por eso es aconsejable conocer la concentración plasmática de zinc, que normalmente varía entre 70 µg/dL y 110 µg/dL.

### Cobre

La presencia de oligoelementos en algunos órganos del cuerpo humano hace pensar que sirven como depósito de reservas o bien juegan algún papel en las funciones que éstos desarrollan; dicho razonamiento puede ser válido ante la mayor concentración de cobre en el hígado, el cerebro, el corazón y los riñones, o en los músculos donde a pesar de hallarse a una concentración baja, en la masa total de este tejido se encuentra 40% del cobre corporal.

Son muchas las enzimas en las que participa este mineral, sea formando parte de ellas o como cofactor imprescindible para la actividad que desempeñan.

## Funciones

Su importancia como nutrimento indispensable para la vida se traduce por las enzimas en las que participa; basta mencionar que es esencial para las funciones de la citocromo c-oxidasa, la superóxido dismutasa, la tirosinasa, la dopamina-hidroxilasa, la lisil-oxidasa, y una enzima involucrada en los enlaces cruzados de la colágena y la queratina; además es parte de una metalo-proteína (ceruloplasmina) y de uno de los factores de la coagulación.

Por el papel que juegan estas enzimas en el metabolismo: como la ceruloplasmina, también conocida como *ferroxidasa*, participa movilizando el hierro al aceptar un electrón para convertirlo de su forma férrica ( $Fe^{+++}$ ) a su forma ferrosa ( $Fe^{++}$ ) y poder así pasar la membrana basal de la célula y unirse en la sangre a la proteína que la transporta a la médula ósea (transferrina) donde se sintetiza la hemoglobina. Participa también en las enzimas que sintetizan norepinefrina, dopamina y neurotransmisores, en la que da firmeza a las estructuras que contienen colágena y en las que actúan en el metabolismo del colesterol y en la coagulación de la sangre. Es requerido también por uno de los atrapadores endógenos de radicales libres (superóxidodismutasa), protegiendo las células del daño que éstos ocasionan.

## Metabolismo

### Absorción

Una parte del cobre de los alimentos se absorbe en el estómago pero la mayor proporción de este mineral lo hace en la parte alta del intestino delgado. Los mecanismos involucrados en su transporte por las membranas de las células son dos: uno activo, dependiente de gasto de energía, y otro pasivo. La biodisponibilidad del cobre contenido en los alimentos varía ampliamente (25 a 60%); a mayor cantidad en la dieta el porcentaje de absorción disminuye, pero se supone que alrededor de la tercera parte (36%) del contenido en la dieta se absorbe. Su biodisponibilidad disminuye con dietas altas en fructosa o sacarosa, o con el uso de antiácidos y suplementos generosos en zinc.

### Transporte

En la sangre del sistema porta el cobre se encuentra unido a la albúmina, aunque parece ser que esta circunstancia es transitoria, mientras se liga a la histidina que se encarga de transferirlo al hígado y a los riñones. Una vez ligado a la ceruloplasmina y a otras metalotioneínas es transportado por la sangre a los tejidos; 90% del cobre es transportado por la ceruloplasmina.

### Excreción

A excepción de los niños recién nacidos, en quienes casi la mitad del cobre se almacena como reserva en el hígado, los adultos no tienen reservas en sus tejidos y su homeostasis se mantiene principalmente por la excreción en la bilis, la orina y la piel, en cantidad aproximada a 1.3 mg/día; aunque la bilis es la principal vía de excreción, la cual se ajusta para mantener el balance en el cuerpo.

### Fuentes dietéticas

Los alimentos ricos en cobre son ostiones, hígado, riñón, chocolates, nueces, leguminosas, cereales, frutas secas y mariscos.

### Recomendaciones nutrimentales

La ingestión diaria recomendada por los adultos es de alrededor de 900  $\mu$ g/día.<sup>19, 20</sup>

## Cobre <sup>18</sup>

### Recomendación:

- Hombres, 14 a 18 años = 775 mg
- Mujeres, 14 a 18 años = 780 mg

### Cantidad de algunos alimentos para cubrir las necesidades diarias de cobre:

ALIMENTO	PESO	MEDIDA
· Camarón (cocido)	115 g	4 onzas
· Res (asada)	145 g	5 onzas
· Zanahoria (cocida)	468 g	3 tazas
· Papa (cocida, con cáscara)	525 g	2 1/2 piezas

## Deficiencia

Con excepción de niños en los que la enfermedad es de origen genético (síndrome de Menkes): por la imposibilidad de absorber el cobre, o en adultos sometidos a alimentación parenteral y en algunos casos anecdóticos, la deficiencia de cobre parece no ser un problema de salud pública. Sin embargo, están expuestos a riesgo de padecer esta deficiencia: niños recién nacidos prematuros, niños desnutridos (durante su recuperación) y niños cuya dieta dominante es la leche, personas recuperándose de intervenciones quirúrgicas del intestino y pacientes con síndromes de absorción intestinal deficiente. La neutropenia que es acompañada luego de anemia y que no responde a la administración de hierro, la desmineralización ósea y más tarde hemorragias subperiósticas, hacen pensar en esta deficiencia. La concentración de cobre y ceruloplasmina en el plasma permiten confirmar la sospecha.

## Selenio

Aunque se conocía la importancia bioquímica del selenio como elemento indispensable en la actividad de la glutatión peroxidasa (la cual transforma los peróxidos en agua antes de que puedan formar radicales libres), fue hasta hace poco más de dos decenios que se supo que es un nutrimento indispensable; esto fue después de identificar que la ausencia de este mineral en la dieta da lugar a un padecimiento conocido ahora como *enfermedad de Keshan* (miocardiopatía): lugar en que se describió por primera vez. El selenio se encuentra en los tejidos animales formando parte de las proteínas; en los seres humanos se incorpora a la metionina y cisteína, como selenometionina y selenocisteína, caracterizando a las selenoproteínas. Está presente en varias enzimas.<sup>21</sup>

### Radicales libres:

Compuestos reactivos con electrones impares, que empiezan reacciones de oxidación en cadena, creando un estrés oxidativo cuyos efectos a la salud pueden ser: ECV, cáncer, envejecimiento, artritis, así como efectos en la función inmune.

## Funciones

Las plaquetas son ricas en selenio, debido a la presencia en ellas de glutatión peroxidasa, que parece intervenir en su agregación. Cada molécula de glutatión tiene cuatro subunidades que contienen, cada una, una molécula de selenocisteína: esta enzima juega un papel importante al participar en la lisis intracelular de las células fagocitadas por los macrófagos, contribuyendo así en la respuesta inmune. La desyodasa yodotironina Tipo I contiene selenocisteína y es requerida para la desyodación de la tiroxina ( $T_4$ ) en triyodotironina ( $T_3$ ). La participación de la glutatión peroxidasa como antioxidante intracelular: evitando el efecto nocivo de los radicales libres sobre el ADN y en las membranas celulares al destruir los peróxidos antes de producir estos radicales; esta circunstancia disminuye las necesidades de la vitamina E en las membranas, coadyuvando a preservar su integridad y fluidez previniendo su peroxidación. Dicha función es una de las razones para reconocer su importancia como nutrimento.

## Metabolismo

### Absorción

La selenometionina de los alimentos de origen vegetal y la selenocisteína presente en los tejidos animales se absorben con facilidad, de tal manera que la biodisponibilidad en de esta elemento es mayor de 50%. No hay diferencias en la absorción de selenometionina y de metionina por lo que el mecanismo de transporte por la membrana de las células intestinales debe ser el mismo; se desconoce la absorción de la selenocisteína y del selenio inorgánico, también presente en los alimentos.

### Transporte

El transporte por plasma se hace unido a las proteínas, inicialmente por la albúmina y después por la  $\alpha_2$ -globulina y las lipoproteínas. Se piensa también que la selenoproteína P, que actúa como antioxidante extracelular, sirve como transportadora de este mineral, pero se desconoce como puede ser transferido a las células.

### Excreción

La excreción se hace principalmente por la orina y las heces. En adultos que reciben entre 9 y 226  $\mu\text{g}/\text{día}$  eliminan por la orina 50 a 60% de lo ingerido: a mayor ingesta la excreción es más alta. Por la piel se pierde una cantidad insignificante.

### Fuentes dietéticas

Como con otros minerales, la concentración de selenio en los alimentos varía ampliamente, según la procedencia de los alimentos: lo que a su vez depende de la cantidad de este mineral en el suelo y el agua que luego llega a las plantas. Éstas pueden ser destinadas al consumo humano y a la crianza de animales de consumo, por lo que cuando carecen de selenio o tienen concentraciones baja pueden reflejarse en un problema de salud pública, como en Keshan, China. Afortunadamente pocas regiones del mundo (en Nueva Zelanda, Finlandia y China) tienen concentraciones bajas de selenio en el suelo. Los alimentos que proceden del mar, los riñones y el hígado son buenas fuentes de este mineral, mientras que los granos y semillas dependen del suelo en que son cultivados.

### Recomendaciones nutrimentales

Las recomendaciones de selenio para adultos, mujeres y hombres, alrededor de 50  $\mu\text{g}/\text{día}$ ; en adolescentes se recomiendan 55  $\mu\text{g}/\text{día}$ , en niños de 20 a 40  $\mu\text{g}/\text{día}$  y en lactantes de 10 a 15  $\mu\text{g}/\text{día}$ . Durante el embarazo se recomienda aumentar 10  $\mu\text{g}/\text{día}$  y en la lactación 20  $\mu\text{g}/\text{día}$ .<sup>23, 24</sup>

### Deficiencia

Las manifestaciones de la deficiencia de selenio son: dolor y desgaste de las masas musculares que en el corazón se traduce en una cardiomiopatía irreversible al tratamiento con selenio.

### Yodo

El yodo es el componente esencial de las hormonas tiroideas; 70 a 80% de los 15 a 20  $\mu\text{g}$  que contiene el cuerpo humano se concentran en esta glándula.

### Función

El yodo es el componente esencial de las hormonas tiroideas: la tetrayodotironina o tiroxina ( $T_4$ ) representa, en peso, cerca de 60% del yodo y en la triyodotironina ( $T_3$ ) el 40%. La glándula tiroidea atrapa el yodo que circula en la sangre y lo acumula para la síntesis de las hormonas tiroideas, indispensables para regular el metabolismo y promover el crecimiento y desarrollo corporal, incluyendo de manera especial el cerebro.

## Selenio <sup>22</sup>

### Recomendación:

- Hombres, 19 a 70 años = 48  $\mu\text{g}$
- Mujeres, 14 a 70 años = 48  $\mu\text{g}$

Cantidad de algunos alimentos para cubrir las necesidades diarias de selenio.

ALIMENTO	PESO	MEDIDA
· Aceite de oliva	16.5 mL	3 c
· Atún (en aceite, en agua)	26 g	1 onza
· Pan integral	53.5 g	2 piezas
· Pollo (asado, sin piel)	72 g	2 1/2 onzas
· Huevo (cocido)	113 g	2 huevos

## Metabolismo

### Absorción y transporte

El yoduro, producto de la digestión de los alimentos que contienen yodo, se absorbe rápidamente y distribuye en los líquidos extracelulares. En la circulación se encuentra en forma libre, ligado a proteínas plasmáticas. El yoduro es captado y concentrado específicamente por la glándula tiroides, aunque también es distribuido a otros tejidos. Se almacena en la tiroides como hormonas o precursores de éstas.

### Excreción

Se elimina principalmente en la orina en una cantidad aproximadamente igual a la ingesta, pero si ésta baja se excreta en menor proporción. En las heces se encuentra en pequeña cantidad, la cual proviene de la bilis.

### Fuentes dietéticas

Este mineral se encuentra distribuido ampliamente en la naturaleza, pero hay muchas regiones en las que los suelos son pobres en yodo. Por eso el contenido de este mineral en los alimentos depende del suelo en que hayan sido cultivados. Así, se encuentra en cantidades variables en alimentos y agua de consumo: la deficiencia de yodo es mayor en plantas y animales cultivados en regiones montañosas que en regiones llanas, sobre todo en zonas que se inundan por corrientes que provienen de áreas montañosas. Mariscos, como almejas, langostas y ostiones, y peces de agua salada, son ricos en yodo: su contenido puede variar entre 300 a 3000 µg/kg. Los peces de agua dulce tienen sólo entre 20 y 40 µg/kg. La principal fuente de yodo, para asegurar el consumo adecuado en la población de un país, ha sido la adición de éste a la sal empleada en la preparación de los alimentos y como sal de mesa; esta sal yodada provee 76 µg de yodo por gramo.

### Recomendaciones nutrimentales

Se recomiendan en adolescentes y adultos de 125 a 150 µg/día; durante el embarazo y la lactación se sugieren aumentar casi al doble. En los niños prescolares y escolares se recomiendan entre 70 µg/día y 120 µg/día.<sup>26, 27</sup>

### Deficiencia

El crecimiento de la glándula tiroides es la manifestación más ostensible de la deficiencia prolongada de yodo en la dieta, lo que da lugar a un incremento compensador de la depuración de yodo por estímulo de la tirotrópina. El bocio endémico, como se le llama a esta enfermedad caracterizada por agrandamiento de la glándula, aunque ahora menos frecuente que lo que había antes de la yodación de la sal, se estima que en el mundo aún hay 200 millones de personas que padecen esta deficiencia. La forma más grave de esta enfermedad es el cretinismo, que se manifiesta a una edad temprana por una detención en el crecimiento corporal y en el desarrollo mental.

## Flúor

A diferencia de otros minerales traza, que son componentes de metaloenzimas o actúan como cofactores en reacciones enzimáticas, el flúor no es considerado un nutrimento esencial sino un elemento “benéfico para la salud dental de los seres humanos”. El cuerpo de un adulto contiene 2.5 g de este mineral.

### Yodo <sup>25</sup>

#### Recomendación:

- Hombres, 19 a 70 años = 120 µg
- Mujeres, 19 a 70 años = 125 µg

#### Cantidad de algunos alimentos para cubrir las necesidades diarias de yodo:

ALIMENTO	PESO	MEDIDA
· Naranja	14.6 g	1/4 pieza
· Manzana	15.2 g	1/4 pieza
· Atún en aceite	84 g	3 onzas



## ***Funciones***

En una etapa previa a la erupción de los dientes el flúor reemplaza los grupos hidroxilo del fosfato de calcio del esmalte para formar cristales de hidroxiapatita; éstos cristales fluorados son menos solubles en un medio ácido, por lo que se cree transfieren al esmalte mayor resistencia a la caries. Se piensa que el flúor ejerce cierta protección a la superficie del diente al reducir la pérdida de minerales del esmalte por el proceso de desmineralización-mineralización que ordinariamente tiene lugar en él. También se cree que el flúor de la saliva o en la superficie de los dientes, por el uso de pasta dental fluorada, interfiere en la degradación de los azúcares que ocasionan las bacterias cariogénicas. Aún se discute si el flúor ejerce alguna protección a los huesos.

## ***Metabolismo***

El fluoruro (flúor ionizado) se absorbe con facilidad por difusión: 75 a 90% del contenido en la dieta se absorbe en el intestino y pasa a la sangre para ser distribuido a todos los tejidos. La mayor parte de los iones de flúor son retenidos en los huesos y dientes en desarrollo en forma de cristales fluorados de hidroxiapatita. Alrededor de 50% se deposita en los tejidos calcificados en un lapso de 24 horas después de absorbido; en este tejido se encuentra 99% del flúor corporal; sin embargo, a pesar de su afinidad por el tejido óseo, su presencia en éste es reversible ya que funciona como reserva. De 10 a 25% del flúor ingerido es excretado por heces y orina.

*El aporte de flúor en los alimentos depende de las concentraciones de flúor en el suelo donde se cultivaron y en el agua utilizada para su preparación.*

## ***Fuentes dietéticas***

El flúor se encuentra ampliamente extendido en la naturaleza, está presente en el agua potable y en los alimentos procesados con agua fluorada. Los mariscos, las aves, la carne de res, el hígado y las sopas que contienen huesos de pescados o de res, son ricos en flúor, pero de la dieta el té —si se tiene la costumbre de tomarlo— es el que contiene mayor cantidad (según la dilución de la infusión), en una taza puede haber 1 mg de este mineral. Los alimentos cocinados en utensilios con teflón, que es un polímero que contiene flúor, enriquecen su contenido natural.

### ***Contenido de flúor de:***

- Agua de mar: 0.8 - 1.4 mg/L
- Agua de ríos, lagos y pozos artesianos: 0.1 - 100 mg/L

## ***Recomendaciones nutrimentales***

La recomendación diaria para adolescentes y personas adultas es de 1.5 a 4 mg. En niños se han hecho las siguientes recomendaciones: en menores de 6 meses, 0.5 mg/día; en niños de 2 y 3 años, 0.7 mg/día; entre los 3 años y en los adolescentes se recomienda 1 a 3 mg/día.<sup>28, 29</sup>

*La sal fluorada es otra fuente de flúor. En 1993, en México, se implementó el programa de fluoración de la sal: máximo 1.5 µg/L de fluoruro en el agua para consumo humano.*

Si el contenido de fluoruro en el agua es de 1 mg/L se acostumbra decir que contiene una parte por millón (1 ppm); así, un vaso con 240 mL de agua, contiene 0.24 ppm de flúor. Es por eso razonable considerar que si el agua está adecuadamente fluorada, los niños, que son en quienes más interesa reciban este nutrimento, pueden obtener en ella la cantidad que se recomienda. Por otro lado, si el agua no lo contiene, o lo tiene en una concentración muy baja, y la sal de mesa no está fluorada, es recomendable la aplicación tópica de flúor a los dientes y el empleo de pasta dental que tenga este mineral.

## OTROS MINERALES TRAZA

Otros tres microelementos, cromo, manganeso y molibdeno, son requeridos en cantidades tan pequeñas que ordinariamente las necesidades diarias del organismo son satisfechas con la dieta.

La importancia del cromo en la dieta se conoció después de que pacientes sometidos a alimentación parenteral total desarrollaron un síndrome caracterizado por resistencia a la glucosa y neuropatía (periférica o central) Se sabe ahora que el cromo es cofactor de la insulina por lo que es requerido para el metabolismo normal de la glucosa. Se estima que para mantener una adecuada ingesta dietética en una persona sana, se requiere diariamente entre 50 y 200 µg. El cromo se encuentra en los alimentos de origen animal, en los huevos y las harinas de granos íntegros.

Los microelementos o minerales ultra traza son aquellos cuyo requerimiento es menor de un mg/día.

El manganeso es un mineral involucrado en algunas reacciones metabólicas. Se estima como ingesta adecuada 2 a 5 mg/día. Se encuentra en granos, vegetales verdes y leguminosas, entre otros alimentos. En humanos se desconocen las manifestaciones por carencia de este mineral pero en animales se describen: retardo en el crecimiento, deformaciones congénitas y problemas reproductivos.

El molibdeno es componente indispensable de varias enzimas, como las oxidasas aldehídica xantínica y sulfúrica, pero sólo hay casos anecdóticos de deficiencia en humanos: con alimentación parenteral y por un error innato del metabolismo por ausencia de molibdopterina (cofactor del molibdeno) En estas circunstancias clínicas hay manifestaciones relacionadas con los ciclos metabólicos donde intervienen las oxidasas de las que forma parte este mineral: ocurre un aumento en la concentración plasmática de metionina, se eleva la excreción urinaria de xantina y sulfito, y hay disminución de ácido úrico y sulfato en la orina. En adultos, las necesidades estimadas para este elemento son de 75 a 250 µg/día. La leche y los productos lácteos, los frijoles, granos íntegros y nueces, suelen ser fuentes ricas en molibdeno.

Entre los microelementos se encuentran: Aluminio, arsénico, boro, bromo, cadmio, cromo, flúor, germanio, yodo, plomo, litio, molibdeno, níquel, rubidio, selenio, silicón, estaño y vanadio.

Se desconoce el papel que desempeñan en el organismo otros minerales como boro, níquel, vanadio, litio, estaño y cadmio.

### Referencias:

- 1 Shils M., J. Olson, m. Shike, C. Ross. *Modern Nutrition in Health an Disease*, 9a. ed. Baltimore, Md: Williams and Wilkins, 1999.
- 2 Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fattyacids, Fattyacids, Cholesterol, Protein and Aminoacids (macronutrients) en *Food and Nutrition Board*, 2005.
- 3 H. Bourges, E. Casanueva, J. Rosado, ed. *Recomendaciones de ingestión de nutrimentos para la población mexicana*, tomo I. México: Editorial medica Panamericana, 2005.
- 4 Bourges pag. 69 Ibidem tab. Fósforo
- 5 Bourges pag. 70 Ibidem tab. Magnesio
- 6 Dietory pag, 72 Ob cit tab. Sodio
- 7 Dietory pag 72 Ibidem tab. Potasio
- 8 Bourges pag, 73 Ob cit, pag 68 penúltimo párrafo en lugar de ref. 3
- 9 Shils pag, 75 Ob cit, pág 67 segundo párrafo en lugar de ref. 4
- 10 G. Wardlaw, H. Hampl, R. Disilvestro. *Perspectives in Nutrition*, ba. ed. Nueva York: Mc Graw-Hill, 2004.
- 11 Bourges pag. 76 Ob cit, pág 68 tab. Hierro
- 12 Bourges pag. 77 Ibidem último párrafo en lugar de ref. 7
- 13 Bourges pag. 78 Ibidem primer párrafo en lugar de ref. 8
- 14 Tovar A.R (ed), los micronutrientos. Aspectos tedricos y prácticos, Fundación Mexicana para la Salud, México, 2006 pag. 79 Tercer párrafo en lugar de ref. 6
- 15 Bourges pag. 86 tab. Zinc Ob cit., pag. 80
- 16 Bourges pag. 80 En lugar de ref. 9 Ibidem
- 17 Dietory pag. 80 En lugar de ref. 10 Ob cit., pág 68
- 18 Bourges pag. 81 tab. Cobre Ob cit., pág 68
- 19 Bourges pag. 81 Ultimo renglón en lugar de ref. 11 Ibidem
- 20 Bourges pag. 21 Ultimo renglón en lugar de ref. 12 Ibidem

- <sup>21</sup> Wardlaw pag. 82 Primer párrafo en lugar de ref. 13 Ob cit., pág. 75  
<sup>22</sup> Bourges pag. 83 tab. Selenio Ob cit., pág 68  
<sup>23</sup> Bourges pag. 83 Cuarto párrafo en lugar de ref. 14 Ibidem  
<sup>24</sup> Dietary pag. 83 Cuarto párrafo en lugar de ref. 15 Ibidem  
<sup>25</sup> Bourges pag. 84 Tab. Yodo Ibidem  
<sup>26</sup> Bourges pag. 84 Cuarto párrafo en lugar de ref. 16 Ibidem  
<sup>27</sup> Dietary pag. 84 Cuarto párrafo en lugar de ref. 17 Ob cit., pag 68  
<sup>28</sup> Bourges pag. 85 Cuarto párrafo en lugar de ref. 18 Ob cit., pág 68  
<sup>29</sup> Dietary pag. 85 Cuarto párrafo en lugar de ref. 19

### **Bibliografía**

Muñoz de Chavéz M., Chavéz Villasana A., Roldán Amaro J., Ledesma Solano J. *Tablas de valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en Latinoamérica*. Instituto Nacional de Nutrición Salvador Zubirán, Editorial Pax México, 1996.

