

# 74

## CAPÍTULO

### Minerales en la nutrición humana

Los minerales ocupan un lugar muy importante en la dieta humana, por estar íntimamente relacionados con diversas funciones biológicas. Además de los elementos fundamentales que se encuentran en las biomoléculas, es decir, carbono, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, fósforo y azufre, algunos otros también son necesarios para el mantenimiento de la vida del ser humano.

Las funciones que cumplen los minerales abarcan un amplio espectro: estructurales, participación en reacciones enzimáticas, formar parte de hormonas, entre otras, y serán tratadas más adelante con mayor detalle.

La mayoría de los minerales constituyen requerimientos moleculares para el ser humano, ya que éste está obligado a obtenerlos mediante la dieta.

En este capítulo se dedicará la atención al estudio de los minerales en la nutrición humana; se hará énfasis en sus funciones y requerimientos diarios, y se tratarán brevemente algunas de las afecciones que se producen por el déficit o exceso de algunos de estos elementos.

### **Clasificación de los minerales**

Aunque existen distintos criterios para la clasificación de los minerales, aquí se tratará únicamente la que se basa en la cuantía de sus requerimientos diarios, por ser la más empleada desde el punto de vista nutricional. De acuerdo con este criterio, los minerales se clasifican en 2 grandes grupos: los macroelementos o elementos principales, cuyos requerimientos diarios exceden los 100 mg, como el calcio, el sodio, el cloro, el potasio, el magnesio, entre otros, y los oligoelementos o elementos trazas, cuyos requerimientos son del orden de los microgramos o de algunos miligramos por día, por ejemplo, el hierro, el cinc, el yodo, el cobre, el manganeso y el selenio, entre otros. Es bueno aclarar que estas cifras que se dan como límites para esta clasificación no son inflexibles, ya que no pueden considerarse válidas para todas las condiciones; sin embargo, resultan útiles como criterio práctico para todo lo que concierne a las consideraciones nutricionales.

## Funciones de los minerales

Los minerales cumplen varias funciones en el organismo, como son:

1. Mantienen la dureza y rigidez de algunos tejidos, como los huesos y los dientes, los cuales poseen un elevado contenido mineral, especialmente de calcio y fósforo.
2. Algunos forman parte de componentes bioquímicos importantes, que desempeñan funciones específicas, tal es el caso del hierro en la hemoglobina y otras hemoproteínas, y del yodo en las hormonas tiroideas.
3. Participan en el mantenimiento de la presión osmótica de los líquidos corporales, como el sodio, el cloro y el potasio.
4. Intervienen en la acción de determinadas enzimas, bien porque contribuyen a estabilizar la conformación del centro activo, o porque forman parte de un complejo terciario enzima-mineral-sustrato, o porque modifican la estructura del sustrato: el cinc, el magnesio, el cobre y el manganeso son ejemplos de minerales que participan en este tipo de función.
5. Contribuyen al mantenimiento del equilibrio ácido-básico. El fosfato y el bicarbonato son ejemplos de este tipo de minerales, ya que constituyen soluciones amortiguadoras importantes del pH (*buffers*) de la sangre.
6. Proveen un medio apropiado para la actividad celular. En la excitabilidad de las células nerviosas intervienen el sodio, el potasio y el calcio; este último también interviene en la contracción muscular, así como en el proceso de coagulación sanguínea y en algunos mecanismos de regulación enzimática.

## Elementos principales o macroelementos

A continuación se tratarán, por separado, algunos de los elementos principales, importantes en la nutrición humana.

### Calcio

El calcio es uno de los elementos más abundantes en el organismo humano. Aproximadamente, el 99 % se encuentra en los huesos y los dientes, unido a iones fosfato, formando la hidroxiapatita de calcio, compuesto insoluble que responde a la fórmula química de  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ , a lo que se debe la dureza de estos tejidos.

El calcio restante se localiza en los tejidos blandos y en los distintos fluidos corporales; éste interviene en importantes y variadas funciones como la contracción muscular, la excitabilidad de las células nerviosas, la coagulación de la sangre y también participa en la acción hormonal actuando como segundo mensajero, al activar determinadas enzimas.

### Fuentes y requerimientos

El calcio es abundante en la leche, los cereales, las legumbres, las nueces y los vegetales; está presente en los alimentos en forma de sales: fosfato, oxalato, carbonato y tartrato de calcio. Su absorción disminuye cuando se encuentra en forma de fitina (sal de calcio y de magnesio del fitato).

La absorción del calcio se afecta, además de por el tipo de sal en que se ingiere, por otros factores como el pH, la presencia de ácidos grasos y otros ácidos vegetales, y especialmente por los niveles de 1,25 dihidroxicolcalciferol, el cual induce la síntesis de la CaB (*calcium binding protein*), es decir, la proteína fijadora del calcio, la cual interviene en el transporte de este mineral a través del epitelio intestinal.

Se recomienda una dosis diaria de 800 mg para niños de 1 a 10 años y adultos mayores de 24 años, y de 1 200 mg para los adolescentes y adultos menores de 25 años, mujeres embarazadas y durante el período de lactancia, ya que se incrementan las necesidades de este mineral (tabla 74.1).

