

provocar más adelante una verdadera degeneración individual y hasta racial.

El doctor Clodomiro Picado, el biólogo de más prestigio y autoridad en Costa Rica, se ha expresado recientemente en los términos siguientes: "La falta de yodo en nuestra alimentación está creando un gravísimo problema de cretinismo en las poblaciones de las altas mesetas. Puede verse en el índice de autopsias esta revelación: el 12 % demuestra, en pobladores de Guanacaste y de nuestras costas, una hipertrofia de la glándula tiroides. A medida que se penetra en las altas mesetas centrales ese porcentaje sube hasta alcanzar un 30 %. Luego, al descender hacia las costas del océano Atlántico, debido a la influencia de los vientos alisios, que han yodado toda la vegetación, las aguas y los seres vivientes, ese porcentaje disminuye a un 2 %. Pero nadie convencerá a la gente que debe yodar la sal que le sirve para condimentar su comida. No ha bastado para ello que se expida un decreto del Ejecutivo. Siguen las cosas igual. Las gentes no tienen la culpa, realmente. De ellas lo más que puede esperarse es que toleren que se les haga un bien, cuando no reaccionan contra el que trata de hacérselo aún a su pesar. Esto explica la atonía y el estancamiento nacionales".

El problema del yodo, en relación con el buen funcionamiento de la glándula tiroides, resulta, por lo tanto, de un extraordinario interés para el hombre. La falta o la escasez de este elemento en nuestra alimentación puede dar origen a trastornos de mucha importancia, capaces incluso de conducir a la depauperación y a la degeneración de los habitantes de un territorio.

En Costa Rica se dictó el Decreto N^o 6 de 24 de abril de 1941, que dispone que, a partir del 1^o de octubre del mismo año, el Administrador de la Cooperativa de la Sal debería incorporar una onza de yoduro potásico a cada tonelada de sal que se destinara al consumo doméstico. Se indica en esta disposición que el motivo principal que obliga a esta medida es la frecuencia de distrofias tiroideas endémicas en Costa Rica, que originan la existencia de numerosos casos de bocio, y que, además, abonan el empleo del método adoptado los excelentes resultados que han obtenido diversos países con análogas medidas.

Podemos citar numerosos casos que demuestran la eficacia de este método. En Detroit, Estados Unidos, una estadística escolar, efectuada en 1924-1926, demostró que el 36 % de los alumnos padecía trastornos tiroideos, debidos a la carencia de yodo en la alimentación. Se resolvió añadir una sal yodada a la sal de cocina (en proporción del uno por 5.000) y, pasados 12 años, pudo comprobarse que la proporción de escolares con deficiencias tiroideas había descendido al 1 %. En Suiza, además del método indicado, han empleado otro sistema, consistente en añadir yodo a los abonos utilizados para aumentar las cosechas de hortalizas consumidas por el hombre. El Japón ha logrado acabar prácticamente con el bocio, gracias al consumo extraordinario de pescado y de diversos productos marinos, que contienen bastante yodo. Puede decirse que no hay bocio en el Japón puesto que el número de casos ha descendido al 1 por un millón. El Perú ha dictado la ley N° 9188 de octubre de 1940, que ordena el consumo de sal yodada en todas las zonas en que abunden los casos de distrofias tiroideas, en la proporción y en la forma que determine el Ministerio de Salud Pública.

En un artículo publicado por el Doctor Clodomiro Picado en la Revista "Salud" de diciembre de 1940, señala que todo el territorio de Costa Rica puede considerarse como atacado de bocio endémico. La gran mayoría de los casos son de bocio banal, pero los hijos heredan con frecuencia una hipertrofia tiroidea que origina el cretinismo, con un grave peligro para las futuras generaciones.

Representa una gran amenaza el no prestar la debida atención a tan grave problema, especialmente si tenemos en cuenta la facilidad con que puede ponerse un remedio al estado actual. Sin duda uno de los sistemas más sencillos y prácticos es la adición de yoduros a la sal común o sal de cocina. Este método fué el primero que se empleó, correspondiendo al Dr. H. G. Sloane, de Cleveland, el mérito de haberlo propuesto por primera vez y el haber logrado que se pusiera en práctica su idea en 1920. Más tarde se extendió el uso de la sal yodada por el Canadá, Suiza, Alemania, Italia y Nueva Zelanda. Lo que se hace generalmente es añadir unos 5 a 10 miligramos de yoduro potásico, o su equivalente, a cada kilogramo de sal de cocina. Por ejemplo, en Suiza uno de los cantones emplea desde 1922 una sal común

con 10 miligramos de yoduro potásico por kilogramo; mientras el de Berna utiliza, desde 1924, una concentración de tan sólo 5 miligramos por kilogramo.

La carencia de yodo en la dieta da origen a un metabolismo basal bajo, a una disminución de peso, a algunas alteraciones nerviosas y a una disminución de la inteligencia. Los alimentos que más lo contienen son los de origen marino, o los vegetales cultivados cerca de las costas, donde el aire que procede del océano enriquece las tierras de este elemento. Hemos visto que la distribución del bocio en Costa Rica indica muy claramente los buenos efectos de la vecindad de los mares. El aumento del consumo de pescado sería uno de los mejores medios para combatir los trastornos del tiroides en las mesetas centrales.

Zinc.—El zinc, al igual que el cobre, el hierro, el manganeso y otros elementos, debe actuar principalmente como catalizador, avivando las actividades orgánicas. Se observa así que estimula la reproducción celular y favorece con ello el crecimiento. Los alimentos que contienen mayor cantidad de zinc son las espinacas, el hígado, las ostras, las lentejas, la zanahoria, el arroz, el trigo, etc. Las ostras contienen más de un miligramo de zinc por cada kilogramo de sustancia comestible fresca.

Los trabajos modernos demuestran que este metal posee una gran importancia vital. Por una parte se ha comprobado que la insulina cristalizada contiene este elemento, al que debe en gran parte su actividad fisiológica. Se sabe también que activa algunos fermentos y se ha visto que contienen mayor proporción de la normal los tejidos que se multiplican con una gran rapidez, como los de los embriones y los tumores cancerosos.

AGUA.