Para contenido nutrimental de los alimentos:

“Nutritive value of foods” en *Food and Nutrition Information Center*: [www.nal.usda.gov/fnic](http://www.nal.usda.gov/fnic)

Tovar A. R. ed. *Los micronutrientes. Aspectos teóricos y prácticos*. México. Fundación Mexicana para la Salud, 2006.



# 7 **Papel del agua en el organismo**

---



# 7 Papel del agua en el organismo

Es fácil comprender que el agua es un componente indispensable en la alimentación e imprescindible para la vida del hombre. Basta mencionar que los fluidos orgánicos permiten la transportación de nutrientes, la excreción de metabolitos y sustancias extrañas. En las células actúa como solvente de compuestos que intervienen en las reacciones químicas de los sistemas metabólicos y participa en la transmisión de impulsos nerviosos. El agua es un elemento vital, como el oxígeno, para los seres biológicos. En este capítulo se hará mención de su papel nutricional.

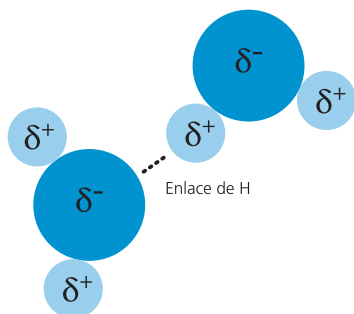


Figura 7.1 Moléculas de agua.

## PARTICULARIDADES QUÍMICAS

Como se sabe, el agua tiene una estructura molecular simple: dos átomos de hidrógeno unidos a uno de oxígeno. Ambos átomos de hidrógeno están ligados al oxígeno, en forma covalente, compartiendo un par de electrones por lo que en el oxígeno permanecen libres cuatro pares que se sitúan en el lado opuesto. Esta circunstancia, de tener una distribución impar de electrones, confiere a la molécula de agua la propiedad de ser “polar”: con una carga parcialmente negativa ( $\delta^-$ ) —por los electrones libres en el átomo de oxígeno— y parcialmente positiva ( $\delta^+$ ) en el opuesto, donde se encuentra unido a los átomos de hidrógeno. Por la atracción electrostática, positiva y negativa, las moléculas de agua se unen a su vez formando puentes como se ilustra en la figura 7.1.

Por la característica de ser altamente polar, los iones (átomo o agrupación de átomos que por pérdida o ganancia de uno o más electrones adquiere carga eléctrica) y otras moléculas se disuelven en el agua formando soluciones acuosas. En la figura 7.2 se representa a las moléculas del cloruro de sodio cuando se encuentran en forma cristalizada y cuando están en solución: como se aprecia, los iones de cloro (con carga negativa) se sitúan frente a la parte parcialmente positiva de la molécula de agua, donde se encuentran los átomos de hidrógeno, mientras que el sodio (con carga positiva) se ubica hacia la región del átomo de oxígeno donde la molécula es parcialmente negativa.

Finalmente, en razón a su unión con el hidrógeno, las moléculas de agua son impermeables, por lo que rechazan a las moléculas de compuestos hidrocarbonados no polares como los lípidos; esta propiedad se debe a la forma en que están constituidas las membranas celulares.

## EL AGUA COMO NUTRIMENTO

Para que tengan lugar las reacciones químicas y los fenómenos fisicoquímicos, el agua corporal se mantiene en constante movimiento en tres compartimentos orgánicos: intracelular, intersticial e intravascular, según se haga referencia al agua del interior de las células, a la del espacio que media entre unas y otras en las células de los tejidos o la que fluye constantemente en los vasos; a estos dos últimos se les identifica también como *compartimento extracelular*.

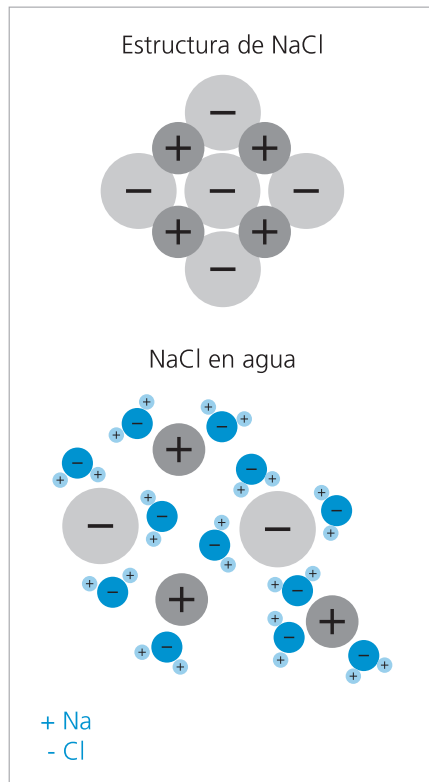


Figura 7.2 Moléculas de NaCl.

### Volúmenes de líquido en el organismo humano\*:

Volumen intracelular	24 L	(60%)
Volumen extracelular	16 L	(40%)
- Volumen intersticial	11.2 L	(28%)
- Volumen plasmático	3.2 L	(8%)
- Volumen transcelular+	1.6 L	(4%)

\*Hombre: con un peso de 73 kg y agua corporal total 40 L.

+Agua transcelular: Es el fluido luminal del tracto gastrointestinal, los líquidos del SNC, fluidos en el ojo y líquidos lubricantes en la superficie de la serosa.

### Osmosis:

Paso de disolvente, pero no de soluto, entre dos soluciones de distinta concentración separadas por una membrana semipermeable.

### Contenido de agua en algunos alimentos.

ALIMENTO	% DE AGUA
· Lechuga	96
· Pepino	95
· Sandía	92
· Brócoli	91
· Leche	91
· Espinaca	91
· Zanahoria	88
· Naranja	87
· Cereales (cocidos)	85
· Manzana	84
· Uvas	81
· Huevo	75
· Pescado	74
· Maíz	65
· Carne de res	59
· Queso (manchego)	38
· Pan blanco	37
· Mantequilla	16
· Azúcar	1
· Aceites	095

Fuente: Nutrición y Dietoterapia de Krause. 10a. ed., pp. 170.

Para algunos, el ciclo de vida en el hombre se caracteriza por ser un proceso en gradual desecación: Entre las 26 y 28 semanas de la vida fetal, se estima que del peso corporal 90% es de agua; esta proporción se reduce en los recién nacidos a 75%, en los adultos varía entre 60 y 65% y en los ancianos llega a ser de 45 a 50%. En una persona adulta alrededor de dos tercios del agua corporal se encuentran en el interior de las células (65%) y un tercio (35%) está en el intersticio de las células y en los vasos sanguíneos. El agua intracelular contiene, entre otras sustancias, proteínas (enzimas, hemoglobina) y predominan en ella los iones de potasio, magnesio, fosfato; en cambio, en el espacio extracelular dominan los iones de sodio, cloro y bicarbonato, además contiene glucosa, lipoproteínas, proteínas y compuestos proteínicos.<sup>1</sup>

El paso de agua a través de las membranas celulares obedece a diferencias en el gradiente de concentración de partículas osmóticamente activas a uno y otro lado de las membranas celulares. En la regulación del flujo de agua por las membranas celulares juegan un papel trascendente, una familia de proteínas intrínsecas conocidas como acuoproteínas: las que actúan como canales selectivos de agua regulando su paso por las membranas celulares. Estas proteínas (como lo es también la vasopresina) son importantes en las membranas de las estructuras renales encargadas de eliminar agua y solutos, particularmente en la función de concentración de la orina.

## FUNCIONES BIOLÓGICAS

Por sus propiedades fisicoquímicas, el agua no es sólo el medio en el que acontecen numerosas reacciones químicas, sino que en algunas de ellas actúa como reactivo: durante la hidrólisis de los disacáridos en la que el agua participa con la función de catalítico de las reacciones entre las enzimas y los disacáridos.

También interviene en la regulación de la temperatura corporal, mediante la evaporación del agua eliminada por los poros de la piel: por exposición al calor, por ejercicio o por las reacciones metabólicas que normalmente ocurren en el organismo: como después de comer, hay un aumento en la cantidad de energía que se absorbe por el agua de los tejidos, la que después pasa por los poros de la piel para su evaporación, disipando así el exceso de calor corporal. Se calcula que por cada litro de sudor se liberan por la piel y tejidos circundantes 600 kcal.

Por otra parte, el agua es el medio natural más importante para la eliminación de productos metabólicos y sustancias extrañas, y de ellos la urea tiene especial relevancia: pues a mayor consumo de proteínas hay mayor producción de productos aminados ( $\text{NH}_2$ ) y la mayor proporción de éstos corresponde a la urea; por esta razón el organismo requiere de un mayor volumen de agua para eliminar el exceso de urea. Por otro lado, a mayor consumo de sodio, el riñón requiere más agua para excretarlo en la orina, por lo que la pérdida obligada de agua para eliminar éstos productos tiene gran importancia.

## EL BALANCE DE AGUA

Mediante mecanismos fisiológicos que regulan la ingestión y excreción diaria de agua, el organismo mantiene un equilibrio entre los ingresos y egresos. En este balance intervienen: el riñón, que concentra o diluye solutos en la orina como respuesta a la hormona antidiurética liberada al estimular el eje hipotálamo-hipofisario y la sensación de sed que aparece al ser estimulados los osmorreceptores del hipotálamo, debido a un aumento en la osmolaridad del plasma sanguíneo. Es así como la ingestión de agua satisface



La oxidación de 100 g de grasas, hidratos de carbono y proteínas generan 107 g, 55 g y 41 g de agua respectivamente.

**Balance estimado de agua:**

**Ingresos-Egresos, en un adulto sano con actividad moderada, en un clima templado**

**INGRESOS DE AGUA**

· Líquidos	1000 ml
· Agua de los alimentos	1000 ml
· Agua por el metabolismo	300 ml
<b>Total</b>	<b>2300 ml</b>

**EGRESOS DE AGUA**

· Por la transpiración (piel)	500 ml
· Por la respiración	400 ml
· Por orina	1300 ml
· Por heces fecales	150 ml
<b>Total</b>	<b>2300 ml</b>

**Tabla 7.1** Balance de agua.

la sed para luego disminuir o diluir la concentración de solutos de la orina, o aumenta la concentración de éstos hasta en tanto se ingiera un volumen razonable de agua que disminuya la hipertonicidad del plasma; por eso es conveniente destacar que son los cambios en la osmolaridad plasmática: originada por la relación entre el volumen del disolvente y la concentración de partículas osmóticamente activas, lo que estimula la respuesta neuro-hormonal que permite mantener en balance el agua en el organismo.

En condiciones de salud, exceptuando los niños lactantes, el volumen total por ingresos de agua en 24 horas, no sólo corresponden al agua ingerida en forma natural, en bebidas o alimentos de consistencia líquida, sino también al volumen de agua que forma parte de los alimentos o es añadida durante su preparación y la que se produce de manera endógena como producto de las reacciones metabólicas (alrededor de 300 mL).<sup>2</sup>

Es fácil comprender que el balance entre los ingresos y egresos de agua corporal varía en función de la edad, la actividad física y la temperatura y humedad ambiental. Una persona adulta con actividad moderada y en un clima templado tiene un ingreso medio de agua de 2300. De tal manera que requiere, aproximadamente, 1 mL de agua por cada una de las kcalorías que gasta en 24 horas. Este volumen es satisfecho mediante la ingestión no menor a 1000 mL de agua, a otros 1000 mL contenidos en los alimentos y a 300 mL que se producen en su organismo por reacciones metabólicas. Este volumen le permitirá tener egresos (redondeados) por un volumen igual a los gastos diarios por la piel (500 mL), por los pulmones (400 mL), por la orina (1300 mL) y en las heces (150 mL) (tabla 7.1). En este mismo rubro de egresos, hay situaciones en que el organismo tiene pérdidas significativas, como al viajar en avión: por cada 3 horas de vuelo se estima que una persona pierde 1.5 L de agua, pues el aire que se respira es excesivamente seco, por lo que se incrementa la pérdida imperceptible de agua por la piel.

**RECOMENDACIONES DE INGESTA**

Si bien la necesidad de ingerir agua está supeditada a las pérdidas insensibles que de ella ocurren, éstas varían ampliamente: no solo con la edad, la actividad física o el clima, sino también por circunstancias fisiológicas como el embarazo y por la carga renal de solutos de la dieta. Es por eso que, en vez de recomendaciones lo que se hacen son sugerencias acerca del volumen de ingesta diaria.

**Lactantes y niños**

Hasta poco más del sexto mes de vida, los ingresos de agua en los lactantes dependen principalmente del volumen de agua que ingieren en la leche. A partir del sexto mes de la vida, a medida que se incorporan otros alimentos en su dieta, el agua contenida en la fruta, los vegetales, la carne y otros alimentos se compensan el volumen de agua que dejan de ingerir al reducir su consumo de leche. En términos generales, en el primer semestre de la vida se sugiere una ingesta entre 300 a 850 mL/día, que según su peso corporal varía de 100 a 150 mL/kg/día; en tanto que en el segundo semestre de la vida se sugieren de 130 a 135 mL/kg/día. Por los siguientes tres años se calcula que las necesidades de agua se satisfacen con 120 a 125 mL/kg/día y de los 4 a 8 años con 90 a 110 mL/kg/día. Las estimaciones corresponden de manera aproximada a la ingesta de 1 mL por kcaloría en la dieta de los adultos y a 1.5 mL/kcal para lactantes. Las sugerencias para la ingestión de agua aparecen en la tabla 7.2.

---

---

## NIÑOS

---

Peso	Volumen de líquidos
0.5-3 kg	120 mL/kg
3.1-10 kg	100 mL/kg
10.1-20 kg	1000 mL + 50 mL/kg por arriba de 10 kg
> 20 kg	1500 mL + 20 mL/kg por arriba de 20 kg

---

---

---

## ADULTOS

---

Edad	Volumen de líquidos
16-30 años	40 mL/kg
31-55 años	35 mL/kg
56-65 años	30 mL/kg
65 años o más	25 mL/kg
Embarazo	30 mL + a la ingestión diaria sugerida
Lactancia	750 a 1000 mL + a la ingestión sugerida

---

**Tabla 7.2** Ingestión de agua sugerida por grupos de edad .....  
Tomado de: E. Casanova, et al, *nutriología médica*, 2a ed. Editorial Médica Panamericana, México, 2001.

### Referencias:

- <sup>1</sup> M. Shils, J. Olson, M. Shike, C. Ross *Modern Nutrition in Health and Disease*, 9a. ed. Baltimore Md: Williams and Wilkins 1999.
- <sup>2</sup> K. Mahan S. Escott-Stump. *Nutrición y Dietoterapia de Krause*, 10a. ed. Nueva York: McGraw-Hill, 2000.

# 8 Evaluación del estado nutricio

---



# 8 Evaluación del estado nutricional

Salud y nutrición son condiciones inseparables e interdependientes para una vida productiva; esta particular simbiosis permite hacer inferencias acerca de la condición nutricional de una persona o de una colectividad por indicadores de salud y bienestar: pues el acceso a una alimentación adecuada, variada y suficiente, es indispensable para el desarrollo pleno de actividades diarias y para el fomento o preservación de la salud de niños y adultos, para restaurar las pérdidas diarias de nutrientes y para reponer las reservas orgánicas ante el gasto nutricional por enfermedades o cargas de trabajo que pueden ocasionar desbalances metabólicos.

## **Estado nutricional:**

*Es la medición del grado en el cual se están cumpliendo las necesidades fisiológicas de nutrientes del individuo.*

Como consecuencia del efecto negativo de infecciones reiteradas o en enfermedades crónicas disminuye la reserva de nutrientes, originando un desbalance entre los ingresos y egresos que se traduce en manifestaciones clínicas de deficiencias de nutrientes implicadas en el saldo negativo. Para ejemplificar estos conceptos, en las infecciones entéricas de los niños suele haber una pérdida excesiva de agua y electrolitos que, de no corregir este desequilibrio, pueden causarles la muerte. El tratamiento específico de este tipo de desnutrición, de carácter agudo consiste en restablecer las pérdidas de agua y electrolitos por vía oral, y en casos graves es preciso emplear la vía endovenosa para evitar la muerte.

No sólo la deficiente cantidad y calidad de los nutrientes de la dieta, o la pérdida excesiva de éstos en enfermedades afecta la nutrición de niños y adultos, ya que también una desmesurada ingestión de nutrientes energéticos se traduce en un saldo positivo que se manifiesta a largo plazo por aumento del peso corporal. Sea por una u otra circunstancia, la evaluación de el estado nutricional tiene como propósito identificar las deficiencias de nutrientes o las consecuencias por su consumo desmedido en la alimentación diaria. En este capítulo se abordan las mediciones y criterios que permiten interpretar la condición nutricional de niños y adultos, antes de decidir las recomendaciones dietéticas y nutricionales, que éstos requieren para mantener o restablecer su estado nutricional.

## **Estado de nutrición óptimo:**

*Es la traducción corporal del equilibrio entre el consumo de nutrientes y las necesidades que de éstos tiene una persona.*

## **ESTIMACIÓN INDIRECTA DE LA NUTRICIÓN**

Varios indicadores indirectos permiten valorar el estado de nutrición en una población; unos están relacionados con la alimentación: como la producción, importación y exportación de alimentos en un país o una región (que permiten calcular la disponibilidad diaria de alimentos). Otros cuantifican los daños por invalidez o la muerte ocasionada por enfermedades (tasas de morbilidad y mortalidad) en los segmentos más vulnerables de la población, sea que estos daños se encuentren asociados a deficiencias o excesos en la dieta.<sup>1</sup>

Hay otros indicadores con los que es posible hacer inferencias acerca del bienestar de la familia: como el ingreso anual por persona en una población, su escolaridad, vivienda, atención a la salud, seguridad social, equidad y otros que permiten conocer el grado de desarrollo social y económico de un país. A partir del análisis de este tipo de informes se hacen inferencias acerca del bienestar de la población y se identifican los grupos que están a mayor riesgo de padecer deficiencias nutricionales o de enfermedades asociadas a la obesidad, que se encuentran implicadas en el deceso de personas adultas.

Para la valoración directa de la nutrición a nivel individual o colectivo, es preciso obtener mediciones de distinta naturaleza, que algunos sugieren recordar por las primeras letras del alfabeto (ABCD) como medidas Antropométricas, Bioquímicas, Clínicas y Dietéticas.

### A Mediciones antropométricas

La antropometría tiene como objeto contrastar las mediciones corporales de un sujeto en estudio con los estándares de referencia. De todas las mediciones corporales posibles, cabe destacar por su importancia en la valoración de la nutrición, el peso, la estatura y los perímetros: cefálico, de brazo, abdomen y cadera, así como la medición de pliegues cutáneos: para estimar la composición corporal, figura 8.1.

En la niñez, las curvas percentilales de crecimiento en peso y estatura valoran los cambios que ocurren en estas mediciones a lo largo del proceso evolutivo, para conocer la estatura para la edad, el peso para la edad, así como también la relación del peso con respecto a la estatura y el Índice de masa corporal (IMC) para la edad en niños y adolescentes. Aunque durante la evolución estas mediciones mantienen entre ellas cierta relación, su significado es diferente: según que el crecimiento haya ocurrido de manera normal o haya habido alguna causa que diese lugar a una disminución en la velocidad del crecimiento corporal. Es oportuno mencionar que en poblaciones donde los niños están a riesgo de padecer problemas de salud y nutrición, los márgenes de desmedro y emaciación en el crecimiento suelen variar de una población a otra, según el tipo de nutrimentos implicados en la deficiencia, la etapa de la vida en que éstas ocurren y la gravedad de las manifestaciones clínicas.

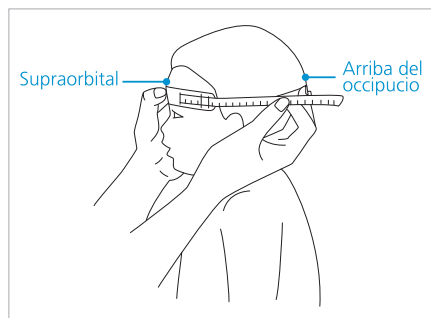


Figura 8.1 Perímetro cefálico.

#### Referencia:

Debe ser neutra, no debe implicar juicios de valor. Actúa como una vara de medir con la que se pueden establecer comparaciones.

#### Patrón:

Implica un juicio de valor, una meta o un nivel que hay que alcanzar.