Tabla 74.1. *Requerimientos (mg/día) de los macroelementos\**

	Edad (años)	Cloro	Sodio	Potasio	Calcio	Fósforo	Magnesio
Lactantes	0-0,5	275-700	115-350	350-925	400	300	40
	0,6-1	400-1 200	250-750	425-1 275	600	500	60
Niños	1-3	500-1 500	325-975	550-1 650	800	800	80
	4-6	700-2 100	450-1 350	775-2 325	800	800	120
	7-10	925-2 775	600-1 800	1 000-3 000	800	800	170
Adolescentes	11-14	1 400-4 200	900-2 700	1 525-4 575	1 200	1 200	280
	15-18	1 400-4 200	900-2 700	1 525-4 575	1 200	1 200	300-400
Adultos	> de 18	1 700-5 100	1 100-3 300	1 875-5 625	800	800	280-350

\* Tomado de: Murray, RK et al.: *Bioquímica de Harper*, 13ra. ed. Ed. El Manual Moderno, 1994.

### **Regulación de la concentración del calcio sérico**

La regulación del calcio sérico depende fundamentalmente de 3 hormonas: la hormona paratiroidea, la calcitonina y la 1,25 dihidroxicolecalciferol. La paratiroidea eleva la concentración del calcio sérico y disminuye la del fosfato inorgánico, ya que aumenta la reabsorción del calcio por el riñón, en tanto que disminuye la de fosfato; aumenta también la reabsorción ósea y la absorción intestinal del calcio y el fósforo mediante el incremento de la 1,25 dihidroxicolecalciferol.

La calcitonina disminuye el calcio y el fosfato sérico, dado que decrece la reabsorción del calcio y el fósforo por el riñón, así como la resorción ósea, en tanto que la 1,25 dihidroxicolecalciferol los eleva por un efecto contrario sobre la reabsorción renal de estos elementos y por la movilización del calcio del hueso, así como por el incremento de la absorción intestinal del calcio y el fósforo.

### **Alteraciones provocadas por el déficit o exceso de calcio**

El mantenimiento de los niveles séricos del calcio, entre 8,8 a 10,4 mg.dL<sup>-1</sup> (2,2-2,6 mmol.dL<sup>-1</sup>), es fundamental para evitar las graves consecuencias que se observan cuando se alteran estos valores. La hipocalcemia provoca un estado de tetania; en la hipercalcemia se presentan debilidad muscular y trastornos mentales, que pueden llegar al coma; los aumentos del calcio sérico pueden causar cálculos renales de sales insolubles de este mineral.

### **Fósforo**

El fósforo es un elemento de vital importancia en el organismo humano, pues resulta indispensable en el metabolismo de los glúcidos y otros compuestos; también es fundamental en la formación de los nucleótidos y los ácidos nucleicos. Por otra parte, el *buffer* fosfato es una de las principales soluciones tampones que contribuyen

al mantenimiento del pH sanguíneo. Una parte importante de este elemento (alrededor del 85 %) forma, junto al calcio, la estructura de los huesos y los dientes.

### ***Fuentes y requerimientos***

El fósforo está presente en todos los alimentos de origen animal y vegetal. La mayor parte del fósforo de la dieta se encuentra en forma de fosfato inorgánico; su absorción se produce en el intestino delgado. La vía principal de excreción es el riñón.

Los requerimientos diarios en la infancia varían entre 300 a 800 mg, según la edad; en los adultos mayores de 24 años también son de 800 mg, en tanto que en las embarazadas y durante la lactancia los requerimientos son mayores (1 200 mg diarios [tabla 74.1]).

### ***Regulación de la concentración del fosfato sérico***

En los adultos normales la concentración del fosfato inorgánico es de 3 a 4,5 mg.dL<sup>-1</sup> (de 1 a 4 mmol), y es algo mayor en los niños. Los huesos almacenan fosfato, el cual es liberado a la sangre en condiciones en que éste es requerido. La regulación del fosfato sérico está muy relacionada con la del calcio y por ello fue tratado en el acápite anterior. Cabe señalar, no obstante, que la hormona paratiroidea y la calcitonina disminuyen el fosfato sérico y la 1,25 dihidroxicolecalciferol lo eleva; por otra parte, la hormona paratiroidea provoca una marcada disminución de la reabsorción renal de este elemento, lo que condiciona una fosfaturia.

### ***Alteraciones provocadas por el déficit o exceso de fósforo***

El hecho de la presencia del fósforo en todos los alimentos de origen animal y vegetal explica que no se haya detectado un cuadro de deficiencia de este elemento en los seres humanos. Sin embargo, se puede provocar una hipofosfemia en condiciones especiales, entre ellas cuando se le aplica a un individuo la alimentación intravenosa con glucosa, aminoácidos y un bajo contenido de fosfato, o por la ingestión de cantidades elevadas de hidróxido de aluminio o de carbonato de calcio, que impiden la absorción del fósforo.

### **Sodio, cloro y potasio**

El sodio, el cloro y el potasio intervienen en el equilibrio hidromineral y ácido-básico del organismo, y contribuyen al mantenimiento de la presión osmótica. El sodio es el principal catión extracelular y el potasio, el intracelular. El cloro, además, se intercambia con el ion bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) en los eritrocitos, lo cual es importante en el control del pH.

### ***Fuentes y requerimientos***

El sodio, el cloro y el potasio se encuentran en grandes cantidades en la mayor parte de los alimentos y los 2 primeros son abundantes en la sal de mesa. Los requerimientos diarios de sodio son de 1 100 a 3 300 mg en los adultos, y en los niños y adolescentes dependen de la edad (tabla 74.1); los requerimientos de cloro para el adulto son de 1 700 a 5 100 mg, y también dependen de la edad en el caso de los niños.

La ingesta promedio diaria del cloruro de sodio es de 6 a 10 g, lo que sobrepasa los requerimientos de ambos iones, y el exceso se elimina por la orina. Es importante la restricción de la sal, ya que se ha demostrado la asociación de su ingesta elevada con la hipertensión arterial. Se recomienda una dosis máxima límite de 6 g al día.