Es el agua, sin duda, uno de los elementos más indispensables para la vida. Existen incluso seres que pueden persistir sin necesidad del oxígeno del aire (los llamados anaerobios) pero no se conoce ninguno que pueda vivir sin agua.

La materia viviente, y en especial el protoplasma de todas las células, se encuentra en un estado especial que se denomina coloide. Los coloides están formados por una gran cantidad de pequenísimas partículas albuminoideas, o micelas, que nadan en el agua. No se trata de suspensiones, puesto que las micelas aparecen rodeadas de una envuelta líquida con la que mantienen las más estrechas relaciones físico-químicas. Podemos decir que el estado coloide caracteriza a la materia orgánica viviente, y es fácil comprobar que sin el agua no sería posible su existencia.

Nos explicamos así perfectamente que sea el agua la substancia que domina en todos los seres, representando en el hombre el 60 % del peso total de su cuerpo. No sólo la adquiriremos al beber agua al estado libre; también la contendrán en gran proporción todos los alimentos que integren nuestra dieta. Así el pan tierno contiene un 33 % de agua; la carne corriente un 70 %; los huevos un 77 %; las papas un 78 %; las frutas alrededor de un 90 %, y la mayoría de las verduras hasta el 95 %.

Las combustiones internas originan también agua en nuestro cuerpo. La producción de 100 calorías libera aproximadamente de 10 a 12 gramos de agua. Su eliminación tiene lugar por diversos medios: por vía renal, pulmonar, epidérmica e intestinal. Expulsamos por la orina alrededor de uno a uno y medio litros por día. La exhalamos continuamente por los pulmones, al estado de vapor. La eliminación por el intestino es poco importante. A través de la piel sale el sudor y se pierde también una proporción relativamente importante de vapor de agua. En un país de clima templado la proporción entre estas diversas eliminaciones será la siguiente: orina 6; pulmones 2; piel 2; intestino 1.

La asimilación del agua está regulada por una serie de mecanismos, en ciertos casos muy complicados. Influirá en primer término la concentración salina de los plasmas interiores. Cuando abunda en nuestro organismo la sal común aumenta la retención del agua que impregna nuestro cuerpo; en cambio, si disminuye se facilitará su eliminación por las cuatro vías que hemos indicado.

Los estudios efectuados por Eppinger han puesto de manifiesto que existe una relación entre la secreción tiroi-

dea y el metabolismo del agua, de manera que en los hipertiroideos la eliminación es activa, y en cambio en los hipotiroideos es muy reducida. Si administramos hormonas tiroideo (tiroxina) a un individuo, por vía intravenosa (unos 5 miligramos), aumenta la cantidad de orina expulsada en los tres o cuatro primeros días, alcanzando hasta dos o tres litros en 24 horas. Aunque no se sabe exactamente en qué forma, parece que también influye en estos fenómenos la hormona hipofisaria. Se ha comprobado igualmente la acción de las glándulas suprarrenales, que comienza disminuyendo la secreción urinaria, para activarla más tarde. Ha sido posible determinar que la insulina producida por el páncreas hace que los tejidos retengan mejor el agua que contienen. Por este motivo los individuos a los que se administra esta substancia suelen experimentar un aumento de peso.

Actúan también en el metabolismo del agua diversas substancias químicas. Los carbohidratos necesitan para formarse de 3 a 4 veces su peso de agua; las grasas, cantidades muy variables, que oscilan, según Bozenraad, entre 7 y 46 % y, según Schirmer, entre 5 y 71 %; a las proteínas celulares les hace falta aproximadamente unas 4 veces su propio peso.

O X Í G E N O.

Hemos visto que necesitamos el oxígeno para producir la serie de combustiones internas que facilitan la energía indispensable para todas las actividades vitales. Absorbemos el oxígeno gracias a los fenómenos respiratorios, que no pueden interrumpirse ni un solo instante a causa del continuo consumo de este gas en nuestro cuerpo.

Las distintas categorías de alimentos necesitan diferente cantidad de oxígeno para quemarse. Así cada gramo de proteínas requiere casi un litro de oxígeno (0.9661) para su combustión, en la que se originan 0.8288 litros de anhídrido carbónico. Un gramo de grasas requiere para quemarse 2.0192 litros de oxígeno y produce 0.7817 litros de anhídrido carbónico. Los carbohidratos consumen por cada gramo que arde 0.8288 litros de oxígeno. Un individuo nor-

mal, de unos 40 años de edad, 70 kilogramos de peso y 1.65 metros de estatura, consume diariamente, en un trabajo sedentario, alrededor de 350 litros de oxígeno.

La combustión de los alimentos es bastante completa, puesto que quemamos más del 90 % de las substancias que entran en combustión. Como expuso atinadamente Hill, en 1927, de todas las máquinas que conocemos, es la humana la que da un mayor rendimiento y puede considerarse por ello como la más perfecta.

Podemos calcular cómo aprovecha un organismo los alimentos por la determinación de su metabolismo, es decir, de sus actividades energéticas, en un período de tiempo conocido. Para poder reducir los cálculos a un término constante se utiliza lo que se llama metabolismo mínimo o basal, que puede definirse como el menor gasto de energía por un individuo, compatible con el mantenimiento de sus funciones vitales. La determinación del metabolismo basal constituirá el medio práctico más favorable, pero no debemos atribuirle un carácter de precisión biológica completa.

Si queremos determinar el valor del metabolismo basal en un individuo, lo mantendremos en ayunas y en reposo absoluto desde 12 horas antes de la observación, y lo dejaremos en un recinto cuya temperatura no sea ni excesivamente fría ni muy caliente, mejor alrededor de unos 25° centígrados. Mediremos después la cantidad de oxígeno que absorbe y de carbónico que expele en un tiempo determinado y obtendremos una cifra que nos permitirá calcular las calorías que ha producido, que será fácil referir a un período de 24 horas. Los valores conseguidos dependerán de una serie de factores, entre ellos: la talla, la edad, el peso, el sexo, la actividad orgánica, etc. Observaremos que suelen oscilar entre 1.500 y 1.800 calorías por día.