#### Patrones de crecimiento infantil de la OMS:

[www.who.int/childgrowth](http://www.who.int/childgrowth)

#### Curvas de crecimiento:

[www.cdc.gov/growthcharts/](http://www.cdc.gov/growthcharts/)

### Peso para la edad

El peso corporal es un indicador de la masa corpórea; incluye la masa grasa y la masa magra (libre de grasa); ésta última comprende: músculos, huesos y agua. El peso, por sí solo, no permite diferenciar estos componentes por lo que son necesarias otras variables antropométricas: estatura, sexo, pliegues cutáneos y perímetros corporales. Es así como es posible calcular algunos indicadores que permitan estimar el contenido de grasa corporal y de masa magra. En los niños, el peso corporal es la medida más sensible para juzgar su condición nutricional. El índice peso para la edad (P/e) traduce el volumen de masa corpórea a una edad determinada.

Si el peso corporal corresponde al esperado para la edad de un niño (según los estándares de crecimiento somático) se puede afirmar, con cierto grado de certidumbre, su condición de eutrofia; sin embargo, para confirmar esta opinión es necesario comprobar que su estatura coincide con su edad. En cambio, si el peso es menor al esperado para la edad de un niño y el déficit es mayor de 10%, habrá que considerar que se encuentra desnutrido. Si su talla es también menor para la edad, puede ser consecuencia de la detención en su crecimiento corporal debido a que padeció desnutrición en una etapa anterior de su vida.

Aunque en la actualidad hay otros criterios antropométricos para el diagnóstico de desnutrición en los niños, aún se emplea la clasificación propuesta por el doctor Gómez. Con este criterio se considera el porcentaje de decremento del peso corporal, con respecto a aquel referido como normal en niños de la misma edad y sexo, del sujeto en estudio. Un índice P/e de  $100 \pm 10\%$  indica que el peso corresponde a lo esperado para la edad; si el déficit es mayor de 10% y menor de 25%, se califica como *desnutrición de*

*primer grado*; en caso de que el porcentaje de déficit sea mayor de 25% y menor de 40%, la desnutrición será de segundo grado y si la pérdida es mayor de 40% se considera como de tercer grado.

### **Clasificación de la desnutrición, de Gómez**

CLASIFICACIÓN	PORCENTAJE
Normal	91 a 110
Grado I	90 a 76
Grado II	75 a 61
Grado III	60 o menos

**Tabla 8.1** Clasificación de la desnutrición de Gómez

**Fuente:** F. Gómez, “Desnutrición” Boletín médico, núm.3. Bol Med Hospital Infantil de México, 1946; 3: 543-51.

### **Estatura para la edad**

La talla o estatura para la edad (E/e) corresponde al crecimiento lineal de los niños, con respecto a estándares de referencia para su edad; de cierta manera permite hacer conjeturas acerca de su condición de salud y nutrición. En los menores de dos años esta medición corresponde a la longitud corporal registrada en posición supina.

**Desmedro:**  
Baja estatura para la edad.  
**Emaciación:**  
Bajo peso para la estatura.

Cuando se dice que un niño tiene “talla baja” significa que su estatura está por abajo de la correspondiente a su edad cronológica. Dicha eventualidad puede ocurrir por el hecho de que sus padres son de estatura baja, o bien porque la velocidad del crecimiento en estatura se haya visto afectada por desnutrición (desmedro): particularmente en etapas críticas del crecimiento, o porque los niños padecen alguna enfermedad de evolución prolongada o algún padecimiento endocrino de índole genético. Cualquiera de estas causas puede explicar la razón del déficit en la estatura.

### **Peso para la estatura**

El peso para la estatura es un índice que relaciona el peso corporal con la estatura (P/E). No requiere conocer la edad del niño, por lo que el índice es ajeno a los parámetros en los indicadores P/e y E/e. El P/E responde tanto al crecimiento lineal como al incremento en la masa corpórea en edades previas. Si el crecimiento en peso y estatura ha acontecido de manera armónica, indica que han prevalecido en él condiciones óptimas de nutrición y salud que se expresan como eutrofia; en cambio, si en la corta vida de un niño ha estado sujeto a una alimentación deficiente y a enfermedades recurrentes en etapas críticas de su crecimiento, el déficit de peso corporal y la estatura reflejan la adaptación de su organismo a las deficiencias de nutrimentos.

Cabe hacer mención que el peso bajo en un niño con una estatura normal indica que el nivel de desnutrición en él es reciente; en cambio, cuando hay déficit de estatura se interpreta como un niño crónicamente subalimentado. De esta manera se pueden interpretar las cuatro posibilidades de diagnóstico que incluye la clasificación de Waterlow, como se muestra en la tabla 8.2. Como la emaciación y el desmedro representan procesos biológicos distintos, Waterlow propuso una clasificación en la que la emaciación y el desmedro se registran en forma separada.

**Tabla 8.2** Clasificación de la desnutrición según Waterlow

		% PESO / ESTATURA			
		Normal	Bajo (emaciación)		
			Leve	Moderado	Grave
% ESTATURA / EDAD	Normal	90-100 Normal	89-80	79-70	<70
	96-105	Normal	Desnutrición aguda (emaciación)		
Bajo (desmedro)	Leve	Desnutrición pasada y recuperada (desmedro)	Desnutrición crónica y aguda (desmedro y emaciación)		
	Moderado	Empequeñecimiento			
	Grave				
		<80	89-80	95-90	

**Fuente:** JC, Waterlow "Classification and definition of protein-calorie malnutrition". *Br Med J* 1972; 3:566-9.

### Perímetro de cintura

Por la facilidad para la medición del perímetro de la cintura y su utilidad para identificar a personas con riesgo de padecer enfermedades crónicas asociadas con el sobrepeso-obesidad, ha sido una medición recomendada como indicador de riesgo de padecer estas enfermedades: permite reconocer un exceso de grasa subcutánea, visceral y retroperitoneal: pues hay una correlación directa entre el contenido de grasa y este perímetro.

### Perímetro del brazo

A nivel colectivo, en niños menores de cinco años, la circunferencia del brazo puede ser un indicador de riesgo de muerte por desnutrición. Esta medición se emplea como filtro en situaciones de emergencia social, para hacer el diagnóstico de la desnutrición aguda en los niños de 6 a 59 meses de edad. Sin embargo, cuando se usa en niños de 6 a 12 meses de edad, sobreestima la frecuencia de esta enfermedad: en ellos se consideran 14 cm como punto de corte de un perímetro normal. En caso de que el perímetro se encuentra entre 12.5 y 14 cm el niño se califica con una desnutrición moderada y si la medición es <12.5 cm, se considera que la desnutrición es severa.

### Pliegues cutáneos

Desde la niñez las mujeres tienen mayor cantidad de tejido adiposo que los hombres. Normalmente se estima que la mitad de la grasa se encuentra en el tejido subcutáneo y que el grosor de la piel es más o menos constante. Por otra parte, en los hombres el tejido adiposo predomina en tronco y abdomen y en las mujeres es mayor en muslos y cadera. Con base en estos argumentos se considera que la medición de los pliegues cutáneos permite hacer una estimación razonable del grado de adiposidad corporal. Para estimar la cantidad de grasa total, se han hecho estudios del grosor de los pliegues cutáneos en diversos sitios del cuerpo.



### Valoración por puntajes z

El procedimiento estadístico de valoración por puntaje z consiste en ubicar la medición del peso o la talla; en la dispersión de la curva de frecuencias de mediciones hechas en una población de sujetos tomada como estándar de referencia; sea para valorar la medición de un niño o el promedio obtenido como medida de resumen en un grupo en estudio. Asimismo se calcula la ubicación de la medición del niño o del promedio de los sujetos, en la curva de dispersión tomada como estándar (donde el valor de z corresponde a una desviación estándar). Por ejemplo, si se pretende calcular el puntaje z que corresponde al peso de 7.3 kg de una niña de un año de edad, donde el promedio, la mediana o el percentil 50, considerado como normal, es de  $9.8 \pm 1.1$  kg, el puntaje z se obtiene restando 7.3 kg a 9.8 kg, para luego dividir el resultado entre la desviación estándar (z) de la población normal, así:  $z = (7.3 - 9.8) \div 1.1 = -2.27$ . Este resultado:  $-2.27$ , permite situar el peso de la niña (o el promedio de un grupo) por abajo de dos desviaciones estándar ( $z = -2.27$ ).

Si el puntaje z del peso o estatura de un niño (o el promedio obtenido en un grupo de niños de la misma edad) permanece sin cambios significativos durante un lapso pertinente, indica que el crecimiento corporal mantiene una velocidad estable. Si la diferencia de peso fuese no menor o mayor de una desviación z (dentro del margen de  $\pm 1$ ), la medición corresponde a lo normal; en cambio, si el puntaje z estuviera por debajo de  $<-1$  indicaría desnutrición. A este respecto la OMS recomienda (en encuestas regionales o nacionales) los siguientes puntos de corte: desnutrición ligera:  $-1.1$  a  $-2$  z. Moderada:  $-2.1$  a  $-3$  z y severa:  $-3$  z. Es oportuno hacer mención que en la valoración individual del crecimiento; es preferible que los juicios se hagan a partir de los valores absolutos de las mediciones obtenidas en forma seriada: tomando en cuenta los incrementos registrados y comparando la magnitud de éstos con el de aquellos que corresponderían a niños de la misma edad, en la población de referencia.

### Índice de masa corporal

El índice de masa corporal también conocido como *índice de Quetelet* (Adolph Quetelet, 1871) ha cobrado en años recientes particular relevancia en la valoración antropométrica del estado de nutrición de personas adultas y empieza a ser utilizado en niños y adolescentes: debido a la accesibilidad de estándares de referencia durante el proceso evolutivo entre los dos y los 20 años de edad. El índice se calcula a partir de las mediciones de peso y talla de una persona, de la siguiente manera: Peso en kg entre la estatura en  $m^2$ ; los resultados se expresan en  $kg/m^2$ . En la tabla 8.3 aparecen los criterios sugeridos por la OMS para valorar adultos de ambos sexos y la interpretación de los resultados.

CLASIFICACIÓN	IMC ( $kg/m^2$ )
Obesidad	$\geq 30$
Sobrepeso	25 - 29.9
Peso normal	18.5 - 24.9
Desnutrición	$< 18.5$

Tabla 8.3 Índice de masa corporal

Fuente: *Who Technical Report Series*, núm. 854, 1995.

En adultos puede decirse que este índice es independiente de la estatura; sin embargo, cuando ésta es  $<1.50$  m o  $>1.90$  m, el IMC se ve afectado por la talla. Es un buen indicador de adiposidad, de tal manera que las personas con un IMC igual y superior a 30 tienen exceso de masa grasa; en la medida que éste índice sea mayor, indica mayor adiposidad. Cabe hacer mención que con este criterio no es posible distinguir el peso que corresponde a la masa muscular, particularmente cuando su valor está comprendido entre 25 y 29: a este nivel de sobrepeso, en ciertas condiciones no puede afirmarse que éste sea por exceso de grasa.

Para la correcta interpretación del IMC es necesario hacer las siguientes consideraciones:

- Los valores límite para el sobrepeso propuestos por OMS no representan metas para llevar a cabo programas de intervención. Los márgenes del IMC entre 18.5 a 24.9: señalados como límites de lo normal, no indican que una persona no pueda tener alguna consecuencia: ya que para un sujeto con 1.75 m de estatura, entre ambos márgenes de la normalidad, teóricamente hay en peso una diferencia de 20 kg:  $(1.75)^2(18.5) = 56.6$  kg;  $(1.75)^2(24.9) = 76.2$  kg.
- El aumento de peso en la vida adulta, por si solo, puede estar asociado a una mayor morbilidad y mortalidad.
- Los valores límite de sobrepeso no deben ser interpretados en forma aislada, sino con otros factores como consumo de tabaco, presión arterial, concentración de lípidos en la sangre, intolerancia a la glucosa, distribución de la grasa corporal y otros.

### *Técnicas de medición antropométrica*

Las mediciones deben tener un margen de confiabilidad razonable para expresar un diagnóstico correcto acerca de la condición nutricia de una persona. Es por eso necesario obtenerlas de acuerdo con una cuidadosa metodología que permita un mayor grado de exactitud, precisión y reproducibilidad de las mediciones, sean éstas hechas por dos o más observadores. Para conocer las divergencias y disminuir el margen de discrepancia entre las mediciones obtenidas por un observador en un mismo sujeto y aquellas recabadas en el mismo sujeto por otro observador, es necesario llevar a cabo ejercicios de estandarización que permitan homogeneizar las mediciones.

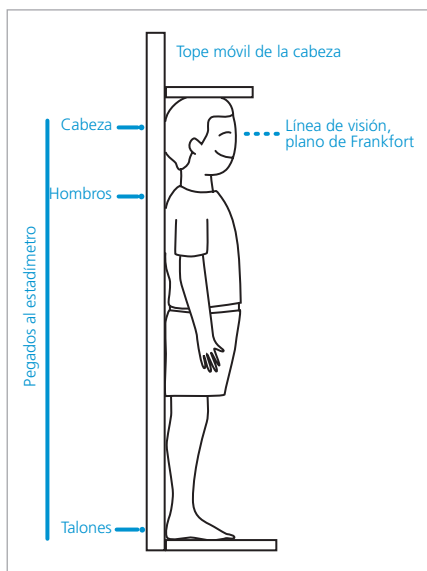
### *Medición del peso corporal*

Para la medición del peso en adultos y niños se recomienda usar una báscula de pie con una aproximación de 100 g o una electrónica; cualquiera deberá ser colocada en una superficie plana, horizontal y firme; no se recomiendan las básculas tipo “baño”. Para los niños lactantes se requiere una báscula “pesa bebé” o con registro electrónico, que permita obtener el peso del niño en posición supina. Independientemente del tipo de balanza, antes de cada medición el observador debe confirmar que ésta marque cero. También se aconseja que la báscula sea calibrada con frecuencia y confirmar su exactitud una o dos veces al año: según el uso que se haga de ella.

Para la correcta medición del peso, la persona debe estar en posición recta y relajada, de frente a la báscula. Las manos extendidas y descansando lateralmente en los muslos, los talones deben estar ligeramente separados y sin hacer movimiento. La persona deberá usar ropa ligera y sin algún accesorio o material que pese. También deberá estar descalza.

### *Medición de la estatura*

Para la medición de la estatura en niños mayores de 2 años y hasta adultos, se emplea un estadímetro comercial o se puede construir uno con dos planos de madera en ángulo recto (o usar una pared plana y vertical cuyo piso sea horizontal y liso); adhiriendo una cinta rígida de 1 a 1.5 cm de ancho y 2.0 m de largo como se muestra en la figura 8.2. Conviene señalar que estadímetros incorporados a algunas básculas de pie, no son confiables para la medición de la estatura.



**Figura 8.2** Medición de la estatura.

La medición de la estatura deben hacerla, conjuntamente, dos personas: una de ellas deberá vigilar la posición del tronco y la cabeza, y es la que hará la medición; la otra persona cuidará que el segmento inferior del cuerpo cumpla con los siguientes requisitos:

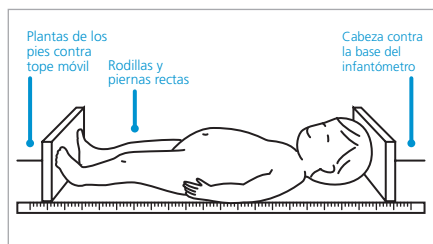
1. La medición se hará con los pies descalzos y juntos, a nivel de los tobillos y con las puntas de los dedos ligeramente separadas, bien apoyados en el piso y con los talones pegados al soporte (o a la pared).
2. Las rodillas deberán estar bien extendidas: con las nalgas, la espalda y la cabeza adosadas al estadímetro o pared, los brazos deberán estar a lo largo de los costados del tronco.
3. El individuo debe encontrarse recto, sus ojos deben mirar hacia un punto en el horizonte y sin mover la cabeza. El extremo superior de las orejas y el ángulo externo de los ojos, deben estar en una línea paralela al suelo, como se indica en la figura 8.2.
4. El plano horizontal en el extremo del estadímetro: con el cual se hará la medición, se debe colocar en el vértex de la cabeza, en ángulo recto.
5. La lectura se hará con una aproximación de 0.5 cm.

### ***Medición de la longitud***

La longitud es equivalente a la estatura, pero se toma con el niño en posición supina (acostado boca arriba), midiendo la longitud coronilla-talón. Este método se utiliza para niños menores de dos años como se muestra en la figura 8.3.

El instrumento para medir la longitud es conocido como infantómetro; la medición se realiza de la siguiente manera:

1. Se requieren dos personas, para hacer esta medición.
2. Quitar los zapatos al pequeño.
3. Colocarlo en posición supina en la superficie que tiene un tope en un extremo y una tira corrediza en el otro: con lo que es posible definir la medición que corresponde a la longitud del niño en la cinta métrica fija a la superficie lateral, por donde se desliza la tira.
4. Se procura que el niño quede recto en la superficie, con los hombros y nalgas asentadas y la cabeza endosada al tope fijo del instrumento.
5. El auxiliar deberá sostener la cabeza en la posición correcta. Quien vaya a tomar la medición deberá cuidar que el niño esté completamente extendido, para esto, colocará el brazo izquierdo sobre las rodillas del pequeño y sujetará sus tobillos, sosteniendo los pies en ángulo recto.
6. Deberá usar la mano derecha para deslizar el tope móvil, hasta hacer contacto firme con los talones del niño. Antes de hacer la lectura.



**Figura 8.3** Medición de la longitud.

### Medición del perímetro de brazo o perímetro medio braquial

Antes de medir la circunferencia deberá localizar el punto medio del brazo: flexionando el brazo en ángulo recto para marcar el punto que corresponde a la mitad de la distancia entre el hombro a nivel del acromion (apéndice de la clavícula) y el codo, a nivel de olécranon (apéndice del húmero). Luego hará su medición con una cinta métrica flexible e inextensible de material plástico, procurando que ésta no se encuentre ni muy ajustada ni muy holgada, como se señala en la figura 8.4.

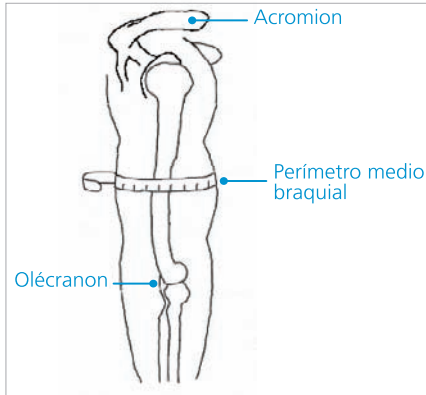


Figura 8.4 Medición del perímetro de brazo.

El perímetro medio braquial es una medida indirecta del depósito de proteínas musculares: por lo que este indicador está asociado con la desnutrición aguda. Una medición menor de 14.5 cm en niños de uno a cuatro años, permite identificar los niños que precisan de otras mediciones para mayor precisión en la identificación de niños con desnutrición leve, según el indicador peso para la talla.

### Medición del perímetro de cintura

Se obtiene a nivel de la cicatriz umbilical, o bien a un nivel intermedio entre el último arco costal y la cresta iliaca, procurando que la cinta esté correctamente adosada a la piel, sin ejercer presión alguna. La circunferencia o perímetro de la cintura tiene cierto valor para juzgar la adiposidad central.

Los puntos de corte para la circunferencia de cintura en adultos, son los que se dan a continuación en la tabla 8.4. Los valores por arriba de estos puntos de corte indican riesgo alto de enfermedades cardiovasculares, diabetes mellitas tipo 2 e hipertensión.

#### OBESIDAD CENTRAL

CIRCUNFERENCIA DE CINTURA (ATP III) (NIH)\*

CIRCUNFERENCIA DE CINTURA (Secretaría de salud-México)

Hombres > 102 cm  
Mujeres > 88 cm

> 90 cm  
> 80 cm

Tabla 8.4 Circunferencia de cintura .....

\* NIH: Institutos Nacionales de Salud de los Estados Unidos.

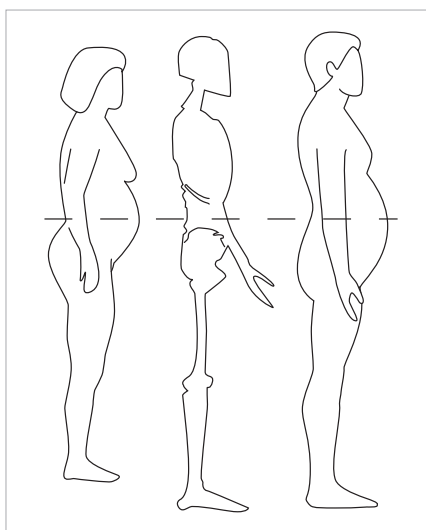


Figura 8.5 Circunferencia de cintura.

### Pliegues cutáneos

Con base en la premisa de que 50% de la grasa corporal se encuentra en el tejido subcutáneo y que hay una proporción constante entre la grasa corporal total y la de este tejido, se estima la adiposidad de una persona, midiendo sus pliegues cutáneos mediante plicometría. La razón para considerar varios pliegues se debe a que hay un patrón diferente en el depósito de la grasa, genéticamente determinado; es necesario considerar su medición en varios sitios para estimar la cantidad de grasa en una persona. Es pertinente aclarar que la confiabilidad de la plicometría en la medición de la grasa corporal, disminuye conforme el grado de obesidad sea mayor.

### Técnica para la medición de pliegues

Para la medición se emplea un plicómetro o calibrador de pliegues cutáneos con el cual se mide (en milímetros) el grosor del tejido adiposo subcutáneo. Hay varios tipos de calibradores, pero los más usados son conocidos por el nombre de sus inventores: Lange, Harpender (de mayor exactitud) y Holtain.