El tomate, los cítricos y el plátano son ricos en potasio. Los requerimientos de este elemento son, más o menos, de 1 875 a 5 625 mg por día para los adultos, mientras que en los niños varía de acuerdo con la edad (tabla 74.1). Su ingesta también sobrepasa los requerimientos en condiciones normales.

### ***Regulación de la concentración del sodio y el potasio séricos***

La regulación de la concentración sérica de estos iones está controlada por las hormonas mineralocorticoides. La aldosterona incrementa la entrada de sodio a la célula; el exceso de esta hormona provoca hipopotasemia e hipernatremia, entre otros síntomas y signos.

### ***Alteraciones provocadas por el déficit o exceso de sodio, cloro y potasio***

Las alteraciones de los niveles de estos iones están presentes en determinadas condiciones y como complicación de algunos cuadros morbosos. La hipo e hipernatremia se relacionan con las diarreas, los vómitos y como iatrogenia al realizar una hidratación, sin un suministro adecuado de estos minerales. Un cuadro de cetosis se suele acompañar de hiponatremia, debido a la eliminación por la orina de este ion, conjuntamente con los cuerpos cetónicos (cetonuria).

El déficit del ion cloruro se presenta en los lactantes alimentados con fórmulas exentas de sal y de manera secundaria a vómitos, tratamientos con diuréticos o enfermedad renal. La hiperpotasemia y la hipopotasemia también son entidades nosológicas que se observan con determinada frecuencia, especialmente la depleción de potasio, que puede ocurrir por diarreas intensas, diabetes mellitus y tratamiento con diuréticos, sin la debida reposición de este mineral.

## **Magnesio**

El magnesio se encuentra en todas las células del organismo, en concentraciones elevadas, pero predomina en los huesos, los dientes, los músculos y el tejido nervioso; interviene como cofactor en numerosas reacciones enzimáticas, particularmente en todas aquellas que requieren del ATP. Los músculos esquelético y cardíaco requieren de un adecuado equilibrio entre los iones magnesio y calcio para sus funciones normales.

### ***Fuentes y requerimientos***

Las fuentes principales de magnesio la constituyen las hortalizas de hojas verdes que contengan clorofilas.

Los requerimientos diarios son de 280 a 300 mg para las mujeres y de 280 a 400 mg para los hombres. En el caso de los niños, las dosis diarias recomendadas dependen de la edad (tabla 74.1).

### ***Alteraciones provocadas por el déficit o exceso de magnesio***

El déficit de magnesio provoca una tetania similar a la observada por la falta de calcio, así como arritmia cardíaca. Los vómitos persistentes, la malabsorción y la

administración de líquidos por vía parenteral, carentes de magnesio, son causas del déficit de este elemento. También se ha comprobado esta deficiencia en algunos casos de toxemia del embarazo, nefropatías graves y alcoholismo crónico, entre otras enfermedades.

El exceso de magnesio provoca vómitos, náuseas y diarreas, así como respiración y reflejos tendinosos profundos deprimidos. Se ha comprobado que su ingestión puede prevenir la formación de cálculos renales de oxalato de calcio.

## **Oligoelementos o elementos trazas**

### **Hierro**

El hierro es necesario para la síntesis de la hemoglobina y otras hemoproteínas como los citocromos, la mioglobina y la citocromo oxidasa, que tienen una función de vital importancia. Estas proteínas están en recambio continuo, pero el hierro contenido en ellas puede ser reutilizado.

En la reutilización del hierro intervienen la ferritina, la apoferritina, la hemosiderina y la transferrina, entre otros factores. La ferritina, proteína almacenadora de hierro, se halla en todas las células y el plasma, pero es en el hígado y la médula ósea donde se encuentra en elevadas concentraciones.

La hemosiderina está presente en el bazo, la médula ósea y las células de Kupffer del hígado. Debe aclararse que esta proteína se almacena únicamente en determinadas condiciones anormales, como en el caso de transfusiones sanguíneas a repetición, y parece ser una forma desnaturalizada de la ferritina. El hierro de la hemosiderina se moviliza mucho más lentamente que el de la ferritina. La transferrina es la proteína principal transportadora del hierro del plasma.

### **Fuentes y requerimientos**

Las fuentes de hierro son la carne, con una absorción más fácil por encontrarse este mineral en forma de hemo; los granos de soya, con una absorción más difícil; y las frutas y los granos secos, en los que el hierro se encuentra en forma inorgánica, y por esa razón, a la hora de comerlos, deben acompañarse de frutas frescas para garantizar el aporte de vitamina C que se requiere para su absorción.

El hierro procedente de los utensilios de cocina también constituye una fuente; éste, al ser absorbido, es transferido en la mucosa intestinal a la transferrina y, así, transportado al resto de las células.

Los requerimientos diarios del hierro son de 6 a 10 mg/día para los niños hasta el año de edad; para los de 1 a 10 años son de 10 mg/día. A partir de esta edad las necesidades diarias resultan diferentes para el hombre y la mujer (hasta la menopausia): de 10 a 12 y 15 mg/día, respectivamente. Durante el embarazo las necesidades de hierro pueden ser hasta del 60 % superior al basal, aunque éstas dependen del estado nutricional de la mujer antes del comienzo de la gestación.

Normalmente las pérdidas de hierro son mínimas y éste es, además, eficientemente reutilizado formando un ciclo como puede apreciarse en la figura 74.1.

En el transporte del hierro también participan otras proteínas: la haptoglobina se combina con la hemoglobina extracelular y la hemopexina lo hace con el hemo liberado durante la hemólisis, que a su vez lo transporta hacia las células del sistema reticuloendotelial, donde es degradado y puede ser reutilizado. La ceruloplasmina (una cuproproteína) oxida al  $Fe^{2+}$ , el cual es absorbido por las células intestinales, y lo convierte en  $Fe^{3+}$ , que es la forma en la que se combina con la transferrina. En los distintos tejidos existen receptores para la transferrina.