Debiendo estudiar en otro capítulo los fenómenos respiratorios y la circulación, encargada de distribuir el oxígeno por todo el organismo, no es necesario que nos extendamos en este momento sobre la importancia biológica de los intercambios gaseosos entre un ser y el ambiente que le rodea.



CAPÍTULO II.

ASIMILACIÓN DE LOS ALIMENTOS

Los alimentos que ingerimos deben sufrir, en el interior de nuestro tubo digestivo, una serie de transformaciones químicas, en virtud de las cuales sea posible su paso a través de los epitelios intestinales y su circulación por el organismo. En esta forma las substancias derivadas de la digestión llegan a los tejidos y a las células para su utilización o su transformación en energía.

Realmente son dos las vías de penetración de los materiales que nuestro organismo necesita: los alimentos líquidos y sólidos son asimilados por el tubo digestivo; los gases (oxígeno) penetran por los pulmones. Tan pronto como los productos nutritivos se encuentran en el interior del cuerpo deben ser repartidos equitativamente entre todos los órganos, tejidos y células. Para ello disponemos de un aparato circulatorio que los distribuye, con la sangre, por todos los rincones del cuerpo, hasta los más recónditos.

Para conocer todas las fases que comprende la asimilación necesitaremos estudiar tres fenómenos diferentes, pero que cooperan al mismo fin: la digestión, la respiración y la circulación.

La destrucción de algunas células de nuestro cuerpo, y los fenómenos de combustión que originan la energía, producen una serie de substancias inútiles, que serán expulsadas al exterior. Nace así una nueva función, la desasimilación, íntimamente ligada a los procesos de aprovechamiento de las diferentes substancias alimenticias.

DIGESTIÓN DE LOS ALIMENTOS

La digestión de los alimentos, o sea la serie de cambios químicos que deben experimentar para que sean fácilmente asimilados, se verifica en virtud de una serie de procesos, unos de carácter mecánico (trituration, deglución, movimientos peristálticos, etc.) y otros de carácter químico (acción de los fermentos digestivos).

Diferentes glándulas, que encontramos en el trayecto del tubo digestivo, segregan variadas substancias que actúan enérgicamente, gracias a contener los llamados fermentos o diastasas, capaces de desintegrar los alimentos para simplificar su estructura química y facilitar su asimilación.

Conviene que señalemos rápidamente cuáles son las características que permiten a los fermentos ejercer su influjo en una forma tan enérgica. Tenemos en primer lugar que determinan las reacciones químicas aunque se encuentren en pequenísima cantidad. Así, por ejemplo, una parte del fermento presura o cuajo es capaz de coagular 400.000 partes de caseína; una parte de invertina transforma en glucosa (azúcar de uva) y levulosa a 200.000 partes de sacarosa (azúcar de caña). Los fermentos tienen un carácter específico, es decir que cada uno actúa solamente sobre una substancia determinada y provoca una reacción especial. Se ha podido comprobar que en algunos casos su acción es reversible, o sea que puede originar una reacción o la contraria. Tenemos, por ejemplo, el caso de la maltasa que transforma la maltosa en glucosa, y que puede también, en determinadas circunstancias, convertir a la glucosa en maltosa.

Los fermentos no se destruyen ni modifican mientras actúan, de manera que se mantienen inalterables en medio de las fuertes reacciones químicas que provocan. Podemos decir, en vista de ello, que basta su presencia para originar una reacción. Conviene que señalemos también que la acción de los fermentos tiene un límite, cesando tan pronto como se llega a un cierto equilibrio entre la substancia que modifican y los productos que se derivan de ella. De esta manera la transformación del alimento sobre el que actúan no será nunca completa, deteniéndose antes la fermentación.

Son varios los factores que ejercen una influencia sobre los fermentos. La temperatura modifica su actividad. La más favorable es la comprendida entre 40° y 60° centígrados. A 0° la acción del fermento es sumamente débil y la ebullición la anula y lo destruye. El medio que le rodea debe presentar ciertas características. La pepsina que segregan las glándulas estomacales sólo puede actuar en un medio ácido y por ello sabemos que el jugo gástrico posee una elevada cantidad de ácido clorhídrico. En cambio, la tripsina pancreática necesita un medio neutro o alcalino. Veremos

que, por este motivo, los alimentos son rápidamente neutralizados a su salida del estómago.

Algunas veces un fermento sólo adquiere actividad cuando se mezcla con él una determinada substancia, que recibe el nombre de cofermento. Ya sabemos que la pepsina gástrica sólo es capaz de ejercer su acción cuando se une al ácido clorhídrico. Veremos que la tripsina pancreática necesita para convertirse en verdadero fermento mezclarse con un cofermento llamado enteroquinasa, segregada por el intestino.

Podemos considerar que los fermentos no son otra cosa que catalizadores más activos y perfeccionados. Llamamos catalizadores a algunas substancias, como el musgo de platino o el níquel reducido, que únicamente por su presencia son capaces de producir o activar las reacciones químicas. Al hablar de la importancia de los elementos minerales en la nutrición hemos indicado que debemos pensar que su acción beneficiosa es debida a que actúan como catalizadores, permitiendo con ello una gran aceleración en la serie de reacciones químicas que caracterizan al metabolismo, es decir, las modificaciones que deben experimentar los alimentos para ser aprovechados por el organismo.

Los procesos digestivos se inician en la boca, donde comienzan por ser triturados y molidos los alimentos gracias a la masticación. Se encargan de ello los dientes. Tenemos tres clases de dientes, con distintas misiones: los incisivos son cortantes y fragmentan lo que hemos ingerido reduciéndolo a pequeños pedazos; los caninos son puntiagudos y nos permiten rasgar; los molares de corona casi plana podemos compararlos a piedras de molino, que reducen a una pasta a las substancias.

La masticación no podría efectuarse sin la movilidad de la mandíbula inferior, que se desplaza vertical y lateralmente gracias al juego de diversos músculos.