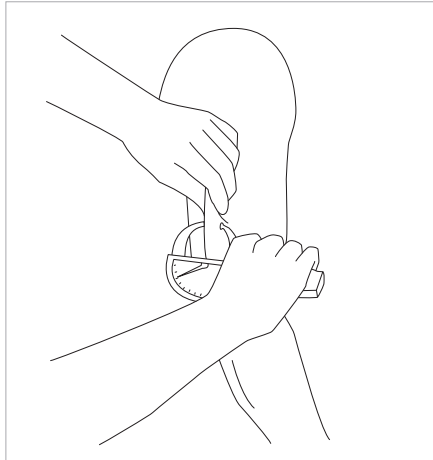


Figura 8.6 Pliegue tricaptal.

La técnica empleada requiere localizar cuidadosamente el sitio seleccionado para la medición del pliegue y un cuidadoso seguimiento del método de medición que consiste en:

1. Seleccionar el lado en que se harán las mediciones (los investigadores anglosajones generalmente seleccionan el lado derecho, mientras los europeos se inclinan por el lado izquierdo).

2. La persona debe permanecer de pie con los pies juntos y los brazos colgando libremente a los lados del cuerpo.

3. Se localiza el sitio para la medición, a partir de un referente óseo que sea fácilmente identificable. Se usa una cinta métrica flexible para precisar los puntos donde se harán las mediciones: marcándolos con un bolígrafo.

4. En el sitio marcado, se toma el pliegue (con los dedos índice y pulgar de la mano izquierda) procurando no tomar el tejido muscular. La cantidad de tejido que se toma (al pellizcar) debe ser suficiente para formar un doblez manteniendo los lados paralelamente.

5. El calibrador se coge con la mano derecha y se coloca de manera perpendicular al eje longitudinal del pliegue, procurando que la carátula de lectura quede hacia arriba, para hacer la lectura.

6. Con las ramas del calibrador abiertas, se procura colocar los extremos justamente en el punto medio del pliegue: aproximadamente a 1 cm de los dedos que lo sostienen, para que la presión de los dedos no afecte la medición como se muestra en la figura 8.6.

7. Se permite que el calibrador presione el pliegue por 3 a 4 segundos, antes de tomar la lectura en mm. (Si se deja que el calibrador presione el pliegue por más de 4 segundos la medición será gradualmente menor, pues los líquidos tisulares en el tejido comprimido se evaden).

8. Mientras se hace la medición, los dedos no deben dejar de sostener el pliegue.

9. El calibrador debe ser abierto antes de retirarlo del pliegue: para no lastimar al paciente.

10. Las mediciones deben hacerse por duplicado. La diferencia entre ambas no debe ser mayor a 2 mm (de lo contrario se debe repetir la medición).<sup>1</sup>

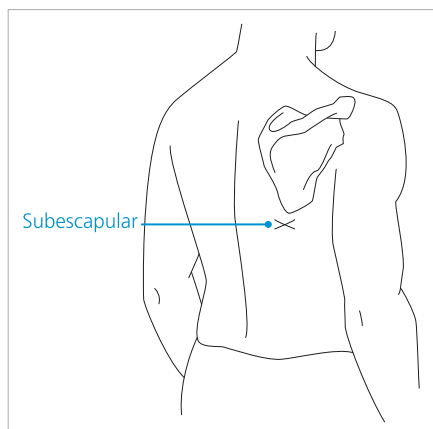
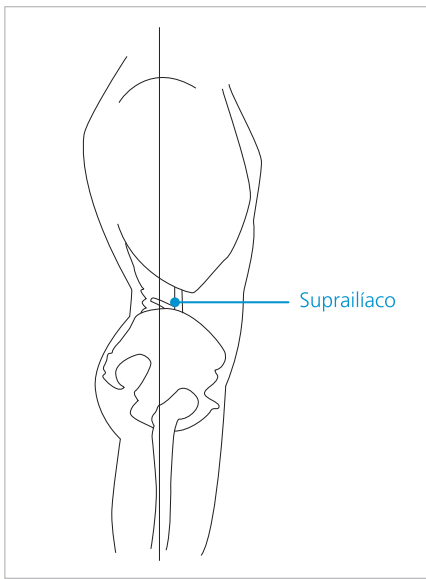
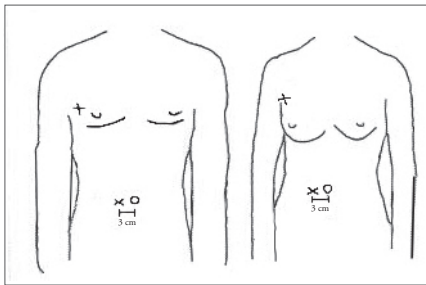


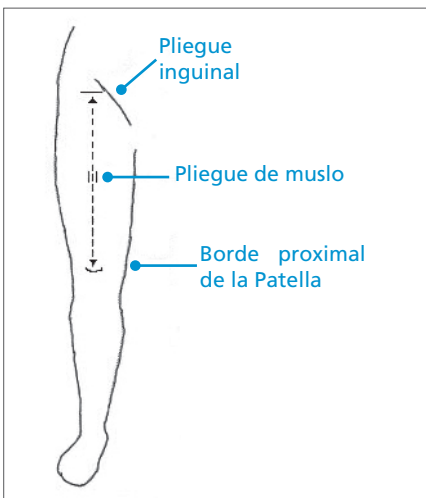
Figura 8.7 Pliegue subescapular.



**Figura 8.8** Pliegue suprailíaco.



**Figura 8.9** Pliegues pectoral y abdominal en ambos sexos.



**Tabla 8.10** Pliegue de muslo.

### *Pliegue cutáneo tricipital*

Es el más utilizado.

1. La medición se obtiene en la cara posterior del brazo, en el punto medio entre el acromion del omóplato y el olécranon del cúbito. El punto se marca en la piel con el brazo flexionado por el codo a 90° y con la palma de la mano orientada hacia la parte anterior del cuerpo.
2. Una vez localizado y marcado el punto donde se realizará la medición, ésta se hace manteniendo el brazo relajado y colgando lateralmente. (figura 8.6)

### *Pliegue cutáneo subescapular*

1. Este pliegue se mide inmediatamente abajo y por fuera del ángulo del omóplato.
2. El sitio se localiza con mayor facilidad al flexionar el brazo del sujeto hacia atrás de la espalda.
3. El punto de medición corresponde al ángulo interno debajo de la escápula. La dirección del pliegue debe ser perpendicular a la línea vertical de la columna vertebral.
4. La medición se hace con el sujeto de pie con los brazos relajados hacia los lados (figura 8.7).

### *Pliegue cutáneo suprailíaco*

1. El paciente debe estar de pie, con los pies juntos y los brazos colgando hacia los lados.
2. La medición se hace con el pliegue en dirección oblicua, por arriba de la cresta iliaca (a nivel de la línea media axilar) (figura 8.8).

### *Pliegue pectoral*

1. El pliegue se toma diagonalmente, justo en la parte mas alta del pliegue axilar anterior (1cm debajo de este)(Fig 8.9).

### *Pliegue abdominal*

1. El individuo deberá estar de pie con los brazos a los lados. Deberá relajar los músculos abdominales y respirar normalmente.
2. Se marca el lugar 3 cm a la derecha de el punto medio del ombligo y 1 cm por debajo de este. El pliegue se toma de manera horizontal.

### *Pliegue de muslo*

1. El individuo debe estar parado, relajando la pierna que se está midiendo, doblando ligeramente la rodilla y manteniendo el pie plano sobre el piso.
2. La medida se tomará en el punto medio del muslo, entre el pliegue inguinal y el borde superior de la patella (punto mas alto de la rodilla). El pliegue se tomará de manera vertical (figura 8.10).

## Estimación de la grasa corporal

Diversos autores han formulado ecuaciones para estimar la grasa corporal a partir de mediciones antropométricas. Entre las más utilizadas están las de Sloan (1962, 1967), Durnin/Womersley (1974), Jackson/Pollock (1980), Lohman (1981), entre otras. Para fines de este libro se utilizará la ecuación de Jackson y Pollock, validada para adultos de 18 a 55 años de ambos sexos, la cual da resultados más cercanos a los arrojados por impedancia bioeléctrica.<sup>3</sup>

Además de evaluar la grasa corporal total, toma en cuenta la distribución de la grasa, ya que utiliza pliegues de tronco y extremidades, lo que define mejor la distribución tronco-extremidades de la grasa corporal.

### **Hombres:**

$$\% \text{ de grasa} = 0.29288 (X) - 0.00050 (X)^2 + 0.15845 (\text{edad}) - 5.76377$$

### **Mujeres:**

$$\% \text{ de grasa} = 0.29699 (X) - 0.00043 (X)^2 + 0.02963 (\text{edad}) + 1.4072$$

**Ecuación de Jackson y Pollock para estimar la grasa corporal** .....

*X = Suma de los pliegues de: abdomen, suprailiaco, triceps y muslo (en mm).*

*Edad en años.*

**Fuente:** Jackson AS, Pollock ML. 1985. Practical assessment of body composition. Physician and Sportsmedicine 13(5):76-90. En: Lee R, Nieman D. Nutritional Assessment (3a ed) McGraw-Hill. 2003.

El valor obtenido de porcentaje de grasa a partir de estas fórmulas se compara con los rangos normales para las diferentes edades y sexos (tabla 8.5).

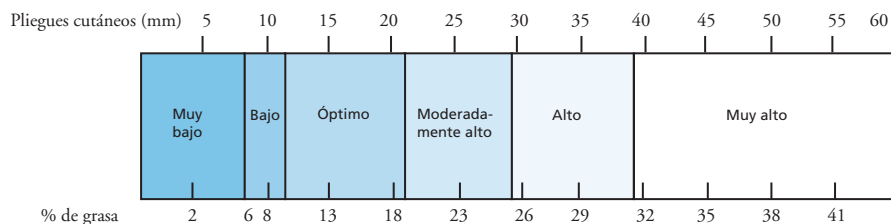
Rangos de grasa corporal	Hombres		Mujeres	
	≤ 17 años	≥ 18 años	≤ 17 años	≥ 18 años
Rango no saludable (muy bajo)	≤ 6%	≤ 5%	≤ 11%	≤ 8%
Rango aceptable (límite bajo)	7 - 16%	6 - 15%	12-22%	9-23%
Rango aceptable (límite alto)	17 - 24%	16 - 24%	23-31%	24-31%
Rango no saludable (muy alto)	≥ 25%	≥ 25%	≥ 32%	≥ 32%

**Tabla 8.5 Rangos normales de porcentajes de grasa en el cuerpo** .....

**Fuente:** Lee R, Nieman D. Nutritional Assessment (3a. ed) New York: McGraw-Hill. 2003.

Para niños y adolescentes (6 a 17 años de edad), el abordaje más sencillo para determinar la grasa corporal sería a partir de la suma de 2 pliegues cutáneos: tríceps y subescapular, utilizando los siguientes puntos de corte:

Varones:



Mujeres:

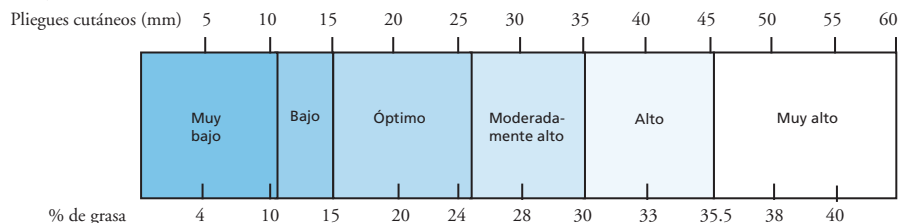


Figura 8.11 Pliegues tricútipal + subescapular ....

Fuente: Lee R, Nieman D. Nutritional Assessment (3a. ed) New York: McGraw-Hill. 2003.

En el siguiente nomograma también se puede calcular fácilmente el porcentaje de grasa corporal, a partir de la suma de 3 pliegues cutáneos. Este nomograma puede utilizarse para hombres (pectoral, abdomen y muslo) y mujeres (tríceps, suprailíaco y muslo) adultos.

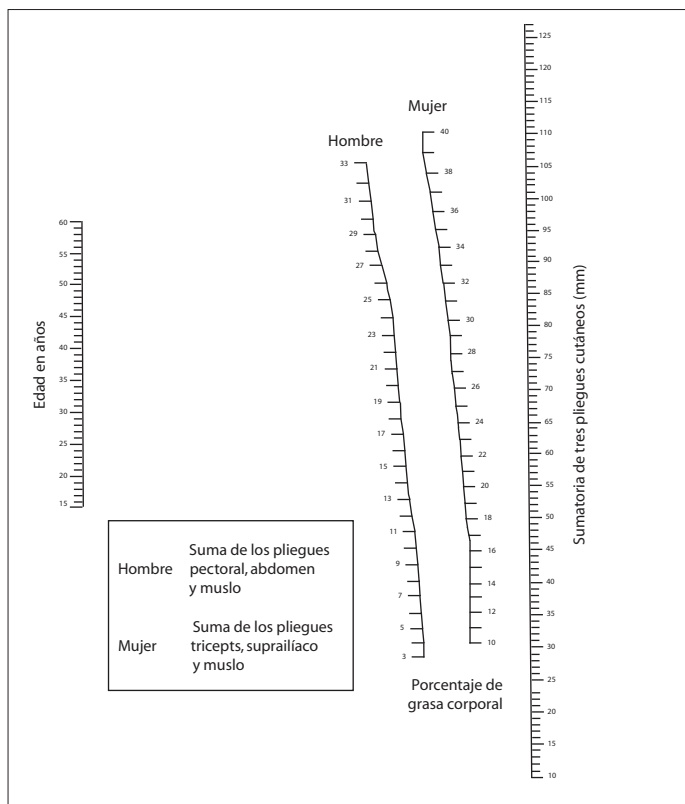


Figura 8.12 Nomograma para calcular el porcentaje de grasa a partir de la sumatoria de tres pliegues cutáneos.

Con una regla, una la edad (eje izquierdo) con el valor de la sumatoria de los pliegues (eje derecho) .....

Fuente: Research Quarterly for Exercise and Sport 1981; 52(3). En: Lee R, Nieman D. Nutritional Assessment (3a. ed) New York: McGraw-Hill. 2003.



## B. Mediciones bioquímicas

Las mediciones bioquímicas para la identificación de personas con alteraciones nutricias, sea en encuestas que pretenden valorar el estado nutricional de una población o para confirmar observaciones compatibles con enfermedades carenciales o excesos, son indispensables en el diagnóstico temprano de estas enfermedades: cuando es posible reconocer una disminución de las reservas de nutrientes o bien para cuantificar la prevalencia de personas afectadas por la enfermedad en estadios clínicos avanzados. Consisten en estudios de laboratorio que permiten medir en la sangre, secreciones o tejidos, la concentración de vitaminas o minerales; sea para cuantificar la concentración de sustancias metabólicas o para medir la concentración de sustancias cuya síntesis depende de los nutrientes. Por los costos que implican los métodos y la tecnología empleada, estos estudios se usan en la investigación de casos clínicos y algunos en encuestas de nutrición, donde generalmente se escogen marcadores bioquímicos sencillos con menor complejidad metodológica y bajo costo; de esta manera se identifica a las personas que deben ser motivo de estudios bioquímicos, fisiológicos y de radio imagen. El problema del diagnóstico bioquímico radica en el reto de fijar los límites entre la normalidad, la deficiencia y el riesgo.

Hay estudios clínicos que aportan con bastante certidumbre, información acerca de deficiencias o enfermedades metabólicas como se muestra en la (tabla 8.6).

---

### ENFERMEDAD

### CONCENTRACIONES DE

---

Deficiencia de hierro	Hemoglobina, ferritina
Desnutrición	Albumina sérica y globulinas
Deficiencia de vitamina C	Vitamina C leucocitaria
Deficiencia de vitamina A	Vitamina A plasmática
Hipercolesterolemia	Colesterol plasmático, LDL y HDL
Deficiencia de calcio	Calcio y fósforo en la sangre
Diabetes	Glucosa en la sangre

---

Tabla 8.6 Mediciones bioquímicas .....

## C. Mediciones clínicas

Los estudios clínicos incorporan mediciones: bioquímicas, fisiológicas, antropométricas, mentales y de otra índole, la información permite identificar la enfermedad, dolencia o malestar que aqueja a las personas, y permite reconocer cambios o alteraciones, transitorias o permanentes, a las que pueden dar lugar algunas deficiencias específicas. La agudeza con la cual el médico interpreta la información clínica y las mediciones, es lo que permite plantear el diagnóstico de los problemas nutrimentales; sean éstos por aporte deficiente en la dieta, por defectos metabólicos que impiden su aprovechamiento o por excesos en la alimentación. Por cualquiera de estas circunstancias se manifiestan trastornos funcionales y alteraciones morfológicas en órganos, aparatos o sistemas que pueden alterar la inmunidad, la función cardíaca, los elementos figurados de la sangre, el sistema óseo, la visión, la conducción nerviosa y otras disfunciones. No es raro que la deficiencia sea múltiple, así las manifestaciones y los datos obtenidos en los diversos estudios a los que son sometidos los enfermos, pueden causar alguna confusión al médico; es por eso que debe hacer una cuidadosa valoración de los datos clínicos e identificar los que tienen relación con la nutrición sólo así podrá indicar un tratamiento adecuado.

#### ***D. Evaluación dietética***

La información dietética recabada por encuestas hechas en grupos de población tiene como objeto conocer las características de la alimentación e identificar las posibles deficiencias o excesos dietéticos a los que están expuestos: reconociendo, además, los segmentos de la población que puedan estar más afectados. Es deseable que, como complemento a esta información, se tengan otros datos que son indispensables para identificar problemas sociales y de salud pública con el objeto de diseñar programas encaminados a corregir las deficiencias o los excesos en la alimentación.

##### ***Encuestas nacionales o regionales***

En México, en las últimas Encuestas Nacionales de Nutrición (1988, 1999 y 2006), además de la información dietética de la familia, se obtiene el peso y la talla de los niños menores de cinco años y de las mujeres en edad reproductiva (ENSANUT) 2006 también se incluyeron hombres adultos), y una muestra de sangre que permita estimar la prevalencia de deficiencias en algunas vitaminas y minerales.

La información dietética permite conocer el consumo de alimentos que conforman la dieta, para estimar la ingestión de nutrimentos y poder contrastar los resultados con las recomendaciones que de ellos se hacen en una dieta normal: según la edad y sexo. La complejidad de este tipo de investigaciones para evaluar la nutrición, requiere un adecuado programa de capacitación del personal que obtendrá la información.

Para obtener información de las Encuestas Nacionales de Nutrición:  
[www.insp.mx](http://www.insp.mx)

El registro y la valoración dietética de un individuo o de una población es una tarea difícil, implica una laboriosa preparación técnica para obtener la información y dar respuesta a las preguntas que se pretende responder con la investigación. Para recabarla es preciso diseñar cuestionarios ágiles que faciliten la obtención de información sin influir en la persona entrevistada, e idear una forma práctica para estimar las cantidades de alimentos e ingredientes complementarios en la preparación de los “platillos”, y las cantidades que de éstos consumen diariamente. No menos difícil es estimar la composición nutrimental de los alimentos ingeridos, por lo que es necesario entrenar al personal que participará.

##### ***Estudios en grupos humanos***

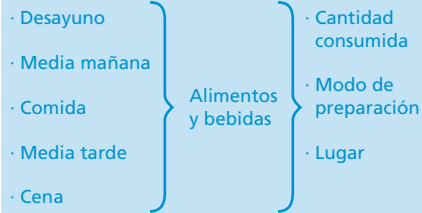
No sólo a nivel poblacional se realizan estudios dietéticos, sino también para dar respuesta a problemas particulares en grupos humanos sometidos a investigaciones clínicas asociadas a la nutrición. En ese caso, se emplean técnicas para cuantificar la ingestión de alimentos: unas que lo hacen en forma retrospectiva y otras desarrolladas de manera prospectiva.

##### ***Estudios dietéticos retrospectivos***

Entre éstos, cabe mencionar los conocidos en el argot de la Nutrición como “Recordatorio de 24 horas”, “Cuestionario de frecuencia de consumo”, “Diario de alimentos” (sea por tres días, una semana o más tiempo) e “Historia dietética”. La selección de alguna de éstas técnicas dependerá del grado de certidumbre que el investigador requiere de la información dietética que usará en su investigación.

### Recordatorio de 24 horas

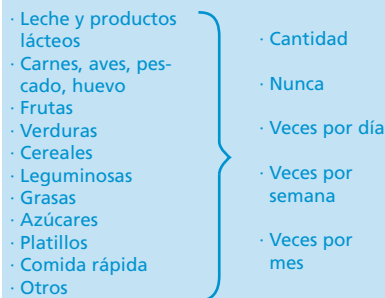
Se deben de indicar todos los alimentos y bebidas que se consumieron el día anterior:



### Ejemplo:

#### Cuestionario de frecuencia de consumo

Señale con qué frecuencia (por día, por semana, por mes o nunca) consume los siguientes alimentos (indicando las cantidades).



### Recordatorio de 24 horas

Consiste en obtener información de los alimentos que una persona recuerda haber ingerido un día antes y de la cantidad que ingirió de estos. La principal limitación de este procedimiento es el sesgo de memoria en la información recabada y la dificultad para conocer, con una aproximación razonable, la cantidad de alimentos que se ingirió.

### Cuestionario de frecuencia de consumo

Consiste en hacer una revisión de la regularidad o irregularidad, del consumo de algunos alimentos, en los tiempos que una persona destina en su alimentación cotidiana, recabando la información de manera semanal o mensual. Para facilitar la obtención de la información, ésta se obtiene agrupando los alimentos acorde con el criterio recomendado en el país; este procedimiento es útil para identificar patrones de consumo de alimentos. Consiste en una lista de alimentos (seleccionados) acerca de los cuales se pregunta a la persona encuestada sobre su frecuencia de consumo (número de veces al día, por semana, por mes, o en el último año). La lista de alimentos es seleccionada conforme al objetivo principal del estudio. Este cuestionario tiene la desventaja de que las respuestas del entrevistado pueden ser incompletas.