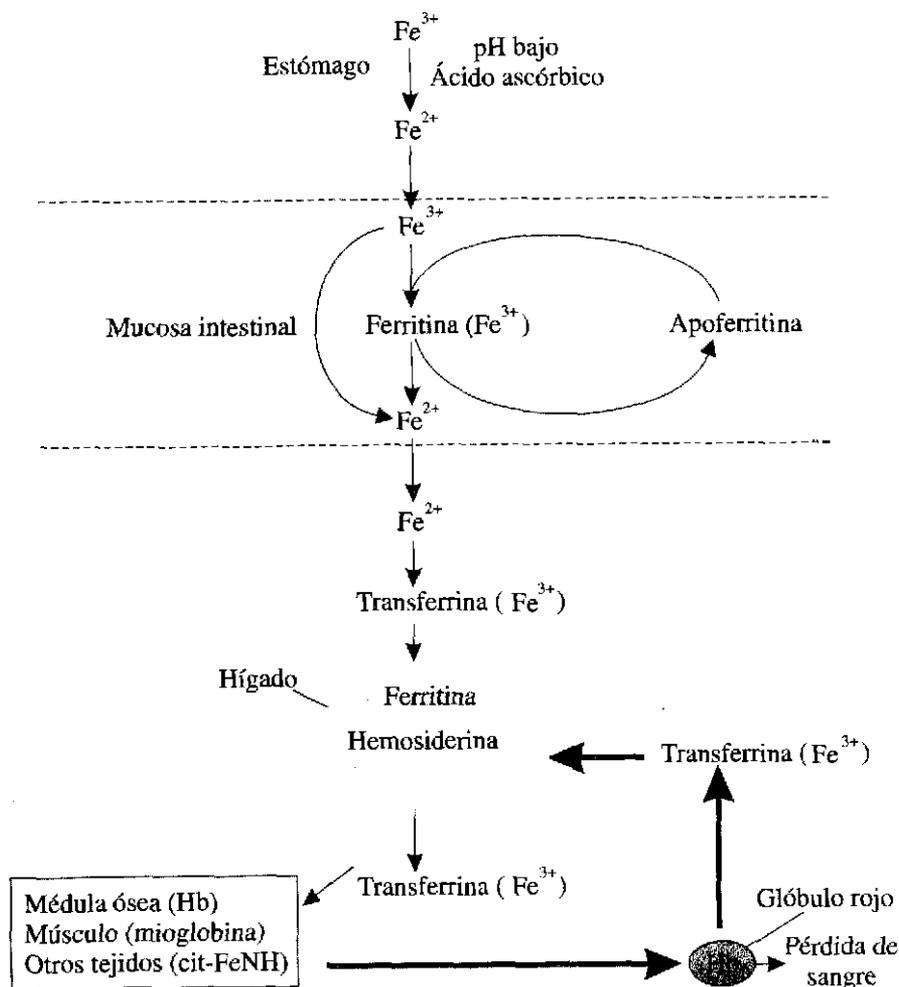


Figura 74.1. Reutilización del hierro. El hierro absorbido se transporta en la sangre en forma de transferrina y se acumula en el hígado como ferritina o hemosiderina. El hierro excretado por pérdida de sangre se une a la transferrina y es utilizado de nuevo.

### Regulación de la concentración del hierro

La velocidad de absorción intestinal regula la captación de hierro, de acuerdo con los requerimientos del organismo. Los mecanismos mediante los cuales se produce esta regulación no se conocen, pero sí constituyen un caso particular de regulación de la captación para este nutriente.

### Alteraciones provocadas por el déficit o exceso de hierro

El déficit de hierro provoca un tipo de anemia, la ferripriva, hipocrómica y microcítica. Por el contrario, el exceso de hierro condiciona una enfermedad conocida como hemocromatosis, que se caracteriza por depósitos de hierro, anormalmente elevados, en varios tejidos, lo cual puede provocar disfunción hepática, pancreática y cardíaca, así como pigmentación de la piel.

### Iodo

El iodo forma parte de las hormonas tiroideas y se almacena en la glándula tiroidea, donde es utilizado en la síntesis de dichas hormonas; su concentración en esta glándula es 10 000 veces superior a la de la sangre. El plasma contiene, normalmente, de 4 a 8  $\mu g$  de iodo, unido a la PBI (*protein bound iodine*, iodo unido a proteína).

### Fuentes y requerimientos

Los requerimientos diarios en el adulto son de 150 mg; en los niños dependen de la edad (tabla 74.2).

Las fuentes principales de iodo la constituyen los pescados de agua salada, el agua corriente y la sal común iodada.

Tabla 74.2. *Requerimientos (mg/día) de los oligoelementos\**

	Edad	Hierro (mg)	Iodo (mg)	Cinc (mg)	Cobre (mg)	Manganeso (mg)	Flúor (mg)	Cromo (µg)	Selenio (µg)	Molibdeno (µg)
Lactantes	0-0,5	6	40	5	0,4-0,6	0,3-0,6	0,1-0,5	10-14	10	15-30
	0,6-1	10	50	5	0,6-0,7	0,6-1,0	0,2-1,0	20-60	15	20-40
Niños	1-3	10	70	10	0,7-1,0	1,0-1,5	0,5-1,5	20-80	20	25-50
	4-6	10	90	10	1,0-1,5	1,5-2,0	1,0-2,5	30-120	20	30-75
	7-10	10	120	10	1,0-2,0	2,0-3,0	1,5,2,5	50-200	30	50-150
Adolescentes	11-14	12-15**	150	12	1,5-2,5	2,0-5,0	1,5-2,5	50-200	40	75-250
	15-18	12-15**	150	12	1,5-2,5	2,0-5,0	1,5-2,5	50-200	50	75-250
Adultos	> 18	10-15**	150	12-15***	1,5-3,0	2,0-5,0	1,5-4,0	50-200	55****	75-250

\* Tomado de: Murray RK et al.: Bioquímica de Harper, 13ra.ed. Ed. El Manual Moderno, 1994.