Tenemos en la boca una serie de glándulas salivares, que vierten un jugo denominado saliva. Estas glándulas forman tres grupos diferentes: las parótidas, las submaxilares y las sublinguales. Cada uno de estos grupos segrega una saliva de diferente carácter. La producida por las parótidas es limpia y flúida estando destinada a favorecer la masticación. La saliva de las submaxilares permite apreciar mejor

el gusto de los alimentos. La de las sublinguales lubrica el bolo alimenticio para hacer más fácil su deglución. La saliva posee además un fermento, denominado ptialina, que actúa sobre el almidón cocido, iniciando su digestión.

Una vez que los alimentos han sufrido una completa trituración, y están bien impregnados de saliva, entran en función la lengua y los carrillos que, mediante una serie de movimientos, forman el llamado bolo alimenticio, que es empujado al fondo de la boca para tragarlo (deglución). Si observamos con cuidado este proceso veremos que primero se cierra la boca y después se apoya la lengua en el paladar en un movimiento de delante hacia atrás, gracias al cual el bolo es empujado hacia la garganta. Los alimentos al pasar empujan la campanilla y la doblan hacia arriba, cerrando en esta forma la comunicación con la nariz, e impidiendo que penetren en ella. En la parte posterior, y debajo de la lengua, tenemos también la epiglotis que, empujada por el bolo alimenticio, desciende y obtura la laringe por la que pasa el aire a los pulmones; en esta forma se evita que la menor porción de alimento penetre en las vías respiratorias. Por estos mecanismos sólo queda un camino libre, el del esófago, por el cual descenderán los alimentos hasta llegar al estómago.

Nos indica este estudio la importancia que tiene una buena masticación, mayor aún si tenemos en cuenta que la trituración completa de los alimentos favorece el ataque por los jugos digestivos y simplifica las transformaciones que deben sufrir en el estómago y en el intestino.

Los procesos digestivos continúan y adquieren una gran intensidad en el estómago, en el cual sufren los alimentos una acción mecánica y otra de carácter químico. El estómago posee unas paredes musculosas, con fibras longitudinales, transversales y circulares. Los movimientos de estos músculos remueven los alimentos, los desmenuzan cada vez más y los mezclan íntimamente con los jugos gástricos.

La digestión química estomacal es sumamente activa, aunque no resulte completa. Si analizamos el jugo gástrico veremos que contiene una gran proporción de agua (99 %), una cierta cantidad de ácido clorhídrico (2 por mil), mucosidades y tres fermentos denominados pepsina, cuajo o pre-

sura y lipasa. La secreción estomacal es intermitente, produciéndose a pesar de ello en un día de 3 a 5 litros.

El fermento pepsina actúa, en medio ácido, sobre las materias albuminoideas, o proteínas, transformándolas en otras sustancias más sencillas denominadas albumosas y peptonas. Hemos visto que podemos considerar a la molécula de las proteínas como una especie de mosaico integrado por piezas más sencillas, que no son otra cosa que lo que hemos llamado amino-ácidos. La digestión estomacal no llega a aislar estos amino-ácidos, deteniéndose en cuerpos algo más complicados, aunque algunos de ellos, como las peptonas, sean ya solubles en el agua. Ni las albumosas ni las peptonas pueden ser aún asimiladas; veremos que debido a ello es indispensable que su digestión continúe en el intestino, mediante la acción de nuevos fermentos.

La presura o cuajo sirve para coagular la leche, quedando en el estómago la parte sólida o coágulo, y siendo rápidamente expulsada al intestino la parte líquida o suero. La pepsina actúa sobre el coágulo retenido en el estómago descomponiéndolo en albumosas y peptonas, por tratarse de un compuesto albuminoideo. Sabemos también que se encuentra en el estómago otro fermento, llamado lipasa gástrica, encargado de digerir las grasas que se encuentren en un estado de fina emulsión (por ejemplo, las de la leche o las de la yema de huevo). Veremos más adelante que las grasas de la leche son las de más fácil digestión, ya que por su perfecta y fina emulsión pueden ser transformadas en la digestión estomacal.

Nos vamos a ocupar de una experiencia que nos demuestra claramente la importancia que tienen los factores psíquicos en la digestión estomacal. Cogemos un perro y le abrimos una fístula o sea un conducto que llegue desde la piel al estómago, colocando en ella una cánula por la que pueda salir el jugo gástrico. Si atamos este perro a una cadena y colocamos delante de él un alimento apetitoso, sin que pueda alcanzarlo, observaremos que poco tiempo después comienza a gotear por la fístula una cantidad mayor o menor de la secreción estomacal. Esta secreción ha sido producida tan sólo por la contemplación de un alimento atractivo. Se puede también observar que la producción de jugo gástrico, por un origen psíquico, es tanto más abun-

dante cuanto más apetitoso es el plato que hemos colocado ante el animal.

Nos demuestra esta experiencia que el estómago comienza a trabajar antes de la ingestión de los alimentos; de ello se deriva la conveniencia de no distraerse durante las comidas, de preparar los platos en la forma más atractiva posible, de disponer la mesa en la forma más agradable. Si comemos tanto con los ojos como por el roce mecánico de los alimentos, debemos sacar todo el partido que podemos de la buena presentación de los condimentos y debemos prestar la máxima atención a la comida, olvidando otras preocupaciones que nos distraigan.

La digestión estomacal transforma los alimentos en lo que se ha llamado el quimo, en el que encontraremos: los azúcares que no han sido atacados por los fermentos gástricos; el agua; las sales minerales; las féculas aun impregnadas de saliva; las grasas que aun no se han modificado, es decir las que no están bien emulsionadas, y, finalmente, las albumosas y las peptonas que inician el proceso de digestión de los albuminoides.

El quimo posee una fuerte acidez al salir del estómago. Pasa al intestino a través del píloro por sacudidas, es decir, en una forma intermitente. Los alimentos permanecen en el estómago de dos a cuatro horas, excepto los que están en estado líquido que circulan con mucha mayor rapidez.

Lo que hemos indicado nos señala que la digestión estomacal es incompleta. No es de extrañar que se haya demostrado que no es absolutamente indispensable y que se puede vivir sin el estómago. Han podido continuar su existencia, sin graves dificultades, animales, como perros y gatos, a los que se ha extirpado por completo este órgano. La única precaución que es necesario tener es darles los alimentos bien triturados y en pequeña cantidad cada vez. Ya veremos que el intestino posee una serie de glándulas capaces de segregarse fermentos de acción semejante a los estomacales y mucho más activos; por ello la digestión en el estómago puede ser suplida sin dificultades gracias a los productos segregados por el páncreas, el hígado y los intestinos.