### Diario de alimentos

Para obtener esta información se pide a la persona que registre el consumo y la cantidad de alimentos ingeridos en un lapso determinado: por tres días o por una semana. de esta manera los datos obtenidos son más confiables y permiten estimar el promedio de nutrimentos ingeridos durante el estudio. A partir de esta información se hacen juicios acerca de posibles deficiencias de nutrimentos en la dieta: al comparar la ingesta que hizo la persona en estudio con respecto a la recomendación diaria de nutrimentos. Además tiene la ventaja que la información no depende de la memoria, por lo que, se recomienda su empleo en personas de edad avanzada. En cambio tienen las desventajas que la ingestión de alimentos puede ser alterada por el informante, exige mayor participación de la persona en estudio, y debe saber leer y escribir. Precisa capacitar a la persona, y la evaluación es laboriosa.

### Estudios prospectivos

Entre estos cabe mencionar los siguientes: el *Registro de pesos y medidas*, *Análisis de duplicado de porciones*, *Registro telefónico*, *Registro fotográfico o videograbado* y *Registro electrónico (por computadora)*.

### Registro de pesos y medidas

Consiste en el registro de los alimentos que consume una persona. Con este fin se le pide que anote todos los alimentos ingeridos en un lapso de tres o cuatro días o una semana. El registro implica pesar y medir los alimentos que se sirve en su plato, para después pesar la cantidad que no consumió: obteniendo por substracción su consumo de alimentos. El resultado suele ser mejor cuando el lapso de estudio abarca una semana. Tiene la ventaja de que los resultados pueden ser usados para asociar el consumo de alimentos con problemas puntuales de salud. Sin embargo, tiene la desventaja de ser muy laborioso, requiere mucha capacitación y es costoso.

### *Análisis por duplicado de porciones*

Se le conoce también como encuesta duplicada. Se pide al sujeto que va a encuestar que deposite en un recipiente especial la cantidad similar de alimentos que ingiere, para estimar, por estudios bromatológicos, la cantidad de nutrientes que consumió durante el lapso de estudio. Por ser una investigación costosa, por depender de la colaboración de la persona encuestada; su empleo es generalmente para estudios metabólicos.

### *Registro por vía telefónica*

Consiste en entrevistar a personas por vía telefónica para conocer los alimentos que acostumbran ingerir. Aunque por esta vía es posible entrevistar a mayor número de sujetos, su empleo conlleva muchos sesgos por variables difíciles de controlar: los que acceden participar en estos estudios deben estar bien informados y motivados, para tener de ellos una buena colaboración. Por otra parte, además de que este tipo de encuestas consume mucho tiempo, las entrevistas invaden la intimidad de las familias y requieren de un cuidadoso programa de capacitación del personal que participará como encuestador.

### *Registro fotográfico*

Se emplean fotografías de alimentos o videograbado de éstos en imágenes electrónicas; el investigador obtiene fotografías o filma a las personas en estudio durante la ingestión de alimentos. Se trata de un método costoso y no es infrecuente que el tamaño de las porciones ingeridas por medio de las fotografías sea difícil estimar. En el registro por computadora el investigador anota los consumos hechos por un individuo, empleando un programa diseñado para analizar el contenido de nutrientes de cada uno de los alimentos.

### *Valoración de los nutrientes ingeridos en la dieta*

En cualesquiera de las técnicas descritas, el principal objetivo es valorar la ingestión de nutrientes en la dieta de las personas investigadas. Independientemente del método adoptado para obtener esta información, son tres los pasos a seguir para obtener los datos y calcular la cantidad de nutrientes ingeridos por un individuo:

1. Registrar los alimentos consumidos en el lapso de estudio: con especial atención en el consumo de azúcar y grasas, que suelen ser subreportadas.
2. Estimar la ingestión de macronutrientes: en cuanto a energía, proteínas, lípidos e hidratos de carbono, y de algún otro nutriente que se pretende evaluar.
3. Calcular el porcentaje de adecuación de los nutrientes de la persona, tomando en cuenta las recomendaciones de nutrientes, hechas para personas con características semejantes.<sup>4</sup>

Es así como el porcentaje de adecuación diaria de un nutriente en una persona, corresponde a la cantidad porcentual que de ésta ingiere tomando como referencia (100%) la recomendación que se hace para personas de su misma edad, sexo, estado fisiológico y actividad física. Se puede definir como la expresión numérica relativa del promedio diario de nutrientes, que es necesario ingerir en los alimentos para mantener la salud de un individuo o de los miembros de una colectividad.

#### **Referencias:**

<sup>1</sup> Habitch I.P. "Estandarización de métodos epidemiológicos cuantitativos sobre el terreno". Bol. Of. Sanit. de Panam. 1974; 74375-84.

<sup>2</sup> Lee R, Nieman D. Nutritional Assessment (3a. ed) New York: McGraw-Hill 2003.

<sup>3</sup> Aristizábal JC, Restrepo T, Estrada A. Evaluación de la composición corporal de adultos sanos, por antropometría e impedancia bioeléctrica. Biomédica 2007; 27: 216-24.

<sup>4</sup> Casanueva.

**% de adecuación =**

$$\frac{\text{Total del nutriente consumido}}{\text{Recomendación dietética del nutriente}} \times 100$$

**El % de adecuación correcto debe encontrarse entre 95 y 105%.**

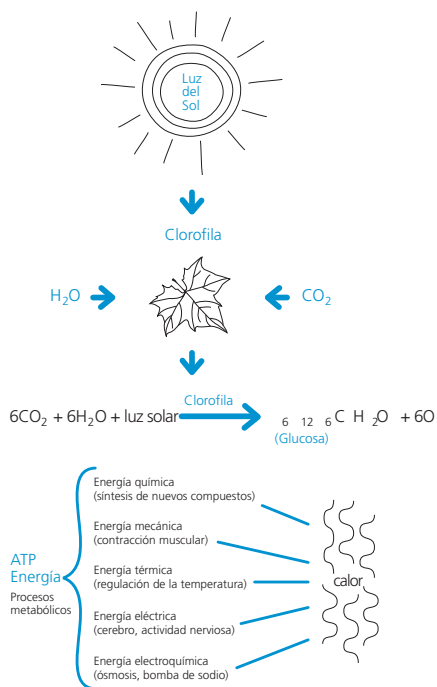
# 9 Energía

---



# 9 Energía

De cierta manera la energía es el principio esencial de la vida que impulsa a los seres biológicos para desempeñar su trabajo. En el ámbito de la nutrición, concierne a la forma en que el cuerpo utiliza y transforma la energía de los alimentos que tienen como fuente primigenia el Sol, como se muestra en la figura 9.1.



**Figura 9.1** Transformación de la energía de los alimentos.

La palabra metabolismo hace referencia a la compleja sucesión de procesos bioquímicos que acontecen en los seres vivos, para su crecimiento, el desarrollo pleno de sus funciones y la preservación de su vida. El término metabolismo energético, hace referencia a la serie de reacciones bioquímicas mediante las cuáles los organismos transforman la energía química de los alimentos, para usarla como energía mecánica, eléctrica u osmótica, para almacenarla como energía química y liberarla como energía térmica. Para que esto tenga lugar, un complejo proceso de reacciones oxidativas degradan los alimentos hasta las unidades químicas nutrimentales (glucosa, ácidos grasos y aminoácidos) para después utilizar estos compuestos en la síntesis de sustancias indispensables para el organismo, eliminando productos catabólicos: como sustancias nitrogenadas, dióxido de carbono y agua. La energía es atrapada en el trifosfato de adenosina (ATP) para después transferirla a compuestos que el organismo sintetiza y emplear como energía de reserva, como glucógeno, triglicéridos y proteínas.

## UNIDADES DE MEDICIÓN

La unidad estándar para medir la energía es la *caloría*, que es la cantidad de calor que se requiere para elevar la temperatura de 1 g de agua destilada en 1°C de 14.5 a 15.5°C.

Debido a que la cantidad de energía que participa en el metabolismo de los alimentos es bastante grande, por lo general se utiliza la *kilocaloría (kcal)*, igual a 1000 calorías.

Desde hace varios lustros se estableció como compromiso internacional utilizar también en la medición de la energía los *julios o joules*, los cuáles miden la energía en términos de trabajo mecánico. El *joule* es una unidad de trabajo, energía o cantidad de calor producido por la fuerza de un newton.

## MEDICIÓN DE LA ENERGÍA

### Energía de los alimentos

La medición de la energía potencial de los alimentos se obtiene mediante la “bomba calorimétrica”: donde es posible medir la energía calórica liberada durante la combustión de los alimentos. Esta bomba consta de una pequeña cámara de metal cerrada, de forma cilíndrica, que tiene oxígeno en su interior para facilitar la combustión de los alimentos en estudio. Esta cámara se encuentra dentro de otra y entre ambas hay un espacio que es ocupado por un volumen de agua equivalente a un kilogramo. El espacio que ocupa el agua tiene un termómetro para hacer mediciones de los cambios de temperatura del agua. Cuando los alimentos se incineran en la cámara, por cada grado de temperatura que se eleva el kilo de agua, se estima que la energía liberada durante la combustión del alimento es de una kilocaloría. De esta manera se determinó que la energía contenida en los hidratos de carbono y las proteínas es de 4 kcal/g, que los lípidos proporcionan 9 kcal/g y que el alcohol libera 7 kcal/g; dichas estimaciones son conocidas como los valores de Atwater. Es importante destacar que estas estimaciones fueron corregidas por la digestibilidad y el contenido de algunas sustancias en los alimentos como ceras y la fibra de algunos vegetales que el organismo no puede digerir y absorber.

### Metabolismo

(Del gr. μεταβολ, cambio, transformación, e -ismo, sistema). Proceso mediante el cual la energía química es convertida por el organismo en otras formas de energía (mecánica, térmica, eléctrica) para desempeñar su trabajo.

**1 kcal equivale a 4.184 kilojulios (kj).**

## Gasto de energía en los humanos

Es lícito pensar que para lograr un peso corporal acorde a una condición óptima de salud es necesario que la energía de la dieta sea muy similar al gasto energético de una persona. A pesar del sentido lógico de este razonamiento, numerosas variables intervienen al tratar de conocer si la cantidad de energía que la gente consume en su dieta, corresponde al gasto que cada persona hace de ella. Sin embargo, en un lapso razonable (semanas) es posible saber si el consumo de energía excede el gasto que se hace de ella o arroja un saldo negativo: si en ella ocurre un aumento significativo en peso corporal, es lógico inferir que ha habido un desbalance positivo entre la ingesta y el gasto de energía.

### Calorimetría directa

De manera individual es posible medir en forma directa la cantidad de calor que libera una persona al realizar libremente actividades moderadas: al colocarla dentro de una cámara aislada y cerrada, de cierta amplitud, donde el calor liberado por la persona en estudio se registra en función de la elevación de la temperatura del agua que rodea este recinto. A pesar de las ventajas de este procedimiento, el empleo de esta cámara se limita a estudios de investigación altamente especializados.

### Calorimetría indirecta

Este procedimiento consiste en la estimación de la tasa metabólica mediante la medición del oxígeno consumido por una persona en un lapso determinado y la producción de dióxido de carbono del cuerpo en el mismo periodo de tiempo. (En la práctica, por lo general se utiliza un valor estimado para la producción de  $\text{CO}_2$  y sólo se mide la captación de oxígeno). La facilidad con la que se estima el gasto de energía por este procedimiento, el costo accesible del equipo y la posibilidad de hacer las mediciones en sujetos estando en reposo, o bien haciendo alguna actividad, se ha hecho extensivo su uso en las unidades hospitalarias de apoyo nutricional.

Con las mediciones del  $\text{O}_2$  consumido y del  $\text{CO}_2$  espirado es posible calcular un índice conocido como cociente respiratorio (CR), que se expresa de la siguiente manera:

$$\text{CR} = \text{moles de } \text{CO}_2 \text{ espirado} \div \text{moles de } \text{O}_2 \text{ consumido}$$

Este resultado se convierte a kilocalorías y se expresa en términos de calor producido por metro cuadrado de superficie corporal por hora, con el que es posible estimar el gasto de energía en 24 horas.

El CR depende de la cantidad y la composición de la dieta sujeta a la actividad metabólica, pues difiere según la composición de alimentos en la dieta. Los hidratos de carbono tienen la particularidad de consumir la misma cantidad de moléculas de oxígeno, que las de dióxido de carbono que son liberadas en el aire espirado: es por eso que el CR es de 1.0; en una dieta mixta: con hidratos de carbono, proteínas y grasas el CR es de 0.85; con las proteínas el CR es de 0.82 y con las grasas es de 0.70.

Por cada litro de oxígeno consumido se producen 4.825 kcal, por lo que esta cifra se utiliza como factor al calcular el gasto energético (basado en el consumo de oxígeno). Para facilitar los cálculos, este factor se redondea a 5 kcal/L de oxígeno y se le conoce como *equivalente metabólico* (EM).

ALIMENTOS	CR
· Hidratos de carbono	1.00
· Dieta mixta	0.85
· Proteínas	0.82
· Grasas	0.70



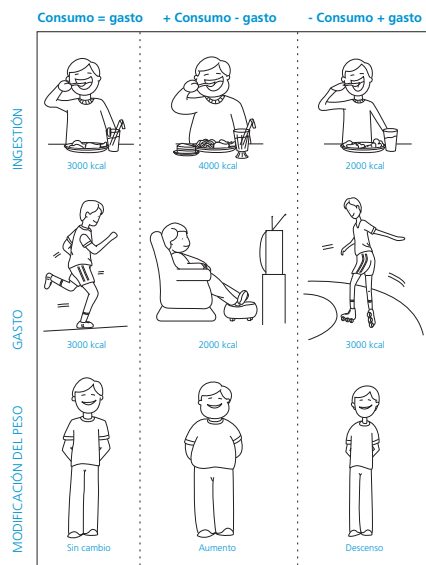


Figura 9.2 Balance de energía.

**Balance de energía =**  
energía consumida - energía gastada

**Gasto energético total / día:**  
Metabolismo basal (MB): 60-75%

Efecto térmico de los alimentos (ETA):  
5-10%

Actividad física: 15-30%

## BALANCE DE ENERGÍA

El balance de energía depende de que el consumo y el gasto de energía sean equiparables. Cuando una persona consume mayor cantidad de energía que el gasto que de ella hace, se dice que se encuentra en un *balance positivo*; si el balance de energía es positivo el exceso de ésta se almacena principalmente en el tejido adiposo como triglicéridos; en sentido opuesto, si el gasto de energía excede la cantidad de aporte energético en la dieta de una persona, se dice que está en un *balance negativo*.

Si bien ninguna de estas dos situaciones son deseables, en ciertas circunstancias es pertinente procurar un balance positivo en algunas personas: como en las mujeres embarazadas, en los niños y los adolescentes: en quienes su organismo demanda mayor cantidad de energía y nutrientes, para satisfacer las exigencias de los niños por nacer y para su crecimiento y desarrollo postnatal. Por otro lado, el balance negativo controlado, es la medida adoptada para corregir el sobrepeso y obesidad, la figura 9.2 muestra lo anterior.

En una persona eutrófica sana la adopción de una dieta prudente implica mantener el consumo diario de energía en su dieta dentro de un margen razonable, adecuado con su gasto de energía.

## COMPONENTES DEL GASTO DE ENERGÍA

Diariamente el organismo requiere energía para cuatro tipos de exigencias vitales:

1. La que concierne al *metabolismo basal*.
2. La inherente a la *actividad física* que desarrolla una persona.
3. La originada por el gasto metabólico para obtener los nutrientes a partir de los alimentos de la dieta que se conoce como *efecto térmico de los alimentos*, y la termorregulación.
4. La que obedece a la demanda que exige el crecimiento somático durante la etapa de *crecimiento*.

### *Metabolismo basal y gasto energético en reposo*

Primer componente del gasto de energía, el metabolismo basal representa el gasto mínimo de energía para preservar las funciones vitales de una persona que se encuentra despierta y en reposo para mantener latiendo el corazón, para los movimientos del tórax al respirar, para mantener circulando la sangre, para regular la temperatura corporal y otras funciones vitales.

En condiciones metabólicas basales, el gasto de energía de un hombre adulto es, aproximadamente, de 1 kcal/kg de peso corporal por hora; mientras que en la mujer es de 0.9 kcal/kg de peso por hora. Así, por ejemplo, un hombre de 70 kg de peso gastará 70 kcal/hora, y una mujer de 55 kg de peso, utiliza 49.5 kcal/hora; Un cálculo estimado indistintamente en el hombre o la mujer, es de 1 kcal/minuto. Es importante señalar que durante el sueño disminuye el metabolismo basal en cerca de 10% y en una persona que realiza durante el día una actividad entre ligera y moderada, el metabolismo basal representa el mayor gasto energético (60 a 75%) del organismo.

Para estimar en una persona el metabolismo basal, o índice metabólico basal (IMB), es necesario que cumpla con varios requisitos: la medición debe hacerse en la mañana después de despertar de 8 horas de sueño y de un ayuno de 10 a 12 horas. La persona deberá encontrarse despierta y relajada, en una habitación con una temperatura abrigadora. Generalmente se hace la medición del consumo de oxígeno por 20 a 30 min.

para calcular el gasto de energía. Es importante hacer notar que se han relajado las condiciones para obtener el IMB, por lo que en vez de ésta índice lo que se estima es el índice metabólico en reposo (IMR), también conocido como gasto de energía en reposo (GER).

Así, el IMR o GER mide el gasto de energía y la diferencia con el IMB es que puede obtenerse en cualquier momento del día: después de tres o cuatro horas de haber ingerido alimentos; encontrándose la persona en estudio en completo reposo físico y mental, relajado pero despierto, y con una temperatura ambiente agradable. La diferencia cuantitativa entre el IMR y el IMB es de sólo 10% (ya que el IMR incluye el efecto térmico de los alimentos), razón por la cual ambos términos se emplean indistintamente.

Los diversos factores contribuyen a que el índice metabólico varíe de una persona a otra, como la superficie corporal: a mayor superficie mayor gasto de energía. También hay diferencias por sexo: una mayor masa corporal magra en el hombre, hace que su índice metabólico sea 5 a 10% más alto que en la mujer. A mayor velocidad de crecimiento somático hay una mayor tasa metabólica, y lo opuesto: después de los 30 años el metabolismo basal disminuye entre 2 y 3% por cada década. Durante el ciclo menstrual el gasto aumenta gradualmente a partir del octavo día de la ovulación, para alcanzar el pico máximo del gasto metabólico cuando ocurre la nueva ovulación. Durante el embarazo, a mayor demanda metabólica por el crecimiento del niño en gestación, aumenta el gasto de energía. En cuanto a la temperatura ambiental, a mayor temperatura más gasto de energía: éste gasto aumenta entre 5 y 20% en el clima tropical con respecto al que ocurre en un clima templado. En un clima frío el gasto de energía depende de la grasa corporal y del peso de la ropa que usen las personas; estos entre otros factores, contribuyen al gasto energético.

En personas enfermas el gasto aumenta por fiebre, infecciones, traumatismos y problemas endocrinos. En la desnutrición hay una disminución en el gasto energético basal: esta disminución representa un mecanismo de adaptación por el cual disminuye el gasto ante la escasa energía disponible para las funciones vitales del enfermo. Cuando la desnutrición se hace crónica, la disminución en el gasto energético se debe, principalmente, a la pérdida de tejido corporal metabólicamente activo. La cafeína y el tabaco aumentan el índice metabólico.

### *Actividad física*

El segundo componente del mayor gasto de energía, es la actividad física: representa el gasto por ejercicio voluntario, movimientos involuntarios y actividad postural. Es por este concepto que una persona puede lograr un mayor control de su gasto energético, aunque la actividad física puede variar substancialmente de un día para otro, en la misma persona.

Como la mayor parte de la energía requerida por la actividad física se transforma en calor, suele identificársele como efecto térmico del ejercicio. En personas sedentarias, éste gasto puede ser tan bajo como de 100 a 300 kcal/día, mientras que en un leñador llega a ser de 3 000 kcal/día; en este último ejemplo el gasto por actividad puede sobrepasar el gasto metabólico basal. En general, en personas con una vida sedentaria, el gasto de energía significa entre 15 y 30% del gasto energético total. En cuanto al sexo, los hombres tienen mayor gasto de energía que las mujeres, debido en parte, al costo que implica mover una mayor masa corporal; sin embargo, con la edad la disminución de la masa magra y el aumento del tejido adiposo, tanto en hombres como en mujeres, el gasto por actividad física disminuye.

*El gasto metabólico basal diario representa entre 60 y 75% del gasto energético total; de este concepto depende el mantenimiento de las funciones vitales y la homeostasis de personas con una actividad física moderada.*

**Masa muscular magra:**  
Su estimación corresponde al resultado que se obtiene al restar del peso corporal, la cantidad de grasa estimada en el organismo.

*El gasto energético durante el ejercicio es directamente proporcional a la intensidad y frecuencia del ejercicio desarrollado por una persona.*

*Las actividades deportivas que implican un mayor número de masas musculares activas, precisan de mayor gasto de energía como natación, atletismo, danza, ciclismo.*

## Efecto térmico de los alimentos

Tercer componente del gasto de energía, este concepto representa el gasto de energía para la digestión y absorción de los alimentos, y el transporte y almacenamiento de los nutrimentos. Estos procesos representan un gasto de energía de alrededor de 10% del gasto total y también se le conoce como acción dinámica específica, termogénesis inducida por la dieta o respuesta metabólica a los alimentos.

En personas sedentarias el metabolismo basal y el efecto térmico de los alimentos representan de 70 a 80% del gasto total de la energía, mientras que en actividad física emplea entre 15 y 30%.