\*\* Los requerimientos en el sexo femenino corresponden a las cifras mayores en cada caso.

\*\*\* La cifra mayor corresponde al sexo masculino.

\*\*\*\* En los hombres la dosis recomendada es de 70 µg/día.

### Alteraciones provocadas por el déficit o exceso de iodo

El déficit de iodo es raro, pero aún se observa en las poblaciones alejadas del mar, que no consumen la sal iodada. En los niños se puede presentar cretinismo y en los adultos, la enfermedad conocida como bocio endémico, que se caracteriza por el aumento del volumen de la glándula tiroides, con hipotiroidismo y mixedema. El exceso de iodo puede provocar un cuadro de intoxicación, caracterizado por tirotoxicosis y bocio.

### Cobre

El cobre es un elemento muy importante en el organismo, pues forma parte de un grupo de cuproproteínas que desempeñan una función fundamental en el metabolismo oxidativo, como la citocromo oxidasa del complejo IV de la cadena transportadora de electrones; las ferroxidasas, entre ellas la ceruloplasmina, con una función importante en el metabolismo del hierro; las aminooxidadas, enzimas dependientes del cobre, que intervienen en la formación de los enlaces cruzados del colágeno y de la elastina; la superóxido dismutasa, que cataliza la transformación del ion superóxido ( $O_2^-$ ); la tirosinasa, enzima que interviene en la síntesis de melanina, entre otras.

### Fuentes y requerimientos

Las fuentes principales de cobre son el hígado de cordero y el de ternera, así como las ostras, el pescado, las verduras frescas, las nueces y las frutas.

Los requerimientos diarios en los niños y adolescentes varían según la edad (tabla 74.2); en los adultos son de 1,5 a 3,0 mg/día.

La absorción del cobre se lleva a cabo en el estómago y la parte superior del intestino delgado. El cinc, el cadmio, el mercurio y la plata antagonizan con su absorción. La vitamina C y otros factores como los sulfuros la disminuyen; por el contrario, los aminoácidos la favorecen. Una vez absorbido, pasa a la sangre y se une a la albúmina plasmática y a la ceruloplasmina; de esta manera, es transportado a los diferentes tejidos.

El cobre se almacena en el hígado, donde se une a la ceruloplasmina o a la metalotioneína. En dependencia de las condiciones metabólicas puede ser liberado al plasma o excretarse por la bilis.

#### ***Alteraciones provocadas por el déficit o exceso de cobre***

El déficit de cobre puede presentar características diversas. Así, el síndrome de Menkes, de carácter genético, se transmite por herencia recesiva ligada al cromosoma X, y se manifiesta como una deficiencia en la absorción de este mineral. Los síntomas de esta enfermedad son graves: encefalopatía, anomalías de las metafisis de los huesos largos, tejidos elásticos arteriales anormales, alteración de los vasos cerebrales y pelo rizado, entre otros. Además de este cuadro genético, la deficiencia de cobre se presenta como un trastorno nutricional por baja ingesta o malabsorción y se relaciona con la hipercolesterolemia, la leucopenia, la fragilidad de las arterias, la desmineralización de los huesos, la anemia y la desmielinización del tejido nervioso.

Las enzimas que intervienen en la desaturación del ácido esteárico y lo convierten en oleico requieren cobre; es posible que esto pudiera explicar la hipercolesterolemia de estos pacientes.

La enfermedad de Wilson está asociada a una acumulación anormal de cobre en diversos tejidos y puede tratarse con la penicilamina, que es un agente quelante.

#### **Cromo**

La función principal del cromo en el organismo parece estar relacionada con el factor de tolerancia a la glucosa (GTF [*glucose tolerance factor*]), sustancia natural que forma un complejo de coordinación con el cromo, el ácido nicotínico y los aminoácidos glicina, glutámico y cisteína (o glutatión). El GTF potencia el efecto de la insulina, presumiblemente por favorecer su unión al receptor.

#### ***Fuentes y requerimientos***

Las fuentes principales de cromo son la carne, el hígado, la levadura de cerveza, los cereales enteros, las nueces y el queso.

Los requerimientos de cromo en el adulto son de 0,05 a 0,2 mg/día; en los niños y adolescentes son aproximadamente la mitad de los de los adultos (tabla 74.2).

#### ***Alteraciones provocadas por el déficit o exceso de cromo***

La deficiencia del cromo se manifiesta por la intolerancia a la glucosa, debido, probablemente, a la disminución de la acción hormonal de la insulina. De hecho, existen reportes de casos de diabetes que respondieron al tratamiento con GTF, aunque en otros casos esto no ha sido efectivo, así como tampoco el tratamiento con cromo.

El exceso de cromo provoca una intoxicación caracterizada por síntomas inespecíficos de vómitos, diarreas y náuseas.