Tan pronto como el quimo llega al intestino delgado es necesario quitarle su acidez, para que puedan actuar los fer-

mentos pancreáticos. Se efectúa esta acción gracias a la bilis segregada por el hígado, que por su alcalinidad neutraliza rápidamente la acidez del quimo y permite que actúe la tripsina, de la que vamos a ocuparnos. La bilis no contiene ningún fermento, pero se ha demostrado que es necesaria para la perfecta digestión de las grasas. Excita además los movimientos de las paredes musculares del intestino y ejerce una acción desinfectante. Los primeros fermentos que intervienen cuando llega el quimo al intestino delgado son los producidos por el páncreas: la amilasa pancreática (amilopsina), la maltasa pancreática, la lipasa pancreática (esteapsina) y la tripsina. Esta serie de fermentos hacen del páncreas la glándula más importante en los procesos de asimilación.

La amilasa pancreática sirve para digerir las féculas, a las que transforma en otras sustancias de menor complicación denominadas dextrinas y, más tarde, en maltosa. Su acción es comparable a la de la ptialina de la saliva, aunque es mucho más enérgica y actúa no sólo sobre los almidones cocidos sino también sobre los crudos.

La maltasa digiere la maltosa que ha sido producida por la acción del fermento anterior, y la convierte en glucosa o azúcar de uva, que puede asimilarse fácilmente. Tenemos así que por el influjo de la amilasa y de la maltasa, queda completamente terminada la digestión de las féculas.

La lipasa digiere las grasas, mediante un proceso que comienza por su emulsión y se continúa por su saponificación (formación de jabones). La saponificación se inicia por la transformación de las grasas en glicerina y el ácido graso correspondiente. Más tarde este ácido graso se combina con las sales de sodio, contenidas en el jugo pancreático, formándose un jabón. Esta digestión de las grasas no es completa y ya veremos que se termina gracias a la acción de otros fermentos intestinales.

La tripsina digiere los alimentos nitrogenados o albuminoideos. Su acción se parecerá por lo tanto a la del fermento pepsina del estómago, pero adquiere mucha mayor energía. No sólo transforma las albúminas en albumosas y peptonas sino que, continuando la desintegración de estas últimas sustancias, logra descomponerlas en los aminoácidos que las integran y que pueden ser absorbidos sin di-

ficultad. Podemos considerar que la tripsina es capaz de digerir completamente todas estas sustancias, aunque veremos que se completa su transformación gracias a las glándulas intestinales.

En realidad, el páncreas segrega únicamente una propepsina inactiva (protripsina o tripsinógeno) que necesita para convertirse en verdadero fermento mezclarse con un cofermento llamado enteroquinasa, segregado por las pequeñas glándulas intestinales.

Siguen los alimentos su camino por el intestino delgado, en el cual se encuentran numerosas y diminutas glándulas que segregan nuevos fermentos. El jugo intestinal posee una reacción alcalina y contiene agua, sales minerales (cloruro y carbonato de sodio) y una serie de productos activos: maltasa, invertina (sucrasa), lactasa, lipasa, erepsina y el cofermento enteroquinasa.

La maltasa transforma la maltosa en glucosa o azúcar de uva, terminando en esta forma la acción ejercida por la maltasa pancreática, y facilitando la total digestión de las féculas.

La lactasa convierte la lactosa, o azúcar de leche, en glucosa y galactosa (que tiene la misma fórmula y caracteres análogos a la glucosa).

La invertasa o sucrasa transforma la sacarosa (azúcar de caña) en glucosa y levulosa, azúcares que pueden ser asimiladas y penetrar en el organismo. La acción de los fermentos anteriores termina la completa digestión de los almidones (como habíamos ya indicado) y también de todos los azúcares, que son transformados en glucosa, levulosa y galactosa, productos finales que permiten su directa utilización.

La lipasa intestinal termina la saponificación de las grasas comenzada por la lipasa pancreática, ultimando en esta forma su total digestión.

La erepsina concluye la transformación de las sustancias derivadas de la acción de los fermentos gástricos y pancreáticos sobre las proteínas. Actuando sobre las albumosas y las peptonas que han escapado al ataque de la tripsina las descompone en amino-ácidos asimilables.

Respecto a la enteroquinasa ya hemos indicado que se

trata del cofermento encargado de convertir el tripsinógeno inactivo del páncreas en tripsina activa.

Como resultado de esta serie de transformaciones el quimo, procedente del estómago, se convierte en un líquido nutritivo y blanquecino, que recibe el nombre de quilo intestinal. La parte asimilable del quilo estará formada por las substancias derivadas de la digestión de los alimentos, en la forma que resumimos en el cuadro siguiente:

El agua y las sales minerales se asimilan sin variación alguna.

Los azúcares se convierten en glucosa, levulosa y galactosa. Las féculas se convierten en dextrina y glucosa.

Las grasas se emulsionan y se asimilan al estado de glicerina, ácidos grasos y jabones.

Las proteínas se descomponen en sus amino-ácidos.

Además de estos diferentes productos de la digestión, que veremos son asimilados a través del epitelio intestinal, encontramos en el quilo una serie de substancias, entre las que podemos citar: mucosidades, fragmentos desprendidos del epitelio intestinal, residuos de los alimentos que no son digeridos (celulosa, etc.), bilis, restos de los jugos digestivos, ciertas substancias que han escapado a su completa transformación por los fermentos, etc. De todos estos materiales, los que integran el quilo nutritivo penetran en el cuerpo a través del intestino delgado; los restantes, que carecen de utilidad, constituyen un residuo que termina por ser evacuado al exterior (heces), en virtud del fenómeno de la defecación.