El efecto térmico de los alimentos (ETA) se traduce en un aumento en la temperatura corporal después de ingerir alimentos. El incremento depende de la cantidad y composición de la dieta ingerida: las dietas ricas en hidratos de carbono o en proteínas, tienen un ETA mayor que las dietas ricas en grasas, debido a que se utiliza menos energía para transferir la grasa absorbida hacia los depósitos de grasa, que la que se emplea en convertir la glucosa en glucógeno, o metabolizar aminoácidos a grasa. Cabe mencionar que el ETA alcanza su pico máximo aproximadamente una hora después de consumir los alimentos y desaparece cuatro horas más tarde.

## ESTIMACIÓN INDIVIDUAL DE LAS NECESIDADES DE ENERGÍA

Gasto energético en reposo (GER) =  
MB + ETA

Gasto energético total (GET) =  
MB + ETA + AF

La recomendación del aporte de energía para una persona que a primera vista se aprecia obesa o en los linderos de esta enfermedad, o bien, las evidencias hacen pensar que está subalimentada, debe ir precedida de una evaluación integral de su estado de nutrición: antropométrica, bioquímica, clínica y dietética (vea capítulo 8). El diseño de su dieta debe partir de la estimación de sus necesidades de energía: considerando su *metabolismo basal* (MB), el *efecto térmico de los alimentos* (ETA) que consume y su *actividad física* cotidiana (AF). La suma del MB y ETA se consideran como *gasto energético en reposo* (GER) y el *gasto energético total* (GET) es la suma del MB+ETA+AF.

### Gasto energético en reposo

La manera de estimar el GER depende del grado de certidumbre con el cual se desea obtener el resultado; si se desea obtener un dato con mayor grado de confianza es necesario obtenerlo mediante la calorimetría directa. En cambio, si se quiere tener una cifra aproximada, se puede obtener a partir de ecuaciones empíricas desarrolladas por un Comité de Expertos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Universidad de las Naciones Unidas (UNU) (tabla 9.1). Las ecuaciones fueron derivadas de los IMB de hombres y mujeres, por grupos de edad y según su peso corporal. Es importante resaltar que en estas ecuaciones ya está incluido el 10% del ETA, por lo que calculan el Gasto Energético en Reposo (GER). Aunque los valores calculados con estas ecuaciones no son exactos, en la práctica son bastante útiles para el diseño de dietas.

HOMBRES	ENERGÍA kcal/día	MUJERES	ENERGÍA kcal/día
Edad (años)		Edad (años)	
<3	59.512 (peso en kg) - 30.4	<3	58.317 (peso en kg) - 31.1
3-10	22.706 (peso en kg) + 504.3	3-10	20.315 (peso en kg) + 485.9
11-18	17.686 (peso en kg) + 658.2	11-18	13.384 (peso en kg) + 692.6
19-30	15.057 (peso en kg) + 692.2	19-30	14.818 (peso en kg) + 486.6
31-60	11.472 (peso en kg) + 873.1	31-60	8.126 (peso en kg) + 845.6
>60	11.711 (peso en kg) + 587.7	>60	9.082 (peso en kg) + 658.5

Tabla 9.1 Ecuaciones para estimar el GER de sujetos sanos. Método FAO / OMS / UNU

Fuente: FAO / WHO / UNU Expert Consultation Report on Human Energy Requirements, 2004.

Mediante estas ecuaciones es posible calcular el gasto energético de una persona en reposo, según su edad y sexo. En el cálculo se considera el *peso adecuado* que le correspondería a la persona en estudio si tuviese un índice de masa corporal entre 18.5 a 24.9 (para el adulto). También, para el gasto energético total, se debe tener en cuenta la actividad física que ordinariamente desarrolla la persona en cuestión, utilizando con este propósito los coeficientes de actividad (CA) que aparecen en la tabla 9.2 (que consideran como criterio una persona de peso normal que camina a una velocidad de 4.8 a 6.4 km/hora). De esta manera el Grupo definió cuatro niveles de actividad cuyos coeficientes de actividad (CA) corresponden a actividad: *Sedentaria* (0 km/día) CA: 1.25; *moderada* (3.5 km/día) CA: 1.5; *activa* (11.7 km/día) CA: 1.75; y *muy activa* (26.7 km) CA: 2.2.

CATEGORÍA RANGO	COEFICIENTE DE ACTIVIDAD FÍSICA*	PROMEDIO	EQUIVALENCIA EN CAMINATA** (km / día) A velocidad de 4.8 a 6.4 km / h de una persona con peso normal
Sedentaria	1.0-1.39	1.25	0
Moderada	1.4-1.59	1.5	3.5 km/día
Activa	1.6-1.89	1.75	11.7 km/día
Muy activa	1.9-2.49	2.2	26.7 km/día

Tabla 9.2 Niveles de actividad física .....

**Fuente:** "Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein and Amino Acids" en *Food and Nutrition Board*. 2005. NAP. www.nap.edu

\* Nivel o Índice de actividad física = Gasto energético total / Gasto energético basal.

\*\*Además de la energía gastada en las actividades de la vida diaria.

Los pasos para calcular el Gasto Energético Total (GET) con este procedimiento son los siguientes:

1. Se calcula el Gasto Energético en Reposo (GER) con las ecuaciones propuestas que ya incluyen el Efecto Térmico de los Alimentos (ETA).
2. Se multiplica el GER por el coeficiente de actividad física que desarrolla la persona en estudio.
3. El resultado que se obtiene corresponde al Gasto Energético Total.

Así, por ejemplo, en el caso hipotético de una persona de sexo femenino de 26 años de edad, con peso de 63 kg, una estatura de 1.69 m, e IMC de 22.0, con un nivel de actividad calificado como sedentario, se debe seguir la siguiente secuencia.

I. Cálculo del GER a partir de la ecuación seleccionada por el sexo y la edad de la persona en cuestión (como su IMC es adecuado, se utiliza su peso actual):

$$\text{GER} = 14.818 \times 63 \text{ kg} + 486.6 = 1420 \text{ kcal/día}$$

II. Aumentar al GER el coeficiente de actividad física que corresponde a la persona:

$$1420 \text{ kcal/día} \times 1.25 = 1775 \text{ kcal} \approx 1800 \text{ kcal}$$

De forma que el GET estimado es de 1800 kcal/día.

## LOS MACRONUTRIMENTOS EN LA DIETA

Una vez obtenido el GET, es necesario calcular la cantidad de macronutrientos: proteínas, grasas e hidratos de carbono, que aportarán la energía de la dieta diaria: sin olvidar que en una dieta correcta los macronutrientos deberán contribuir a la energía total en la siguiente proporción:

- Hidratos de carbono: 50 a 65%
- Grasas: 20 a 30%
- Proteínas: 10 a 15%

En las dietas de personas con un gasto energético alto, se debe optar por un 10% de la energía proporcionada por las proteínas pues con 15% sería muy alto, sobretudo si se consume una dieta con alto contenido de proteínas de origen animal, que a su vez tienen cantidades elevadas de ácidos grasos saturados y colesterol. Grosso modo se estima 1 g de proteínas por kg de peso corporal.

### **Distribución de macronutrientos en el gasto energético total:**

- Hidratos de Carbono: 50 a 65%
- Grasas: 20 a 30%
- Proteínas: 10 a 15%

Siguiendo con el ejemplo anterior, donde se había calculado un gasto energético total de 1800 kcal, la proporción de los macronutrientos en la dieta sería la siguiente:

- Proteínas: 15% de 1800 kcal = 270 kcal
- Grasas: 25% de 1800 kcal = 450 kcal
- Hidratos de carbono: 60% de 1800 kcal = 1080 kcal

Convirtiendo la cantidad estimada de energía (kcal) en gramos de proteínas, grasas e hidratos de carbono, y recordando que las proteínas proporcionan 4 kcal/g, que los hidratos de carbono proporcionan también 4 kcal/g, y las grasas 9 kcal/g, mediante una sencilla operación aritmética se estima que las 1800 kcal de la dieta pueden ser obtenidas proporcionando:

- Proteínas:  $270 / 4 = 67.5$  g
- Grasas:  $450 / 9 = 50$  g
- Hidratos de carbono:  $1080 / 4 = 270$  g

Una vez que se tienen los gramos de macronutrientos que deberá consumir en su dieta diaria la joven mujer considerada en este ejemplo, el siguiente paso es convertir a raciones de alimentos equivalentes: por su contenido en proteínas, hidratos de carbono y grasas, en una cantidad aproximada a la estimación de 1800 kcal. El empleo del Sistema de Equivalentes se facilitará el diseño de una dieta suficiente, completa y equilibrada. A continuación, se ejemplifica la manera en que se planea una dieta utilizando el sistema de equivalente.

## SISTEMA DE EQUIVALENTES

El sistema de equivalentes<sup>1</sup> se emplea en la orientación nutricional individualizada; agrupa a los alimentos que contienen cantidades semejantes de nutrientes: para permitir un aporte de proteínas, grasas e hidratos de carbono en cantidad cercana a la estimación hecha de las necesidades energéticas y de proteínas, el aporte razonable de grasas para satisfacer las necesidades de ácidos grasos esenciales.

La ventaja de este sistema radica en la posibilidad de seleccionar las raciones de alimentos que conformarán la dieta de los listados que agrupan los alimentos con un contenido similar de macronutrientos; de esta manera la ración de un alimento puede intercambiarse por otra de un alimento diferente (pero, semejante en su contenido

de nutrimentos) permitiendo que la dieta pueda variar de un día para otro sin que se modifique sustancialmente su contenido de nutrimentos. Es una excelente alternativa para el diseño de dietas para personas sanas o enfermas, permitiendo adaptar su alimentación a gustos, costumbres, disponibilidad y acceso a los alimentos, favoreciendo así hábitos alimentarios positivos.

Si bien el primer sistema de equivalentes fue difundido hace cinco décadas por la Asociación de Dietistas de EUA., también se empleó en el diseño de dietas de personas con diabetes mellitus. En México, a partir de 1988, se ha fomentado el uso del Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes en el que se ha agrupado los alimentos equivalentes, se ha estandarizado el tamaño de las raciones, además se han definido los equivalentes por peso y medidas.

En este sistema se consideran las características cualitativas (como el principal aporte nutrimental de la ración) y las cuantitativas (medida equivalente —o tamaño de la porción— que aporta, en promedio, una cantidad similar de energía, proteínas, hidratos de carbono y lípidos).

*El sistema de equivalentes agrupa a los alimentos que contienen cantidades semejantes de nutrimentos.*

Las raciones o equivalentes son comúnmente las utilizadas por la población, estas corresponden a medidas caseras estandarizadas. Cuando se consideran alimentos por pieza, se refiere siempre a los de tamaño mediano, y cuando se habla de rebanadas, éstas son de un peso determinado.

Según este sistema, los alimentos clasificados aparecen en ocho listas, o grupos de alimentos con una composición nutrimental similar. Dentro de cada grupo, el equivalente de un alimento se puede considerar igual a otro alimento del mismo grupo, tanto en su valor energético como en los hidratos de carbono, proteínas y lípidos que contiene.

En la tabla 9.3, se presenta la composición de los grupos de alimentos equivalentes, de acuerdo con la energía, proteínas, grasas e hidratos de carbono que proporciona cada grupo, y el valor por el que hay que multiplicar, para coincidir con el número de equivalentes calculados para la dieta que debe consumir una persona.

Es necesario tener en cuenta que en los grupos de alimentos equivalentes se han considerado por su peso neto, sin cáscara, semilla o hueso. En aquellos que se consumen cocidos su peso corresponde a esta modalidad, algunos, al ser cocinados absorben agua (cereales y leguminosas), en tanto que otros la pierden (tejidos animales).

La dieta o guía de alimentación se elabora con base en las necesidades energéticas y de nutrimentos, previamente calculadas, así como las costumbres y hábitos alimentarios, el nivel socioeconómico, el clima, los alimentos disponibles y otros factores.

Por supuesto, se debe considerar el número de comidas que cada persona habitualmente consuma o le hayan recomendado, de acuerdo a su padecimiento. Es importante en cada caso, elaborar un ejemplo de menú adecuado a las características propias de la persona.

Por otra parte, el empleo del sistema de equivalentes no considera comidas especiales ni formas de preparación diferentes a las acostumbradas en el hogar y puede servir para variar razonadamente la composición de la dieta cotidiana, al mismo tiempo que permite llevar un mejor control de la energía que ésta proporciona.

<i>Grupo en el Sistema de Equivalentes</i>	<i>Subgrupos</i>	<i>Energía</i>	<i>Proteína (g)</i>	<i>Lípidos (g)</i>	<i>Hidratos de Carbono (g)</i>
Verduras	-	25	2	0	4
Frutas	-	60	0	0	15
Cereales y tubérculos	Sin grasa	70	2	0	15
	Con grasa	115	2	5	15
Leguminosas	-	120	8	1	20
Carnes, aves, huevo y queso	Muy bajo en grasa	40	7	1	0
	Bajo en grasa	55	7	3	0
	Moderado en grasa	75	7	5	0
	Alto en grasa	100	7	8	0
Leche	Descremada	95	9	2	12
	Semidescremada	110	9	4	12
	Entera	150	9	8	12
	Azucarada	200	8	5	30
Aceites y grasas	Sin proteína	45	0	5	0
	Con proteína	70	3	5	3
Azúcares	Sin grasa	40	0	0	10
	Con grasa	85	0	5	10
Alimentos libres en energía	-	0	0	0	0
Bebidas alcohólicas	-	140	0	0	20 alcohol

**Tabla 9.3** Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes. Aporte nutrimental promedio de cada uno de los grupos equivalentes. ....

**Fuente:** AB. Pérez Lizaur, L. Marván *Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes*. Fomento de Nutrición y Salud, A.C., 2001.

## APLICACIÓN

Una vez obtenidos los gramos de cada uno de los nutrimentos de la dieta para una persona, se decide el número de equivalentes en cada uno de los grupo de alimentos: *a*). cereales, *b*). leguminosas, *c*). verduras, *d*). frutas, *e*). tejidos animales, quesos y huevo, *f*). leche y, *g*). grasas y *h*). azúcares (vea las listas de equivalentes en la página 123).

Los cálculos de energía en kilocalorías y los de proteínas, grasas e hidratos de carbono en gramos, se van sumando en la tabla de valores de equivalentes, hasta lograr que las cantidades de energía y macronutrimentos se aproximen al gasto energético total. Es conveniente señalar que es difícil lograr una adecuación de 100% en los cálculos, por lo que se acepta como margen de error  $\pm 10\%$ . Lo cual se aprecia en los ejemplos 9.1 y 9.2.

Rec.	Grupo	Tipo	Equivalente	Energía (kcal)	PR (g)	GR (g)	HC (g)
3 a 5	Verduras	-	3	25 75	22 6	0 0	4 12
2 a 4	Frutas	-	4	60 240	0 0	0 0	15 60
6 a 11	Cereales y tubérculos	Sin grasa	9	70 630	2 18	0 0	15 135
		Con grasa	1	115 115	2 2	5 5	15 15
1 a 2	Leguminosas	-	1	120 120	8 8	1 1	20 20
2 a 3	Alimentos de origen animal	Muy bajo en grasa	-	40 -	7 -	1 -	0 -
		Bajo en grasa	2.5	55 137.5	7 17.5	3 7.5	0 0
		Moderado en grasa	1	75 75	7 7	5 5	0 0
		Alto en grasa	-	100 -	7 -	8 -	6 -
1 a 3	Leche	Descremada	-	95 -	9 -	2 -	12 -
		Semidescremada	2	110 220	9 18	4 8	12 24
		Entera	-	150 -	9 -	5 -	12 -
		Azucarada	-	200 -	8 -	5 -	30 -
	Aceites y grasas	Sin proteína	5	45 225	0 0	5 25	0 0
		Con proteína	-	70 -	3 -	5 -	3 -
	Azúcares	Sin grasa	3	40 120	0 0	0 0	10 30
		Con grasa	-	85 -	0 -	5 -	10 -

**Ejemplo 9.1** Determinación del número de equivalentes para cada grupo de alimentos .....

Una vez que se tiene el número de equivalentes por grupos de alimentos, éstos se distribuyen en los tiempos de comida, lo que facilita a la persona asignar los equivalentes de su dieta; es necesario se le enseñe a manejar las listas y raciones de cada equivalente y a elaborar algunos menús de acuerdo con las preferencias, gustos, disponibilidad y posibilidades económicas.

Grupo	Tipo	Equivalentes	Desayuno	Comida	Cena	Colación
Verduras	-	3	-	2	1	-
Frutas	-	4	2	1	1	-
Cereales y tubérculos	Sin grasa	8	1	3	2	2
	Con grasa	1	1	-	-	-
Leguminosas	-	1	1/2	-	1/2	-
Alimentos de origen animal	Muy bajo en grasa	-	-	-	-	-
	Bajo en grasa	2.5	-	2	-	1/2
	Moderado en grasa	1	1	-	-	-
	Alto en grasa	-	-	-	-	-
Leche	Descremada	-	-	-	-	-
	Semidescremada	2	1	-	1	-
	Entera	-	-	-	-	-
	Azucarada	-	-	-	-	-
Aceites y grasas	Sin proteína	4	1	2	-	1
	Con proteína	-	-	-	-	-
Azúcares	Sin grasa	3	1/2	1	1/2	1
	Con grasa	-	-	-	-	-

**Ejemplo 9.2** Distribución de los equivalentes por tiempos de comida .....

Después de la distribución por tiempos de comida se pueden hacer los menús para cada día, utilizando las listas de equivalentes.



*Equivalentes de leche***A. Leche descremada**

**1 equivalente:**  $E = 95 \text{ kcal} \cdot PR = 9 \text{ g} \cdot$   
 $GR = 2 \text{ g} \cdot HC = 12 \text{ g}$

<i>Alimento</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Peso (g)</i>
Leche descremada	1 taza	240
Leche en polvo descremada	1/3 taza (2 1/2 cucharadas)	25
Leche evaporada descremada	1/2 taza	120

**B. Leche semidescremada**

**1 equivalente:**  $E = 110 \text{ kcal} \cdot PR = 9 \text{ g} \cdot$   
 $GR = 4 \text{ g} \cdot HC = 12 \text{ g}$

<i>Alimento</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Peso (g)</i>
Leche semidescremada	1 taza	240
Yogurt natural semidescremado	3/4 taza (1 vasito)	180
Helado de yogurt	1/2 taza	120
Jocoque	1 taza	240

**C. Leche entera**

**1 equivalente:**  $E = 150 \text{ kcal} \cdot PR = 9 \text{ g} \cdot$   
 $GR = 8 \text{ g} \cdot HC = 12 \text{ g}$

<i>Alimento</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Peso (g)</i>
Leche entera	1 taza	240
Leche entera en polvo	3/4 taza (1 vasito)	180
Leche entera evaporada	1/2 taza	120
Yogurt natural	3/4 taza (1 vasito)	180

**D. Leche con azúcar**

**1 equivalente:**  $E = 200 \text{ kcal} \cdot PR = 8 \text{ g} \cdot$   
 $GR = 5 \text{ g} \cdot HC = 30 \text{ g}$

<i>Alimento</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Peso (g)</i>
Leche con chocolate, vainilla o fresa	1 taza	240
Yogurt de fruta	3/4 taza (1 vasito)	180
Yogurt líquido para beber (endulzado)	1 bote	240
Helado	2 bolas	80

### Equivalentes de alimentos de origen animal: carnes, aves, pescados y mariscos, huevos y quesos

La carne debe ser pesada después de la cocción y de haber retirado el hueso, piel y grasa en exceso.

En el caso de las carnes, aves y pescados se deben aumentar 10 g al comprar el alimento crudo.

Se aconseja el consumo de carnes pertenecientes a la categoría magra y medio en grasa.