## **Cinc**

El cinc es un componente esencial de la anhidrasa carbónica y también forma parte, como grupo prostético, de un conjunto de enzimas, entre las cuales se encuentran la fosfatasa alcalina, la carboxipeptidasa y la deshidrogenasa alcohólica. Algunas de las enzimas que intervienen en el metabolismo de los ácidos nucleicos también son dependientes del cinc: las ADN y ARN polimerasas, y la timidina quinasa. Estas funciones del cinc pudieran explicar la importancia de este mineral en el crecimiento y desarrollo de los animales.

### ***Fuentes y requerimientos***

Las fuentes más importantes del cinc son la carne, la leche, el huevo, el pescado y el hígado.

Los requerimientos diarios en los niños difieren según la edad (tabla 74.2). En los adultos son de 12 mg/día para las mujeres y de 15 mg/día para los hombres.

La absorción de este mineral tiene lugar en el duodeno y se ve afectada por su forma química, por la cantidad ingerida y por otros componentes de la dieta; así, el calcio, el cobre y el cadmio la interfieren. En los seres humanos la absorción del cinc se inhibe por la leche. De forma similar a lo que ocurre con el calcio y otros minerales, el fitato también afecta su absorción.

### ***Alteraciones provocadas por el déficit o exceso de cinc***

El déficit de cinc provoca retardo en el crecimiento e infantilismo sexual en los adolescentes, así como dificultad en la cicatrización de las heridas que responden al tratamiento con este mineral. Otras alteraciones son la disminución de las agudezas olfatoria (disosmia) y gustativa (bipogeusia). En estos pacientes también se ha comprobado falta de apetito, con pérdida marcada de peso, y depresión psíquica que lleva, en ocasiones, a intentos suicidas.

La acrodermatitis enteropática es una enfermedad hereditaria que se trasmite con carácter autosómico recesivo y se asocia a un déficit de cinc. Los síntomas son rugosidad y engrosamiento de la piel, y diarreas persistentes; este cuadro clínico se acompaña de retrasos del crecimiento y desarrollo, así como de infecciones. El tratamiento con cinc revierte el cuadro.

El exceso de cinc (hipercincuria) se caracteriza por vómitos, irritación gastrointestinal, hepatitis infecciosa y cirrosis; estas 2 últimas aparecen en el curso de tratamientos con agentes quelantes, como la penicilamina y el EDTA (*etilen diamino tetracetic acid*).

## **Molibdeno**

El molibdeno es un componente fundamental de algunas enzimas, las molibdeno-enzimas; una de ellas es la xantina oxidasa, que cataliza la oxidación de las purinas, las pteridinas y otros compuestos heterocíclicos que contienen nitrógeno; otra es la aldehído oxidasa, enzima que interviene en los procesos de oxidación de un grupo de heterociclos y que son reacciones que pudieran estar relacionadas con los procesos de destoxificación (éstas son poco específicas en relación con sus sustratos).

La sulfito oxidasa, la tercera de estas enzimas, cataliza la formación del sulfato a partir del sulfito e interviene en el metabolismo degradativo de la cisteína y la metionina.

#### ***Fuentes y requerimientos***

Las fuentes fundamentales de molibdeno son la carne, la leche, el hígado, el riñón y los vegetales, pero su contenido en este mineral varía en dependencia de la composición del suelo.

Los requerimientos diarios son de 75 a 250 µg en los adultos, mientras que en los niños dependen de la edad (tabla 74.2).

#### ***Alteraciones provocadas por el déficit o exceso de molibdeno***

No se conoce en el ser humano ninguna afectación primaria por el déficit de molibdeno, sino solamente la secundaria a la nutrición parenteral; tampoco se ha descrito un cuadro de intoxicación por exceso.

### **Selenio**

El selenio es un constituyente fundamental de las selenoproteínas presentes en las células de mamíferos, como la glutatión oxidasa, entre otras; por ello, desempeña una función importante en la defensa antioxidante del organismo, así como en la acción de las hormonas tiroideas; en el sistema inmune, particularmente en la inmunidad celular; en la formación del semen y en la función de la glándula prostática.

#### ***Fuentes y requerimientos***

Se encuentra en varios vegetales; en algunos suelos seleníferos el contenido de estos alimentos puede tener dosis muy elevadas de este mineral, que, incluso, llegan a producir cuadros de intoxicación. Los requerimientos diarios son de 10 a 15 µg para los lactantes de 0 a 1 año; de 20 a 30 µg para los niños hasta 10 años; de 50 a 70 µg para los hombres, y de 45 a 55 µg para las mujeres.

#### ***Alteraciones provocadas por el déficit o exceso de selenio***

Se han detectado deficiencias marginales de selenio cuando el suelo es pobre en este mineral o también de manera secundaria a la nutrición parenteral o a la desnutrición proteico-calórica; las manifestaciones clínicas del déficit son cardiomiopatía, enfermedades cardiovasculares y carcinogénesis.

Las dosis elevadas de selenio (megadosis), frecuentemente ocasionadas por la ingestión de vegetales cultivados en suelos seleníferos, provoca un cuadro tóxico caracterizado por irritabilidad, dermatitis y pérdida del cabello.

### **Manganeso**

El carácter esencial del manganeso se explica por su participación como cofactor de las metaloenzimas, por ejemplo, las fosfotransferasas y la arginasa, y de las enzimas hidrolíticas, entre las que se encuentran las peptidasas y fosfatasa. El manganeso es importante en la síntesis de los mucopolisacáridos.

## Resumen

Los minerales constituyen requerimientos moleculares para el ser humano, el cual está obligado a ingerirlos en la dieta. Éstos se clasifican, de acuerdo con los niveles de sus requerimientos, en macroelementos o elementos principales, cuando sus requerimientos son superiores a los 100 mg, y en oligoelementos o elementos trazas cuando sus requerimientos son del orden de microgramos o unos pocos miligramos.