Gracias a la absorción el quilo nutritivo penetra en el organismo y pasa al aparato circulatorio para su distribución (linfa y sangre). Para aumentar la superficie del intestino, y facilitar la pronta asimilación, sus epitelios en lugar de ser lisos están cubiertos de las llamadas vellosidades intestinales, tan numerosas que suman hasta 3.500 por centímetro cuadrado en el duodeno y en el yeyuno y unas 2.500 en el íleon. Como el intestino grueso no sirve para absorber, carece por completo de vellosidades.

El paso de los alimentos digeridos al aparato circulatorio se verifica en virtud de los fenómenos de ósmosis. Si

separamos dos líquidos por una membrana permeable (vejiga, pergamino, etc.) veremos que se origina una corriente en virtud de la cual la solución menos concentrada atraviesa la membrana y se mezcla con la de mayor concentración. Si, por ejemplo, colocamos agua destilada en una cubeta y agua azucarada en un tubo, cerrado en su parte inferior por una membrana permeable, observaremos que al meter el tubo en la cubeta penetra en él parte del agua destilada a través de la membrana. En el momento en que los dos líquidos adquieren la misma concentración se origina un equilibrio y cesan los fenómenos osmóticos.

Sucedará lo mismo en el intestino delgado. A través de los epitelios de las vellosidades (que actuarán de membrana permeable) se verificarán fenómenos de ósmosis, en virtud de los cuales el quilo penetrará en el interior del organismo. Para ello resultará indispensable que la concentración del quilo y la de los plasmas interiores sea diferente. Por esta causa los líquidos que bañan nuestro cuerpo tienen en disolución cierto número de sales, especialmente cloruro sódico, que aumentan su poder osmótico.

Los epitelios intestinales no tienen las características de las membranas permeables. Son elementos vitales y debido a ello adquieren propiedades especiales. No es de extrañar que no obedezcan exactamente a las leyes de la ósmosis y sean capaces de absorber substancias que no se encuentren disueltas y de repeler otras en estado cristaloides, como por ejemplo, algunos venenos, que perjudicarían al organismo. Además, aun para la misma materia, los epitelios del intestino presentan un carácter selectivo, aumentando o disminuyendo su absorción en relación con las necesidades del ser. Esta propiedad aparece muy patente en los vegetales que toman del suelo mayor o menor cantidad de uno de los elementos que contiene, en relación con la falta que le haga a la planta.

Los productos procedentes de la digestión, contenidos en el quilo, pasan al aparato circulatorio siguiendo dos vías diferentes. Las grasas, en estado de fina emulsión o descompuestas y convertidas en glicerina, ácidos grasos y jabones, atraviesan las paredes intestinales y pasan a la linfa, que más tarde vierte su contenido en el aparato circulatorio general (sangre). En efecto los capilares linfáticos que ro-

dean al intestino se reúnen en la llamada cisterna de Pecquet y siguen luego por el canal torácico que termina en la vena subclavia izquierda. De esta vena pasa la sangre a la cava superior, que penetra en el corazón por la aurícula derecha. En esta forma los productos de la digestión de las grasas terminan por incorporarse a la circulación sanguínea general.

Es curioso que mientras las sustancias que se originan por la digestión de los carbohidratos y de las proteínas pasan directamente del intestino a la sangre, las grasas antes de llegar a ella deben penetrar y permanecer algún tiempo en el aparato linfático y atravesar una serie de ganglios en su camino. Debe existir alguna razón biológica, y pudiéramos pensar que la causa podría ser el peligro que representaría la llegada a los capilares sanguíneos de las finísimas gotas de las grasas emulsionadas, capaces de obturarlos y producir embolias peligrosas.

Las otras sustancias que contiene el quilo, exceptuadas las grasas, pasan a los capilares venosos que rodean al intestino. Estos capilares se reúnen para constituir la vena porta que penetra en el hígado, para formar en su interior una nueva y amplia red capilar. Del hígado sale la denominada vena suprahepática, que termina en la cava inferior, encargada de conducir la sangre al corazón. Pasarán desde el intestino a la vena porta, por lo tanto: el agua; las sales minerales; la glucosa y otros azúcares asimilables, originadas por la digestión de las féculas y de los azúcares que necesitamos transformar; y los amino-ácidos derivados de la completa digestión de las proteínas.

R E S P I R A C I Ó N

Denominamos respiración al proceso en virtud del cual asimilamos el oxígeno que contiene el aire y expulsamos al exterior el anhídrido carbónico y el vapor de agua, formados en los tejidos como resultado de las combustiones interiores. Este intercambio de gases se verifica a través de los pulmones, que comunican con el exterior mediante una serie de tubos, (bronquiólos, bronquios, tráquea, faringe).

Si analizamos el aire que penetra, y el que sale por los

pulmones, veremos que su composición es diferente. El aire que absorbemos contiene un 21 % de oxígeno y una pequeñísima proporción de anhídrido carbónico (0.04 %): mientras que en el expulsado sólo encontramos un 16 % de oxígeno, y en cambio la cantidad de anhídrido carbónico ha aumentado considerablemente (4 %).

El oxígeno atraviesa las finas paredes de los alvéolos pulmonares en virtud de un sencillo fenómeno de ósmosis y pasa a la sangre, que se encarga de su distribución por todo el cuerpo, en forma que llegue a todas las células. Es la sangre venosa la que se oxigena, cambiando su color oscuro en un rojo más vivo y convirtiéndose así en sangre arterial. Si analizamos la sangre venosa comprobaremos que contiene por cada 100 centímetros cúbicos, 12 centímetros cúbicos de oxígeno y 48 de anhídrido carbónico. En la sangre arterial la proporción de oxígeno se eleva a 20 centímetros cúbicos y la de anhídrido carbónico desciende a 40 centímetros cúbicos, en igual volumen.