#### A. Muy bajo aporte de grasa

1 equivalente:  $E = 40 \text{ kcal} \cdot PR = 7 \text{ g}$   
 $GR = 1 \text{ g} \cdot HC = 0 \text{ g}$

Alimento	Cantidad	Peso (g)
Aves (sin piel): pechuga de pollo o pavo, avestruz	30 g	30
Caza: venado	30 g	30
Pescado: cualquier tipo fresco o congelado	40 g	40
Atún enlatado (en agua)	¼ lata	30
Sardinas escurridas	2 medianas	30
Almejas, cangrejo, langosta, jaiba, pulpo, surimi	½ taza	60
Camarón	3 medianos	30
Clara de huevo	2 claras	
Queso cottage descremado	¼ taza	30

#### B. Bajo aporte de grasa

1 equivalente:  $E = 55 \text{ kcal} \cdot PR = 7 \text{ g}$   
 $GR = 3 \text{ g} \cdot HC = 0 \text{ g}$

Alimento	Cantidad	Peso (g)
Aves (sin piel): alón, muslo, pierna, carne oscura de pavo, hígado de pollo	30 g	30
Borrego, carnero: barbacoa maciza, pierna	30 g	30
Caza: ganso, conejo	30 g	30
Cerdo: cecina, filete, jamón desgrasado, lomo, pierna, pulpa	30 g	30
Res: aguayón, bola, chambarete, cecina, cuete, falda, filete, <i>roast-beef</i> , pulpa	30 g	30
Pescado: atún drenado, bagre, charales frescos, merluza, mero, mojarra, trucha	40 g	40
Quesos: cottage, fresco, oaxaca, panela, requesón, fresco de cabra, mozzarella bajo en grasa	¼ taza	30
Embutidos: Bajos en grasa: jamón de pavo	30 g	30
Salchichas de pavo, pechuga de pavo	35 g	35

**C. Moderado aporte de grasa**

1 equivalente:  $E = 75 \text{ kcal} \cdot PR = 7 \text{ g} \cdot$   
 $GR = 5 \text{ g} \cdot HC = 0 \text{ g}$

<i>Alimento</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Peso (g)</i>
Aves: pollo y pavo (con piel), molida, pato	30 g	30
Cerdo: jamón cocido, chuletas	30 g	30
Res: costilla, molida regular, hamburguesas	30 g	30
Pescado: cazón, salmón, sierra, atún (en aceite)	40 g	40
Sardinas en tomate	1 pieza	30
Ostiones, mejillones drenados	4 piezas	20
Quesos: añejo, chihuahua, mozzarella, manchego	30 g	30
Embutidos: morcilla de arroz, jamón de pierna	30 g	30
Salchicha de Viena	2 piezas	60
Pastel de pavo o pollo, mortadela	20 g	20

**D. Alto aporte de grasa**

1 equivalente:  $E = 100 \text{ kcal} \cdot PR = 7 \text{ g} \cdot$   
 $GR = 8 \text{ g} \cdot HC = 0 \text{ g}$

<i>Alimento</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Peso (g)</i>
Aves: alón de pollo con piel, pollo empanizado, paloma, pollo rostizado	30 g	30
Borrego, carnero: chuleta, molida, maciza	30 g	30
Cerdo: costillas, molida, patas, lengua, Chicharrón	30 g 10 g	30 10
Res: molida popular, <i>t-bone</i> , <i>ribeye</i> , sesos, tripas	30 g	30
Pescado: atún en aceite	2 cucharadas	30
Sardinas en aceite	1 pieza	30
Ostiones, mejillones en aceite	4 piezas	25
Quesos: gouda, gruyere, holandés, parmesano, provolone, blue cheese, camembert, roquefort, cheddar, feta	30 g	30
Queso para untar	2 cucharadas	45
Embutidos: moronga, salami, chorizo, pepperoni, queso de puerco, longaniza, chistorra, pathé, jamón del diablo	25 g 2½ cucharadas	25
Otros: huevo de codorniz	2 piezas	30
Gusanos de maguey	40 g	50
Jubiles	20 g	40 20

## Equivalentes de leguminosas

**1 equivalente:** E = 120 kcal · PR = 8 g ·  
GR = 1 g · HC = 20 g

Alimento	Cantidad	Peso (g)
Alubias	½ taza	35
Frijol	½ taza	35
Garbanzo	½ taza	35
Haba seca	½ taza	35
Lenteja	½ taza	35
Frijol soya	½ taza	35
Soya texturizada seca	3 cucharadas	30

## Equivalentes de cereales y tubérculos

### Cereales sin grasa

**1 equivalente:** E = 70 kcal · PR = 2 g ·  
GR = 0 g · HC = 15 g

Alimento	Cantidad	Peso (g)
<b>Pan y productos de trigo y maíz:</b>		
Bolillo (sin migajón)	½ pieza	30
Bollo sencillo	1 pequeño	30
Bollo para hamburguesa	½ pieza	35
Medianoche	½ pieza	30
Palitos de pan	2 piezas	25
Pan árabe	½ pieza	30
Pan de caja (blanco, integral, centeno, negro)	1 rebanada	25
Pan tostado de caja	1 rebanada	20
Pan rallado	3 cucharadas	20
Sope mediano	1 pieza	30
Tortilla	1 pieza	30
<b>Cereales:</b>		
Alegría tostada	3 cucharadas	20
Cereal con fibra (all bran, fibra max, bran flakes, etcétera.)	¾ taza	30
Cereal para el desayuno sin azúcar	¾ taza	30
Cereal para el desayuno azucarado	½ taza	25
Hojuelas de avena	½ taza	30

---

<i>Alimento</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Peso (g)</i>
Cereales con fruta y granos (granola)	1/3 taza	30
Cereales cocidos (avena)	1/2 taza	100

---

**Arroz, maíz, pastas y papa (cocidos):**

Arroz al vapor, arroz salvaje	1/2 taza	90
Arroz blanco o rojo	1/2 taza	90
Atole	1/2 taza	110
Harina de maíz (maizena)	2 1/2 cucharadas	20
Masa de maíz	1/4 taza	40
Elote en grano	1/2 taza	75
Elote entero	1/2 pieza	
Maíz pozolero	1/2 taza	40
Palomitas de maíz (sin grasa)	3 tazas	20
Cebada o trigo cocido	1/2 taza	100
Germen de trigo	3 cucharadas	20
Harina	3 cucharadas	20
Pasta cocida (espagueti, fideo, etcétera.)	1/2 taza	50
Pastas rellenas (ravioles)	6 piezas	25
Papa horneada o hervida	1 pieza chica	100
Puré de papa	1/2 taza	100
Camote, calabaza o yuca cocidas	1/2 taza	75

**Galletas:**

Barquillo	2 piezas	25
Galletas de animalitos	6 piezas	
Galleta de avena y pasas	1 pieza	
Galleta de mantequilla	2 piezas	
Galletas marías	5 piezas	
Galletas graham	3 piezas	
Galletas saladas	3 piezas	
Galletas melba	4 piezas	
<i>Croissant</i> (cuerno)	1 pequeño	30

---

## Cereales preparados con grasa

1 equivalente: E = 115 kcal · PR = 2 g ·  
GR = 5 g · HC = 15 g

Alimento	Cantidad	Peso (g)
Bisquet	½ pieza	30
Brownie	½ pieza	15
Crepas para rellenar	2 piezas	30
Donas	½ pieza	30
Frituras de maíz	2 cucharadas	15
Galleta con chispas de chocolate	1½ pieza	
Galleta con malvavisco	1 pieza	
Granola	¼ taza	25
Hojaldre, oreja o conde	½ pieza	25
Hot cake	1 pieza	30
Muffin	½ pieza	30
Palomitas con aceite	3 tazas	50
Pan dulce	¼ pieza	20
Panqué	1 rebanada	30
Papas fritas comerciales	9 piezas	15
Pastel de chocolate casero	1 rebanada	20
Pay de frutas	1 rebanada	25
Tostadas	1 pieza	20
Waffle	¾ pieza	25

## Equivalentes de verduras

### Verduras libres

Se consideran verduras libres aquellas que en un consumo normal (no más de 2 tazas) aportan menos de 20 kilocalorías por ración.

#### Alimento

#### Alto contenido de fibra (5 o más g/ración)

Berros, cilantro, nopales.

#### Buena fuente de fibra (2.5 a 4.9 g/ración)

Alcachofa, alfalfa germinada, apio, champiñones crudos, perejil, setas, tomate verde.

#### Bajo aporte de fibra (<2.5 g/ración)

Ajo, flor de calabaza, lechuga, pepino, pimiento crudo, rábanos, verdolagas crudas.

## Verduras

Cada porción de este grupo de verduras corresponde a ½ taza (100 g) de verduras cocidas o jugo de verduras; o a ½ a 1 taza de verduras crudas.

---

### Alimento

---

**1 equivalente:** E = 25 kcal · PR = 2 g ·  
GR = 0 g · HC = 4 g

#### Buena fuente de fibra (2.5 a 4.9 g/ración)

Acelga cocida, berenjena, brócoli, calabacita, cebolla, coliflor, champiñones, chícharo en vaina, chile jalapeño, elote cambray, espinaca, huauzontles, jitomate.

#### Bajo aporte de fibra (<2.5 g/ración)

Betabel, cebollitas de cambray, col de Bruselas, colinabo, corazones de alcachofa, chayote, chícharo, chilacayote, chiles, ejotes, endibias, flor de yuca, haba verde, hojas de chaya, huitlacoche, jugo de tomate, jugo de verduras, jugo de zanahoria, palmito, papaloquelite, pepinillos, pimiento cocido, poro, puré de jitomate, quelites, quintoniles, romeritos, verdolagas cocidas, zanahoria.

---

## Equivalentes de frutas

---

Alimento	Cantidad	Peso (g)
----------	----------	----------

---

**1 equivalente:** E = 60 kcal · PR = 0 g ·  
GR = 0 g · HC = 15 g

#### Alto contenido de fibra (5 o más g/ración)

Chirimoya	⅓ pieza	55
Dátiles	3 piezas	25
Granada roja	1 pieza	90
Guanábana	¾ pieza	180
Guayaba	3 piezas	125
Tuna	2 piezas	140
Zarzamora	¾ taza	100

#### Buena fuente de fibra (2.5 a 4.9 g/ración)

Fresa	1 taza	140
Gajos de toronja o de naranja	1 taza	150
Higo	3 piezas	75
Mamey	⅓ pieza	85
Pera	½ pieza	70

---

<i>Alimento</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Peso (g)</i>
<b>Bajo aporte de fibra (&lt;2.5 g/ración)</b>		
Cereza	15 piezas	100
Ciruela	3 piezas	100
Chabacano	4 piezas	125
Chicozapote	½ pieza	85
Durazno	1½ pieza	100
Kiwi	1½ pieza	115
Lichis	1 taza	80
Lima	4 piezas	200
Mandarina	2 piezas	125
Mandarina reyna	1 pieza	140
Mango	½ pieza	100
Manzana	1 pieza	100
Melón	1 taza	160
Naranja	1 pieza	125
Papaya	1 taza	140
Perón	1 pieza	100
Piña	¾ taza	115
Plátano dominico	2 piezas	60
Plátano tabasco	½ pieza	50
Puré de manzana	⅓ taza	75
Sandía	1 taza	160
Tamarindo pulpa	2 cucharadas	25
Tejocote	2 piezas	60
Toronja	½ pieza	80
Uvas	10 piezas	60
Zapote negro	½ taza	115
<b>Jugos de fruta (bajo aporte de fibra)</b>		
Jugo de ciruela pasa	⅓ taza	80
Jugo de durazno, mandarina, manzana, naranja, piña, toronja	½ taza	120
<b>Néctares de fruta (bajo aporte de fibra)</b>		
Néctar de chabacano, durazno, guayaba, mango, manzana, piña	⅓ taza	80



<i>Alimento</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Peso (g)</i>
<b>Frutas secas (moderado aporte de fibra)</b>		
Ciruela pasa	4 piezas	55
Orejones de chabacano	7 piezas	20
Orejones de durazno	2 piezas	25
Orejones de manzana	4 piezas	25
Orejones de pera	2 piezas	20
Pasitas	2½ cucharadas	115

### *Equivalentes de grasas*

<i>Alimento</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Peso (g)</i>
<b>Grasas predominantemente polinsaturadas</b>		
Aceite de: cártamo, girasol, maíz, soya, algodón	1 cucharadita	5
Margarina blanda	1 cucharadita	5
Margarina dietética	1 cucharadita	15
Aderezo francés o italiano	1 cucharadita	15
Aderezo bajo en calorías	2 cucharaditas	30
Mayonesa	1 cucharadita	5
<b>Grasas predominantemente monoinsaturadas</b>		
Aceite de cáñola, oliva o cacahuete	1 cucharadita	5
Aguacate	¼ pieza	30
Aceitunas	10 piezas	30
<b>Grasas predominantemente saturadas</b>		
Mantequilla	1 cucharaditas	5
Margarina o grasa de aceite vegetal hidrogenado, aceite de palma o de coco	1 cucharaditas	5
Tocino crujiente	1 rebanada	10
Crema espesa de vaca	2 cucharaditas	10
Crema ligera de vaca	1 cucharada	15
Queso crema	1 cucharada	15
Manteca de cerdo	1 cucharadita	5

**1 equivalente:** E = 45 kcal · PR = 0 g ·  
GR = 5 g · HC = 0 g

## Grasas con proteínas

**1 equivalente:** E = 70 kcal · PR = 3 g ·  
GR = 5 g · HC = 3 g

Alimento	Cantidad	Peso (g)
Ajonjolí tostado	1½ cucharada	15
Almendras	6 piezas	10
Avellanas	5 piezas	10
Cacahuates	6 piezas	10
Nueces	4 mitades	8
Pepitas	1 cucharada	10
Piñones	2 cucharaditas	10
Pistaches	6 piezas	10
Mantequilla de cacahuete	2 cucharaditas	10
Chorizo	15 g	15
Pepperoni	2 rodajas	10
Pathé	1 cucharadita	15

## Equivalentes de azúcares

**1 equivalente:** E = 40 kcal · PR = 0 g ·  
GR = 0 g · HC = 10 g

Alimento	Cantidad	Peso (g)
Ate	1 pieza	15
Azúcar, azúcar morena	2 cucharaditas	10
Cajeta	2 cucharaditas	10
Caramelo macizo	2 piezas	10
Café capuchino helado	⅓ taza	80
Chocolate en polvo	1 cucharada	10
Chocolate de mesa con azúcar	¼ pieza	10
Chocolate de leche	½ pieza	15
Gelatina preparada con agua	¼ taza	60
Gomitas	4 piezas	15
Frutas cristalizadas	15 g	15
Jalea	½ cucharada	8
Jarabe de chocolate	1 cucharada	15
Jarabe de sabor (para preparar en agua)	1 cucharada	15
Jarabe de maple	1 cucharada	15
Leche condensada	1 cucharada	15

**1 equivalente:**  $E = 40 \text{ kcal} \cdot PR = 0 \text{ g} \cdot$   
 $GR = 0 \text{ g} \cdot HC = 10 \text{ g}$

<i>Alimento</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Peso (g)</i>
Menta en tabletas	4 piezas	20
Mermelada de fruta	1 cucharada	15
Miel de abeja	2 cucharadas	10
Miel de maíz	2 cucharaditas	10
Miel de maple	2 cucharaditas	10
Polvo para preparar aguas	1 cucharada	15
Nieve de frutas	1 bola	80
Piloncillo rallado	1 cucharada	15
Refrescos	1/3 taza	80 ml
Salsa catsup	2 cucharadas	30
Yakult	1 pieza	80

$c = \text{cucharadita} = 5 \text{ g}$   
 $C = \text{cucharada soper} = 15 \text{ g}$

### *Azúcares con grasa*

**1 equivalente:**  $E = 85 \text{ kcal} \cdot PR = 0 \text{ g} \cdot$   
 $GR = 5 \text{ g} \cdot HC = 10 \text{ g}$

<i>Alimento</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Peso (g)</i>
Almendra con chocolate	4 piezas	15
Cacahuete confitado	3 cucharadas	20
Chispas de chocolate	1 cucharada	15
Chocolate blanco, amargo, con leche	15 g	15
Chocolate fundido	1 cucharada	20
Lunetas	1/3 paquete	15
Mole en pasta	1 cucharadita	20
Palanqueta de cacahuete	1/2 pieza	20
Susituto de crema en polvo	1 1/2 cucharada	18

## Alimentos libres de energía

### Consumir según se desee

#### Bebidas

Café  
Té  
Agua  
Agua mineral  
Agua quina sin azúcar  
Consomé desgrasado

#### Otros alimentos

Gelatina natural sin sabor

#### Condimentos

Sal  
Pimienta  
Hierbas de olor  
Especias  
Extractos de condimentos  
Mostaza  
Rábano  
Jugo de limón o de lima  
Vinagre  
Grasa en spray para cocinar

### Consumir en cantidades limitadas

#### Bebidas

Bebidas edulcoradas artificialmente

#### Otros alimentos

Mermelada o gelatina dietética  
Edulcorante artificial  
Chicle sin azúcar  
Caramelo sin azúcar  
Cacao en polvo sin azúcar

## Bebidas alcohólicas

### Bebida alcohólica

### Cantidad (mL)

**1 equivalente:**  $E = 140 \text{ kcal}$  ·  $PR = 0 \text{ g}$  ·  
 $GR = 0 \text{ g}$  ·  $HC = 0 \text{ g}$

Licores y cremas	30
Aguardiente, amaretto, anís, ron, brandy, cognac, ginebra, rompopo, tequila, vermouth seco, vodka, whisky	60
Jerez seco, vermouth dulce	120
Vino, sidra y champaña	150
Cerveza y pulque	355
Cerveza light	500

**Fuente:** Adaptado de AB. Pérez Lizaur. L. Marván. *Manual de dietas normales y terapéuticas* 5a. ed. México: Prensa Médica Mexicana 2005.

*Ejemplos de dietas  
1600 kcal (niño o niña de 7 años) y 2000 kcal (mujer adulta)*

<i>Grupo de alimentos</i>	<i>No. de raciones</i>		<i>Tamaño de la ración</i>
	<i>1600 kcal</i>	<i>2000 kcal</i>	
Granos (enteros)	7	9	1 tortilla 1 rebanada de pan o 1/2 bolillo 1 onza (30 g) de cereal 1/2 taza arroz, pasta o cereal cocido
Verduras	3	4	1 taza verduras de hojas crudas 1/2 taza de vegetales cocido o crudos 1/2 taza jugo de verduras
Frutas	4	6	1 fruta mediana 1/4 taza fruta seca 1/2 taza fruta fresca congelada o enlatada 1/2 taza jugo frutas
Leche y productos lácteos	3	2	1 taza de leche 1 taza de yogur
Carnes (pollo, pescado, res), huevo, queso	3	3.5	30 a 40 g cocida (40 a 50 g cruda) 1 huevo 1 onza (30 g) 45 g (queso fresco)
Leguminosas	1	1	1/2 taza leguminosas cocidas 2 cucharadas o 15 g de semillas
Grasas y Aceites	2	3	1 c aceite 1 c margarina suave 1 c mayonesa 2 c aderezo
Azúcares	2	2	1 cucharada azúcar 1 cucharada mermelada 1/2 taza nieve o gelatina 1 taza agua de frutas con azúcar

**Referencias:**

<sup>1</sup> L. Marván Laborde, AB. Pérez Lizaur, B. Palacios González, *Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes*. 2a. ed. Fomento de Nutrición y Salud A.C.

**Bibliografía**

<sup>2</sup> AB. Pérez Lizaur L. Marván, *Manual de dietas normales y terapéuticas*, 5a. ed. México: Prensa Médica Mexicana, 2005.



# *10* **Dietética. La dieta en condiciones de salud**

---





# 10 Dietética. La dieta en condiciones de salud

Una acepción de la palabra *Dietética*<sup>1</sup> la define como “Disciplina que trata de la alimentación conveniente”. Este término se emplea también para hacer referencia a todo lo “perteneiente o relativo a la dieta”; el significado de este último vocablo del griego *diaita* = manera de vivir, régimen de vida tiene a su vez dos acepciones: “Régimen relativo a la alimentación” y “Privación de alimentos”. Este capítulo tiene como propósito destacar el papel de la dietética en condiciones de salud, dejando de lado el papel de la dietética en personas enfermas: cuando se pretende adecuar la dieta a las condiciones fisiopatológicas de las enfermedades, corrigiendo o evitando deficiencias específicas.

*“La vida es breve, el arte largo, la ocasión fugaz, la experiencia engañosa y el juicio difícil.*

Hipócrates (460-377 a.C.)

## **Dieta:**

*Conjunto de alimentos y platillos que se consumen cada día. Constituye la unidad de la alimentación.*

Bourges H. “Orientación Alimentaria. Glosario de términos.” en *Cuadernos de Nutrición*, 2001; 24(1):15

## **Alimentación humana:**

*Conjunto de procesos biológicos, psicológicos y sociológicos relacionados con la ingestión de alimentos, mediante el cual el organismo obtiene del medio los nutrimentos que necesita así como las satisfacciones intelectuales, emocionales, estéticas y socioculturales que son indispensables para la vida humana plena.*

Bourges H. “Orientación Alimentaria. Glosario de términos.” en *Cuadernos de Nutrición*. 2001, 24(1):9

## ORIGEN DE LA DIETA

Los preceptos dietéticos de las culturas occidentales contemporáneas tienen como origen común la de los pueblos mediterráneos. Hipócrates<sup>2</sup> mencionaba ya en uno de sus libros *De la Medicina Antigua* hace 25 siglos, que entre los helénicos la dieta habitual era resultado de la “búsqueda de una alimentación adecuada a su constitución” y que no causara ningún malestar; señala que por esta razón “trillaron los granos de trigo, los machacaron, molieron, tamizaron, amasaron y cocieron, y con ellos produjeron pan”. Agrega que después de largo tiempo de experimentar con los alimentos, “hirviéndolos, cociéndolos y mezclándolos de modo de atemperar los ingredientes fuertes y puros con los más débiles, adecuando todos a la constitución y fortaleza del hombre”, habían llegado a la dieta que era común en las culturas mediterráneas; “pensaban que si los alimentos que ingerían eran fuertes para la constitución humana no podrían asimilarlos y que ellos serían causa de dolores, enfermedades y muerte”. En cambio, “si los alimentos podían ser asimilados, de ellos derivaría nutrición, crecimiento y salud”. Las ideas hipocráticas, adoptadas por la “Escuela (médica) de Salerno”<sup>3</sup> preservaron la idea de que los médicos eran quienes debían indicar *la calidad y tipo de alimento, cuándo, cuánto y la frecuencia de su consumo*, de manera que hasta la primera mitad del siglo XIX los médicos eran quienes se ocupaban de hacer recomendaciones dietéticas.

## REQUISITOS DE UNA DIETA SALUDABLE

Los alimentos que integran la dieta, la proporción de éstos cuando son agrupados por particularidades genéricas (carnes, lácteos, semillas, frutas, verduras) y cantidad de ellos en la dieta cotidiana, permiten inferir acerca de los nutrimentos que proporcionan a la persona que los consume. Conforme a estos conceptos la dieta puede ser calificada por la cantidad y calidad de los nutrimentos que aporta a quien la ingiere: después de estimar la cantidad de nutrimentos que ingirió y si éstos guardaron una proporción adecuada en la dieta o si ésta fue deficiente en nutrimentos. Cabe reconocer que la calidad nutrimental de una dieta trasciende más allá del ámbito de la alimentación, al ser parte de conductas alimentarias erróneas; sin embargo, en una u otra circunstancia, sea por exceso o por carencia de nutrimentos, la corrección de tales distorsiones competen a la dietética.