Los minerales esenciales, cuya función biológica es conocida, son el calcio, el cloro, el fósforo, el potasio y el sodio, entre los elementos principales; y el hierro, el cobre, el cinc, el manganeso, el cobalto, el molibdeno, el selenio, el cromo, el níquel, el estaño, el silicio y el flúor, entre los oligoelementos.

Los minerales desempeñan importantes y variadas funciones: le proporcionan dureza y rigidez a algunos tejidos, contribuyen al mantenimiento de la presión osmótica de los líquidos corporales y participan en el equilibrio ácido-básico, forman parte de moléculas con importantes funciones biológicas, participan como cofactores en algunas reacciones enzimáticas e intervienen en mecanismos de actividad celular como la contracción muscular, entre otras.

El calcio es el mineral más abundante; se encuentra principalmente en los huesos y los dientes, combinado con el fósforo en forma de hidroxapatita, que es lo que le da la rigidez y dureza a estos tejidos. Interviene, además, en la coagulación sanguínea, la excitación de las células nerviosas y la contracción muscular, y constituye un segundo mensajero en la respuesta hormonal. Su déficit produce tetania.

La función del fósforo está ligada, en parte, a la del calcio, y la regulación de ambos minerales está estrechamente relacionada mediante las hormonas paratiroidea, calcitonina y 1,25 dihidroxicolecalciferol. Por el elevado contenido de los alimentos en este mineral no se produce déficit.

El magnesio forma parte de los músculos esquelético y cardíaco, así como del sistema nervioso; interviene, además, en numerosas reacciones enzimáticas. Su déficit conduce a un cuadro de tetania, similar al provocado por la hipocalcemia.

El sodio y el potasio se encuentran en grandes cantidades en la mayoría de los alimentos y sus deficiencias nutricionales son raras. Ambos minerales participan en el equilibrio hidromineral y en el mantenimiento de la presión osmótica de los líquidos corporales.

El hierro se requiere para la síntesis de las hemoproteínas. Su déficit provoca la anemia ferripriva y su exceso, la hiper Cromatosis.

Para el funcionamiento normal del metabolismo del tejido conectivo se requiere el cobre, el cual forma parte, además, de numerosas cuproproteínas que cumplen funciones importantes. Su déficit se caracteriza por leucopenia, hipercolesterolemia, fragilidad de las arterias y desmineralización de los huesos. Existe una enfermedad genética (la enfermedad de Menkes) que se manifiesta por el déficit de cobre, y otra por su exceso (la enfermedad de Wilson).

El cinc tiene una función biológica fundamental, ya que interviene en el metabolismo de los ácidos nucleicos. Su déficit se manifiesta por retardo del crecimiento (enanismo hipogonadal), trastornos del gusto y del olfato, y dermatitis, entre otros síntomas y signos.

El yodo se relaciona con la formación de las hormonas tiroideas. Su déficit provoca bocio, hipotiroidismo, cretinismo en el niño y mixedema en el adulto. Su exceso se relaciona con la tirotoxicosis.

El manganeso es un cofactor de numerosas enzimas. No se han descrito deficiencias de este mineral. El cobalto tiene como función ser un componente de la vitamina B<sub>12</sub> y su déficit provoca un cuadro carencial de esta vitamina.

El flúor interviene en la mineralización de los dientes y los huesos, y es importante en la prevención de las caries dentales.

El selenio participa en los mecanismos de defensa contra el estrés oxidativo; en cuanto al silicio, se plantea que se relaciona con la mineralización ósea. La sobredosis de selenio provoca un cuadro de irritabilidad, dermatitis y pérdida del cabello. El déficit del silicio se acompaña de retardo del crecimiento.

El cromo se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza. Su déficit provoca trastornos de la tolerancia a la glucosa, hiperglicemia y glucosuria, ya que se afecta la sensibilidad de los tejidos a la insulina.

## Ejercicios

1. Clasifique los minerales de acuerdo con los niveles de sus requerimientos diarios.
2. Explique las funciones de los minerales. Diga 2 ejemplos de cada función.
3. Cite las fuentes principales del calcio y explique cómo se regula la concentración sérica de este mineral.
4. Describa los cuadros clínicos del déficit y exceso de calcio.
5. Explique la importancia biológica del fosfato en el organismo humano. ¿Cómo se regula el fosfato sérico?
6. Mencione la importancia biomédica del magnesio.
7. Justifique la importancia biológica del hierro.
8. Describa la reutilización del hierro en el organismo.
9. ¿Qué funciones desempeñan el cloro, el potasio y el sodio en el organismo humano?
10. ¿Cuáles son las funciones del cobre y cómo se relacionan éstas con el estado carencial?
11. Explique por qué el déficit de iodo es más frecuente en los países sin costas. Describa los síntomas del estado carencial de este mineral.
12. Relacione la importancia biológica del cinc con las consecuencias de su déficit.
13. Relacione la importancia biológica del flúor con las consecuencias de su déficit.
14. Haga un cuadro que recoja todos los minerales esenciales e incluya para cada uno su clasificación, fuentes, requerimientos y síntomas del estado carencial y de su exceso.

## Resumen de la sección

El ser humano depende de una continua adquisición de sustancias exógenas para el crecimiento, desarrollo y normal mantenimiento de la vida. Así, junto con los requerimientos energéticos, precisa de la ingestión de proteínas, glúcidos, lípidos, vitaminas, minerales y agua.

Los requerimientos energéticos del ser humano son las necesidades de energía que él precisa para mantener la salud, garantizar el crecimiento y realizar una actividad física apropiada. La demanda energética basal, tasa de metabolismo basal (TMB), es la energía necesaria para los procesos vitales, en condiciones de reposo total. La TMB depende de varios factores, pero el peso corporal es el factor fundamental a tener en cuenta para los efectos prácticos.