¿Para qué necesitamos el oxígeno absorbido y en virtud de qué fenómeno aumenta el anhídrido carbónico? Sabemos que nos hace falta el oxígeno para producir la serie de combustiones internas, gracias a las cuales se origina toda la energía que hace falta para las funciones vitales y para el desarrollo de todas nuestras actividades. El oxígeno servirá para quemar una serie de alimentos, que lo consumirán y en cambio originarán una cierta cantidad de anhídrido carbónico y de vapor de agua. La sangre arterial es conducida a los tejidos y se distribuye por ellos en una red de finos capilares, cuyas delgadas cubiertas facilitan los intercambios. El oxígeno atraviesa las paredes de estos capilares y penetra en las células para favorecer sus combustiones. Las células, en cambio, ceden a la sangre todas las sustancias inútiles que se han originado en virtud de sus actividades vitales, entre las que se encuentran el anhídrido carbónico y el vapor de agua, formados al quemarse determinadas sustancias nutritivas. Por este motivo la sangre arterial, roja y rica en oxígeno, vuelve a convertirse en sangre venosa, oscura y cargada de materiales inútiles. Esta sangre deberá volver a los pulmones para purificarse y será conducida a los riñones para la eliminación de determinados productos de desasimilación.

Se comprende que para que los intercambios gaseosos con la atmósfera adquieran la intensidad que requiere la continua demanda de oxígeno, hace falta que la superficie de absorción en los pulmones sea lo más grande posible. Sabemos que el aire penetra por la boca y la nariz, de donde pasa a la laringe y a la tráquea. Esta última se divide en dos bronquios, que se dirigen uno a cada pulmón. Los bronquios se ramifican profusamente, formando una serie de tubitos cada vez más finos. Los últimos llamados bronquíolos, tiene únicamente una décima de milímetro de diámetro. Cada bronquíolo termina en un alvéolo pulmonar que, para aumentar su superficie, se divide en varias vesiculitas de un cuarto de milímetro de diámetro. En esta forma la superficie de aireación de los pulmones alcanza un total de unos 200 metros cuadrados, superficie enorme que basta para satisfacer las necesidades orgánicas en lo que se refiere al intercambio de gases. Por si esto no fuera bastante, las venas se dividen también en una red de capilares tan extensa, que los dos pulmones pueden contener hasta unos dos litros de sangre que se está oxigenando y expulsando el anhídrido carbónico inútil. Además, la circulación es tan activa que hace pasar por los pulmones cada 24 horas alrededor de unos 20.000 litros de sangre.

Hemos tratado con cierto detalle de los procesos respiratorios porque nos permiten comprender la enorme actividad desplegada por el hombre, que se traduce en una necesidad de cantidades muy elevadas de oxígeno, sin las cuales no serían posibles las combustiones internas. La alimentación deberá, por lo tanto, estar primordialmente destinada a facilitar el combustible que nos hace falta quemar para poder producir la energía vital.

C I R C U L A C I Ó N

Todas las substancias que absorbemos para satisfacer nuestras necesidades vitales van a parar finalmente al torrente circulatorio. Los alimentos líquidos y sólidos pasan directamente a la sangre y a la linfa desde el intestino. Los gases penetran en la sangre a través de las paredes de los alvéolos pulmonares. Es fácil darse cuenta de que tiene que

ser así sabiendo que la nutrición y la respiración deben encargarse de proporcionar a todo el organismo los materiales indispensables para su normal funcionamiento. Como la absorción se verifica por zonas limitadas de nuestro cuerpo (intestino delgado y pulmones), resulta necesario que, una vez que han penetrado los alimentos en el organismo, puedan ser distribuídos equitativamente por todos los tejidos y órganos.

La verdadera asimilación no es la que se efectúa en el tubo digestivo, o en el aparato respiratorio, sino la que tiene lugar en todos los rincones del organismo. Son las células las que necesitan los alimentos, debidamente transformados, para cumplir su cometido. Debemos considerarnos como una asociación de células diversas, como una verdadera sociedad celular. La célula es el elemento primordial de la vida, la verdadera unidad biológica, tanto en los vegetales como en los animales.

Sabemos que la asimilación por el tubo digestivo tiene un carácter intermitente. En determinados momentos, después de cada comida, pasan del intestino a la sangre los productos nutritivos que contiene el quilo. En cambio, entre dos digestiones sucesivas la asimilación llega a ser completamente nula. Resulta así que la sangre se enriquece en materiales alimenticios en horas determinadas y se empobrece después por el gasto que hacen de ellos las distintas células de nuestro cuerpo. Con arreglo a esta conclusión la sangre no conservaría siempre los mismos caracteres, variando según los momentos la composición de su plasma. Estas modificaciones introducirían un importante factor de perturbación, que alteraría el normal funcionamiento orgánico. Conviene, por ello, que exista algún mecanismo regulador, gracias al cual los plasmas sanguíneos mantengan constantes sus características.

No resultará necesaria una regulación de esta naturaleza en el caso de la respiración, puesto que se trata de un fenómeno continuo y la sangre se está oxigenando y purificando en todos los momentos.

Tenemos dos órganos que se encargan de conservar constantes los caracteres de la sangre: el hígado y el bazo. Nos ocuparemos primero del papel representado por el hígado, por ser el más importante de todos.

Hemos visto que las sustancias derivadas de la digestión de los alimentos (excepto las grasas) penetran en una red capilar que, reuniéndose en vasos cada vez mayores, termina por formar la llamada vena porta. Esta vena se dirige al hígado, penetrando en su interior y ramificándose en una tupida red capilar hepática. Esta disposición nos hace comprender de antemano que el hígado debe desempeñar una serie de funciones importantes, que estudiaremos inmediatamente.

Trataremos en primer lugar de la denominada función glucogénica, que quiere decir formadora de glucógeno. Gracias a ella se mantiene constante la proporción de glucosa contenida en el plasma. La glucosa es el alimento más adecuado para la producción rápida de energía y será por ello la preferida para la serie de combustiones que aseguran la actividad celular. En efecto las células están quemando glucosa de una manera continua, tanto más activamente cuanto mayor es el esfuerzo que tenemos que realizar. En este caso vemos que el consumo de glucosa no se interrumpe nunca y, como su absorción por el intestino es intermitente, debe existir una regulación que permita que la cantidad que contiene la sangre no sufra un descenso perjudicial.