Así pues, se acostumbra identificar con el término dieta a los alimentos que ordinariamente ingiere una persona o un grupo de personas. La calidad, la cantidad, la frecuencia de consumo y la forma en que éstos deben ser preparados, son los elementos que permiten calificar una dieta como saludable o bien son la base para la prescripción de una “dieta correcta”: que permita preservar la salud mediante un aporte de nutrimentos adecuado, para satisfacer las necesidades nutricias que exigen las actividades diarias de una persona, la preservación de sus funciones orgánicas y la reparación de sus tejidos corporales. En los niños, en los adolescentes y en las mujeres embarazadas y lactantes la dieta correcta deberá solventar la demanda que exige la formación de nuevas células, y el crecimiento y desarrollo funcional de sus estructuras corporales. Para cumplir con estos objetivos es preciso que los alimentos de la dieta contengan todos los nutrimentos indispensables para satisfacer todas estas exigencias, particularmente en la etapa evolutiva de los seres humanos: desde su etapa prenatal (procurando una alimentación correcta a la mujer durante su gestación), en los neonatos y lactantes (debido a la inmadurez fisiológica de su organismo para sintetizar algunos nutrimentos) hasta concluir la etapa de la adolescencia, en la que ocurre el segundo brote de crecimiento corporal que exige mayor demanda de nutrimentos.

## CARACTERÍSTICAS DE UNA DIETA SALUDABLE

Como lo mencionan los textos de la Escuela de Salerno, “la calidad, la cantidad, la frecuencia y la variedad de los alimentos de la dieta tienen un papel trascendente en la nutrición.” Además, una *dieta correcta o recomendable* se expresa en términos de los siguientes atributos: debe ser completa en cuanto a los nutrimentos; suficiente para cubrir las necesidades de energía y nutrimentos; equilibrada en lo que respecta a la proporción de los hidratos de carbono, los lípidos y las proteínas; variada en cuanto a los alimentos genéricos que la integran; adecuada a la condición fisiológica y sociocultural de cada persona; e inocua para quien la consume. Con el cumplimiento cabal de estos criterios se pretende lograr una dieta correcta, requisito básico para una buena salud.

**Características de una dieta correcta:**  
Completa, suficiente, equilibrada,  
variada, adecuada e inocua.

### Completa

Es indispensable que la dieta contenga todos nutrimentos que una persona requiere; por eso la dieta debe incluir alimentos que se identifiquen por su contenido de nutrimentos. Con objeto de facilitar el cumplimiento de este criterio, los alimentos han sido clasificados en grupos genéricos, a los que luego se hará mención.

### Suficiente

Se busca además que la dieta no sólo contenga todos los nutrimentos (proteínas, grasas, hidratos de carbono, vitaminas, minerales y agua), sino que éstos se encuentren en cantidad suficiente para proveer de energía, nutrimentos plásticos, minerales y vitaminas, que intervienen en las reacciones químicas del organismo.

### Equilibrada

Se recomienda que la dieta mantenga una proporción equilibrada en cuanto a los macronutrimentos, de tal manera que los hidratos de carbono proporcionen entre 55 y 65% de la energía; los lípidos entre 20 y 30%; y las proteínas entre 10 y 15%.

### Variada

Pues una amplia variedad de alimentos preparados en forma distinta de un día a otro asegura un aporte adecuado de nutrimentos y a la vez fomenta una mejor elección de los alimentos. Una dieta variada, además, evita la acumulación nociva de compuestos químicos indeseables que pueden encontrarse en los alimentos como insecticidas, herbicidas, hormonas y otras sustancias.

Aunque todavía no hay consenso para definir operacionalmente el concepto de variedad, el Índice de Alimentación Saludable del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, considera que una persona con una dieta variada es aquella que consume diariamente, por lo menos, media ración de ocho o más alimentos (o tipos de alimentos) diferentes en un día.

### **Adecuada**

Es obvio que la dieta correcta debe estar establecida con base en las necesidades nutricias de los grupos de población que comparten atributos y condiciones socioculturales semejantes. La edad, el sexo, el tamaño corporal, la actividad, la condición fisiológica (o fisiopatológica) de una persona, su condición socioeconómica, el lugar en que radica y la época del año, son algunos de los factores considerados al recomendar un régimen dietético.

### **Inocua**

Es natural que una dieta que tenga como propósito preservar la salud deba estar exenta de sustancias nocivas o de microorganismos patógenos. Por eso la dieta debe incluir medidas para la preparación higiénica de los alimentos, su conservación y su consumo.

Como ya se ha mencionado, se identifica como dieta a los alimentos que ordinariamente consume una persona en 24 horas. La calidad, la cantidad, la frecuencia de consumo y la manera en que los alimentos son preparados para su ingestión son aspectos a considerar al prescribir una “dieta correcta”; con ella se pretende que las personas satisfagan las necesidades nutricias derivadas de su actividad diaria, el mantenimiento de sus funciones vitales y la reparación de sus tejidos corporales. En tanto que en los niños, los adolescentes, las mujeres embarazadas y lactantes, la dieta correcta deberá también solventar la demanda que exige la formación de nuevas células y el crecimiento y desarrollo corporal.

Por otra parte, además de la calidad nutrimental de la dieta es importante no perder de vista que su trascendencia va más allá del ámbito de la dietética, al formar parte de la cultura y de estilos de vida particulares en los grupos humanos. Por lo que debe ser satisfactoria en ambito psicoemocional (fuente de estímulos sensoriales) y sociocultural (vínculo social y expresión cultural).

## **RECOMENDACIONES Y REQUERIMIENTOS**

La palabra recomendación debe emplearse como sinónimo de requerimiento, por lo que es necesario precisar su significado. La variabilidad biológica de los seres humanos implica que los requerimientos nutricios varíen de una persona a otra, aunque sean similares en edad, sexo, complexión y otros factores, es por esta razón que no es posible conocer con precisión la cantidad mínima de nutrimentos que cada persona requiere para satisfacer sus necesidades diarias; por esta circunstancia, las recomendaciones nutrimentales pretenden satisfacer las necesidades de la población, según se trate de mujeres u hombres, de acuerdo a su edad y circunstancias particulares como el embarazo, la lactancia o de acuerdo a su actividad diaria (en lo concerniente a la energía).

Son ahora numerosos los países que han establecido *recomendaciones nutrimentales* para sus respectivas poblaciones; nuestro país cuenta con las Recomendaciones de Ingestión de Nutrimentos para la Población Mexicana de 2005.

### **Requerimiento o necesidad nutrimental**

Es la cantidad mínima de un nutrimento que una persona precisa ingerir diariamente en la dieta que acostumbra, para cumplir con lo que establece una recomendación nutrimental.

#### **Recomendaciones nutrimentales:**

Son expresiones numéricas, casi siempre en forma de promedio diario, de las cantidades que se considera necesario ingerir de cada nutriente para mantener la salud de un individuo representativo de alguna de las varias categorías en que los miembros de una comunidad pueden dividirse para propósitos dietéticos.

Bourges H., *Recomendaciones de Ingestión de Nutrientes para la Población Mexicana*. Tomo 1. Editorial. Médica Panamericana. 2005. pp. 9

Las recomendaciones de nutrientes han sido definidas por la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos de América como: “la cantidad de nutrientes esenciales que, con base en conocimientos científicos se juzgan adecuados para satisfacer las necesidades nutrimentales de prácticamente todas las personas”. Es pertinente mencionar que el Comité de Nutrición y Alimentación establece sus criterios de acuerdo a las estimaciones hechas en cuanto a los requerimientos fisiológicos en personas sanas, según su sexo y edad, y considerando su biodisponibilidad, definida ésta como “la cantidad porcentual de un nutriente presente en la dieta, que se absorbe en el intestino”. Es conveniente señalar que la cantidad estimada se ajusta por diversos factores, con objeto de compensar la utilización incompleta del nutriente; es por eso que se toma en consideración, además de la biodisponibilidad, la variabilidad biometabólica de los sujetos investigados al estudiar la biodisponibilidad de un nutriente.

En los niños, las recomendaciones se establecen en función de la cantidad del nutriente que permite mantener de manera satisfactoria su velocidad de crecimiento corporal. En cierta forma este criterio se usa también en adultos al tener como referencia la cantidad de alimentos que requieren para mantener un peso corporal acorde con la condición de eutrofia, sin el riesgo de padecer deficiencias en vitaminas y minerales.

En los estudios que pretenden estimar los parámetros de normalidad la desviación estándar cobra particular importancia en la medición de la variabilidad. Con este parámetro es posible definir los márgenes teóricos, por arriba y abajo del promedio, en los que la cantidad ingerida de nutriente satisface las necesidades diarias en personas sanas: siempre y cuando la distribución de los valores, a partir de los cuales se van a establecer los requerimientos, se ajusten a una curva de distribución “normal”. Conforme a este criterio estadístico entre los márgenes equidistantes de las dos desviaciones estándar (por arriba y abajo del promedio) se espera que sean satisfechas las necesidades de nutrientes en 95% de la población. Aunque tal estimación estadística es teóricamente válida; sin embargo, en lo que respecta a las proteínas y al energía los requerimientos no se distribuyen de acuerdo con una curva normal.

## **EDUCACIÓN ALIMENTARIA**

Es natural que la dietética como disciplina que pretende fomentar conductas alimenticias positivas o modificar las que pueden incidir negativamente en la salud, requiere de la educación en materia de nutrición, para así modificar o preservar conductas; según se pretenda corregir problemas de nutrición originados por excesos o deficiencias en la alimentación o para preservar la condición de eutrofia en personas sanas. Para ese fin se identificaron los nutrientes que requieren los seres humanos, conocer el papel que tienen en los procesos bioquímicos y las funciones fisiológicas del organismo, estimar las recomendaciones nutrimentales de éstos y conocer el contenido de nutrientes en los alimentos. Gran parte de los descubrimientos se obtuvieron en la primera mitad del siglo pasado, de tal manera que durante los últimos cincuenta años las investigaciones fueron orientadas a conocer la participación de los nutrientes en los procesos metabólicos en condiciones de salud y las alteraciones metabólicas que ocurren ante la deficiencia de los nutrientes: lo que permitió mayor certidumbre al fijar las recomendaciones de nutrientes y en las raciones dietéticas para evitar deficiencias.

En la década de 1940, durante la Segunda Guerra Mundial, y en los años cincuenta, en la etapa de recuperación de los países beligerantes ante la restricción de alimento fue necesario difundir en la población conceptos de alimentación. Si bien esta medida tenía como propósito aliviar el hambre en la población y evitar que la gente padeciera de enfermedades relacionadas con la nutrición, al término de este conflicto bélico se mantuvo el interés por fomentar la educación alimentaria en la población como medida indispensable en la promoción de la salud.

En la actualidad la educación alimentaria se define como el proceso por el cual las personas obtienen la motivación, el conocimiento, las habilidades y las destrezas necesarias para promover y proteger su bienestar, mediante la selección apropiada de alimentos.<sup>4</sup> Tiene como propósito preservar el estado nutricional de la población mediante la promoción de hábitos alimentarios saludables, la eliminación de prácticas dietéticas indeseables, la incorporación de prácticas higiénicas y el uso razonado de los recursos alimentarios disponibles.

### *Estrategias en la educación alimentaria*

Para satisfacer las necesidades nutrimentales de una población es necesario proporcionar mensajes fáciles de entender, adecuados a los alimentos de consumo habitual en el país y de acuerdo con su cultura alimentaria. Con este propósito, en muchos países se han elaborado guías alimentarias o dietéticas que tienen como finalidad destacar algunas indicaciones y pautas, con relación a la alimentación de la población general, para orientar el consumo de alimentos que les proporcionen una cantidad generosa de nutrimentos: promoviendo a su vez un comportamiento alimenticio prudente.

Con estas guías alimentarias se pretende fomentar la salud de la población y prevenir enfermedades asociadas con la alimentación, sean por deficiencia o exceso en el consumo de alimentos; con ésta se busca reducir la prevalencia y riesgo de enfermedades en la población. Consisten en mensajes sencillos, comprensibles y atractivos, que estimulen el correcto consumo de alimentos que permitan satisfacer las recomendaciones nutrimentales de la población.

Ordinariamente se expresan en forma cualitativa como lo sugieren algunos organismos internacionales (FAO/OMS): éstos afirman que “los alimentos y los patrones alimentarios son el reflejo de factores sociales, culturales y étnicos y que los nutrimentos, por sí solos, no pueden expresar”. Es por eso que hay una gran diversidad de guías alimentarias, desarrolladas en distintos países. La FAO sugiere que a un lado de la sencillez y claridad, estas guías incluyan el menor número posible de grupos de alimentos, procurando incluir aquellos asequibles a la generalidad de la población; además recomienda que sean los adecuados a los hábitos y costumbres propios de la población en general.

#### **Mensaje principal en las guías alimentarias:**

“Deberá hacer énfasis en la variedad y equilibrio de los alimentos que integran la dieta: invitando a quien la ingiere, a hacerlo con moderación.

Expertos de FAO/OMS sugieren un modelo de guía alimentaria que han llamado “Rueda de Alimentos” de la FAO. Para agrupar los alimentos siguen el criterio de clasificarlos por su composición nutrimental; de esta manera distinguen en la dieta tres grupos de alimentos que se distinguen con diferente color: según la principal función metabólica que aportan al organismo; así se clasifican de la siguiente manera:

**Amarillo:** Alimentos energéticos

**Verde:** Alimentos reguladores

**Rojo:** Alimentos plásticos

Mediante esta estrategia los expertos de FAO/OMS confían en que la guía que proponen contribuirá a la educación alimentaria, facilitando cambios en la conducta alimentaria que contribuyan en la salud de la población.

#### **Hábitos alimentarios**

Conductas adquiridas por una persona, mediante la repetición de actos asociados a la selección, preparación y consumo de alimentos. Los hábitos tienen relación, principalmente, con las características sociales, económicas y culturales de una población, en una región determinada.

Bourges H. *Glosario de Términos*. Cuadernos de Nutrición, 2001; 24 (1): 21.

## EL PLATO DEL BIEN COMER

La estrategia para la difusión de una alimentación correcta en la población mexicana es El Plato del Bien Comer, figura 10.1 que es la norma oficial mexicana para la orientación alimentaria de la población (NOM-043-SSA2-2005), la cual intenta orientar a la población para alcanzar el objetivo de una dieta correcta. Con este Plato del Bien Comer se pretende destacar que los alimentos incluidos en los tres grupos son igualmente importantes y necesarios para asegurar una alimentación que fomente o preserve la salud colectiva. Los grupos de alimentos están integrados de la siguiente manera:

### A. Cereales y tubérculos

En este grupo se incluyen los que aportan en la dieta la mayor proporción de la energía y una cantidad importante de vitaminas; en este grupo (color “amarillo”) se recomienda el consumo de cereales, de preferencia integrales pues también son una fuente importante de fibra dietética, que contribuye a normalizar la motilidad intestinal al aumentar el bolo fecal. Entre otros cereales destacan los empleados en la confección de platillos propios de nuestra cultura: el maíz (tortilla y tamales en distintas modalidades); el trigo (pan, pastas, galletas, cereales para el desayuno); el arroz, la avena, el centeno y otros. También se consideran en este grupo las raíces feculentas como son la papa, la yuca y el camote.

### B. Verduras y frutas

Este grupo (de color verde) es la fuente única de vitamina C en la dieta y además de aportar otras vitaminas como ácido fólico, carotenos, vitamina K y otras del complejo B, aportan también minerales como potasio y hierro, y contribuyen de manera significativa al aporte de fibra dietética, sobretodo si se comen crudas y con cáscara.

### C. Leguminosas y los alimentos de origen animal

Este grupo (del color rojo), aporta las proteínas indispensables para el crecimiento, así como minerales: como hierro, calcio, zinc, entre otros; contienen, además, algunas vitaminas: especialmente vitamina A y varias vitaminas del complejo B. Entre las leguminosas se pueden mencionar: frijoles, garbanzos, lentejas, habas, soja (soja) y chícharos (arvejas o guisantes). Cabe mencionar que en este grupo se incluyen otros alimentos de origen animal, como la leche y sus derivados, el huevo y otras carnes (pescado, pollo, res, vísceras como el hígado).

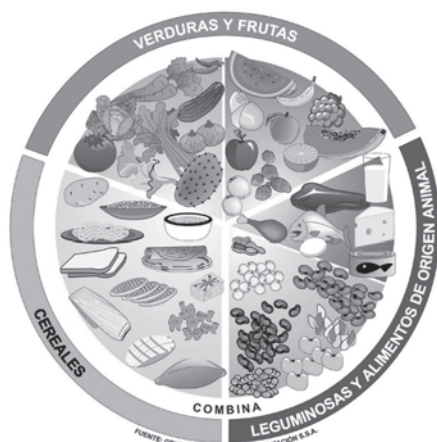


Figura 10.1 Plato del Bien Comer.

Como se soslayó con el Plato del Bien Comer se intenta ejemplificar: de manera simple y operante, los grupos de alimentos que deben contribuir en la dieta diaria en los tiempos destinados a la alimentación. Es pertinente señalar aquí los criterios y las presunciones planteadas al integrar los alimentos en grupos, que integran el Plato:<sup>5</sup>

1. Cada grupo se integró en base a su semejanza nutricional; no siendo idénticos, sí son suficientemente parecidos para considerarlos, razonablemente, como equivalentes: por esta razón son sustituibles entre sí, facilitando la variedad en la dieta.
2. Dentro de los grupos, los alimentos son equivalentes y sustituibles, pero no complementarios. Mientras que entre los tres grupos los alimentos son complementarios, no se considera que sean sustituibles. Dicho de otra manera, la complementación ocurre entre grupos, no dentro de éstos, y la sustitución se da dentro de cada grupo y no entre éstos.

Al utilizar el Plato del Bien Comer en la orientación alimentaria es deseable resaltar la necesidad de incorporar ciertas pautas en una buena alimentación:

- Incluir por lo menos un alimento de cada grupo en cada comida, variando lo más posible los alimentos incluidos dentro de cada grupo.

- A un lado de la adopción de una alimentación saludable, es importante recomendar que las personas adopten la costumbre de practicar diariamente alguna actividad física, ajena a su trabajo, a lo largo de toda la vida.

- Comer la mayor variedad posible de alimentos:

- Muchas verduras y frutas, de preferencia crudas y con su cáscara.
- Suficientes cereales (tortilla, pan integral, pastas, arroz o avena) combinados con leguminosas (frijoles, lentejas, habas o garbanzos).
- Pocos alimentos de origen animal. Preferir el pescado o el pollo sin piel, a las carnes de cerdo, borrego, cabrito o res.
- Consumir en la dieta lo menos posible de grasas (manteca, mantequilla, crema); y preferir los aceites de origen vegetal a la manteca, mantequilla o margarina.
- Consumir la menor cantidad posible de azúcar y sal: cocinar con poca sal y endulzar con poca azúcar. No poner recipientes con azúcar y sal en la mesa, y disminuir el consumo de productos que los contengan.
- Al comer, procurar hacerlo con tranquilidad tomando el tiempo necesario y en compañía, de preferencia en familia.

- *Se recomienda, además:*

- Beber agua pura (hervida o desinfectada) en abundancia: alrededor de 8 vasos al día (2 L).
- Procurar la máxima higiene al almacenar, preparar y consumir los alimentos.
- Lavar y desinfectar las verduras y frutas.
- Lavarse las manos con agua y jabón antes de comer y después de ir al sanitario.
- Los pescados y mariscos, las carnes y los huevos, deben estar bien cocidos para su consumo.
- Hacer, por lo menos, 30 minutos de ejercicio físico al día.
- Evitar fumar y tomar bebidas alcohólicas.
- Mantener un peso saludable (IMC entre 18.5 y 24.9).

## Referencias

<sup>1</sup> *Diccionario de la Lengua Española*, 22a. edición, España 2001, (actualizado en 2004) en <http://buscon.rae.es/draef/>

<sup>2</sup> Hipócrates de Cos (Versión de Eggers Lan C.). *De la Medicina Antigua México*: Universidad Autónoma de México, pp. 1-3, 1991.

<sup>3</sup> O. Temkin, *Nutrition from classical antiquity to the baroque* en Human Nutrition Historic and Scientific. Galdston I. Nueva York: International Universities Press 1960, pp. 78-97.

<sup>4</sup> A. Martínez, I. Astiasarán, H. Madrigal, *Alimentación y Salud Pública*. Ed. McGraw-Hill Interamericana. Madrid, 2002. pp. 121.

<sup>5</sup> H. Bourges, *Los alimentos y la dieta y la alimentación*: Nutriología Médica. ed. Médica Panamericana, 2000. pp. 505.





# Lecturas recomendadas

- *Antia FP, Philip A. Clinical dietetics and nutrition. 4a ed. Nueva York: Oxford University Press, EUA, 1998.*
- *Bourges H, Casanueva E, Rosado J. ed. Recomendaciones de ingestión de nutrimentos para la población mexicana, tomo 1. México: Editorial Médica Panamericana, 2005.*
- *Casanueva E, Kaufer-Horwitz M, Pérez-Lizaur AB, Arroyo P. ed. Nutriología Médica. 3a ed. México: Editorial Médica Panamericana. México 2001.*
- *Lee R, Nieman D. Nutritional Assessment. 3a. ed. Nueva York: McGraw-Hill, 2003.*
- *Mahan K, Escott-Stump S. Nutrición y Dietoterapia de Krause. 10a. ed. Nueva York: McGraw-Hill, 2000.*
- *Pérez Lizaur AB, Marván L. Manual de dietas normales y terapéuticas, 5a. ed. México: Prensa Médica Mexicana, 2005.*
- *Shils M, Olson J, Shike M, Ross C. Modern Nutrition in Health and Disease 9a. ed. Baltimore: Williams and Wilkins. 1999.*
- *Tovar A.R. ed. Los micronutrimentos. Aspectos teóricos y prácticos. México: Fundación Mexicana para la Salud. 2006.*
- *Wardlaw G, Hampl J, DiSilvestro R. Perspectives in Nutrition. 6a ed. Nueva York, McGraw-Hill, 2004.*
- *ZieglerE, Filer L. Conocimientos actuales Sobre Nutrición. 7a. ed. OPS Publicación Científica 565. Washington DC: ILSI Press, 1997.*