La actividad física afecta los requerimientos energéticos del individuo; ésta se clasifica en actividad laboral u ocupacional y actividad social (o discrecional o de tiempo libre). La ocupacional incluye 3 tipos: trabajo ligero, moderado y pesado. Al estimar las necesidades energéticas diarias, el valor de la TMB se multiplica por un factor que depende, fundamentalmente, de la actividad física desarrollada por el hombre.

El crecimiento, el embarazo y la lactancia son condiciones en las que se precisa de un aporte extra de energía.

Los requerimientos energéticos son aportados principalmente por los glúcidos y los lípidos, y entre ambos cubren, al menos, el 75 % de las calorías de la dieta. Los glúcidos rinden como promedio 4 kcal/g y los lípidos, 9.

Para prevenir la cetosis es necesaria la ingestión de una cantidad mínima de glúcidos, preferiblemente en forma de almidón. La ingestión de fibra vegetal es beneficiosa para el hombre, ya que disminuye el aporte calórico, combate la obesidad y previene algunas afecciones digestivas.

El aporte de lípidos no debe ser muy elevado y deben incluirse, preferiblemente, grasas de origen vegetal, ricas en ácidos grasos mono y poliinsaturados. Algunos derivados lipídicos, ciertos ácidos grasos poliinsaturados y las vitaminas liposolubles constituyen requerimientos esenciales de la dieta.

El ser humano también requiere, para su normal desarrollo y mantenimiento, de los aminoácidos esenciales, los cuales son aportados por las proteínas de la dieta. Las necesidades de proteínas dependen de diferentes factores: edad, embarazo y lactancia, entre otros. La dosis inocua de proteínas se estima con el criterio de que sea suficiente para satisfacer las necesidades de este nutriente en la mayoría de la población.

Los requerimientos proteínicos tienen en cuenta la cantidad y calidad de las proteínas. La calidad de una proteína se mide por su valor biológico. El valor biológico de una proteína es el grado de eficiencia de ésta para satisfacer las necesidades del organismo. La digestibilidad es otra característica importante de las proteínas, desde el punto de vista nutricional.

Las vitaminas son sustancias orgánicas que no pueden ser sintetizadas por el organismo animal y deben ser aportadas en la dieta. Cuando se encuentran ausentes de la dieta o cuando su absorción es deficiente se produce una determinada enfermedad carencial.

Las vitaminas hidrosolubles incluyen a las que conforman el complejo vitamínico B, las cuales son o forman parte de cofactores enzimáticos, y a la vitamina C. Las vitaminas liposolubles son las A, D, E y K.

Los minerales se clasifican en macroelementos, que son aquéllos cuyos requerimientos diarios exceden los 100 mg, y en oligoelementos, que se precisan en cantidades del orden de microgramos a unos pocos miligramos. Los minerales desempeñan múltiples funciones en el organismo, en el fenómeno osmótico, en el mantenimiento del equilibrio ácido-básico, en la formación de determinadas estructuras (huesos y dientes), y en la acción de algunas enzimas, entre otras.

Se han descrito diferentes enfermedades provocadas por el déficit de algunos minerales; por otra parte, en determinados casos pueden presentarse afecciones causadas por el incremento de su concentración, como ocurre en la hipercalcemia.

El déficit de proteína es la causa del kwashiorkor, enfermedad nutricional caracterizada, entre otras cosas, por retardo del crecimiento, hipoproteïnemia, anemia, edemas, trastornos del desarrollo psicomotor y despigmentación del cabello.

El marasmo es un síndrome que se caracteriza por una marcada pérdida de peso, con atrofia de los tejidos muscular, subcutáneo y pániculo adiposo; los huesos se hacen prominentes y están cubiertos por una capa de piel arrugada; es típica la fascie senil. Se presenta por el déficit proteínico-calórico, con predominio de la deficiencia energética.

Para evitar las afecciones nutricionales carenciales o por exceso y prevenir la obesidad, la arteriosclerosis y otras enfermedades crónicas no infecciosas se sugiere que la dieta se conforme con arreglo a las recomendaciones que se indican a continuación:

1. Calcular los requerimientos energéticos reales del individuo, de acuerdo con su actividad física. Aportar la energía necesaria para mantener un peso adecuado: en los niños según el criterio del peso para la talla y en los adultos según el valor del IMC, que debe estar entre 18,2 y 25.
2. Garantizar los requerimientos de vitaminas y minerales.
3. Cubrir los requerimientos energéticos del sujeto según la distribución porcentual siguiente:

	Límite inferior en %	Límite superior en %
Total de glúcidos	55	75
Glúcidos complejos	50	75
Azúcares refinados (simples)	0	10
Total de grasas	15	30
Saturadas	0	10
Poliinsaturadas	3	7
Monoinsaturadas (el resto)		
Proteínas totales	10	15

Lo ideal es que la relación entre los ácidos grasos: saturados-monoin-saturados-poliinsaturados sea de 1:1,5:1.

4. Tener en cuenta, además, las restricciones y recomendaciones siguientes:

	Límite inferior	Límite superior
Colesterol	0 mg/día	300 mg/día
Sal	No definido	6 g/día
Fibras	16 g/día	24 g/día
Frutas y hortalizas	400 g/día	

Leguminosas, frutos secos y semillas, 30 g/día (como parte de los 400 g de frutas y hortalizas).

En los anexos que aparecen al final del tomo el lector podrá seleccionar los alimentos que le permitan confeccionar una dieta sobre la base de esas recomendaciones.