El hígado retiene la glucosa que procede de la absorción, y que es conducida por la vena porta, y la transforma en otra sustancia llamada glucógeno, almacenándola en las células hepáticas. Esta transformación tiene por objeto el convertir a la glucosa en otro material que no se difunda con facilidad y pueda por ello quedar en depósito, sin ser arrastrada por el torrente circulatorio. A medida que la sangre va empobreciéndose, por el gasto de glucosa en las células, el hígado va transformando parte del glucógeno que ha almacenado y va cediendo al plasma nuevas proporciones de glucosa, en forma que su cantidad se mantenga invariable. En casos excepcionales, puede suceder que los alimentos no nos proporcionen toda la glucosa que nos hace falta, entonces el hígado es capaz de fabricar glucógeno a expensas de los productos de la digestión de las proteínas.

Aunque las grasas penetran en la linfa, puede el hígado también, en virtud de sus funciones adipogénica y adipolítica, retenerlas para que su proporción se mantenga constante en el plasma sanguíneo. Si el hígado se carga de un

exceso de grasas es capaz de destruirlas utilizándolas para diversos fines. Si estudiamos las raíces que han servido para formar las palabras adipogénica y adipolítica, comprobaremos que la primera quiere decir formadora de grasas y la segunda destructora de grasas. Si mantenemos un animal con abundante mantequilla y aceites, veremos que aumenta la proporción de grasas que contienen las células hepáticas. En general podemos observar que proporcionando a un animal una comida excesivamente abundante puede acumular grasas en su hígado, incluso si se trata de carbohidratos. Por este medio se consigue que aumente considerablemente el tamaño del hígado de un ganso, con una alimentación a base de gran cantidad de féculas, y se puede obtener el llamado **foie-gras**, tan apreciado. Es fácil comprobar también, que el hígado puede destruir las grasas que almacena, puesto que van desapareciendo durante el sueño invernal de las marmotas, que permanecen aletargadas y sin comer nada durante los meses más fríos del invierno. Los niños cuando nacen tienen una reserva de grasas en su hígado, de las que va descargándose paulatinamente en los primeros meses.

El hígado actúa como órgano de defensa reteniendo las substancias venenosas que, si pasaran a la sangre, podrían perturbar más o menos gravemente nuestra salud. Se observa que los productos tóxicos, como las sales amoniales que se forman en nuestro organismo por la destrucción de las proteínas, son transformadas por el hígado en un cuerpo poco tóxico, llamado urea, que más tarde eliminamos por la orina. Se ha visto también que el hígado puede destruir algunos venenos originados en las células (tomainas) y en las fermentaciones intestinales (fenol, indol, escatol) y atenuar la acción perniciosa de algunos venenos minerales (cobre, arsénico, etc.) y de los alcaloides (estricnina, morfina, nicotina, etc.).

Es fácil comprender que si por cualquier motivo el hígado funciona deficientemente, y sobre todo si se destruye, un animal perece rápidamente a causa de un envenenamiento. De la misma manera si inyectamos nicotina pierde al atravesar el hígado aproximadamente la mitad de su toxicidad.

La acción beneficiosa del hígado, en la conservación de caracteres favorables en la sangre, no se limita a lo que

los materiales alimenticios del quilo a todos los rincones de nuestro cuerpo.

Para comprender bien la misión que corresponde al suero, lo mejor será que estudiemos su composición. Si lo analizamos observaremos que contiene las siguientes substancias:

1º—Agua, en proporción de unos 900 gramos por litro de sangre.

2º—Materias albuminoideas (en total 80 gramos por litro), entre las que se encuentran la albúmina del suero y una globulina.

3º—Sales minerales, especialmente el cloruro de sodio o sal común (17 gramos por litro) y además algunos cloruros, carbonatos y fosfatos alcalinos. La concentración total del suero equivale aproximadamente a la de una solución de sal marina al 8 ó 9 por mil.

4º—Diversos productos procedentes de la digestión, como la glucosa (1.5 por litro), grasas en fina emulsión (2 a 6 gramos por litro, según la cantidad que contengan los alimentos asimilados).

5º—Productos de desasimilación, que son expulsados especialmente por la orina. Entre ellos se encuentra la urea (0.4 gramos por litro) y escasas proporciones de amoníaco, ácido úrico, etc.

6º—Algunos fermentos, como la amilasa, la maltasa, la lipasa, el fermento glicólico.

7º—Substancias producidas por las glándulas de secreción interna, conocidas con el nombre de hormonas.

8º—Algunos gases, especialmente el oxígeno y el anhídrido carbónico.

Podemos por lo tanto considerar el suero como una solución salada rica en albúminas, que contiene los variados productos procedentes de la asimilación intestinal y las substancias inútiles originadas principalmente por los fenómenos de combustión celular y por la destrucción de las proteínas. Encontramos también en el plasma algunos gases disueltos, como el oxígeno y, especialmente, el anhídrido carbónico.

Para que pueda el suero desempeñar debidamente su misión, es necesario que conserve sus caracteres constantes. Por ello en el caso de hemorragias recupera su volumen con

gran rapidez. Igualmente para que su concentración salina y su composición general no se modifiquen dispone de órganos reguladores, gracias a cuyo funcionamiento se mantiene el equilibrio constante. Por una parte ya hemos visto que el hígado, y en menos escala el bazo, actúan conservando los caracteres de la sangre y de las sustancias alimenticias que contiene. Por otra parte el riñón expulsa al exterior el exceso de sal, de glucosa o de cualquier materia cuya proporción haya aumentado momentáneamente (por ejemplo, en el caso de la eliminación de azúcar en los diabéticos). El filtro renal sirve también para retener o eliminar el agua en forma que la concentración del plasma no varíe. Cuando sudamos copiosamente disminuye la cantidad de orina y si bebemos abundantemente, experimenta un aumento rápido la secreción renal.

Los glóbulos rojos o hematíes están nadando en el plasma. Son células incompletas, por carecer de núcleo, y seguramente por ello su vida es muy corta y se están destruyendo y renovando sin cesar. Viven aproximadamente un mes, por lo cual cada 30 días deberemos renovar por completo todos los que contiene la sangre, tanto en las venas como en las arterias y capilares.

Los glóbulos rojos deben su color a contener una sustancia denominada hemoglobina, que tiene la propiedad de ser muy ávida de oxígeno, con el que se combina fácilmente para formar la oxihemoglobina, de color rojo más intenso. La oxihemoglobina es muy inestable y, al llegar a los tejidos, pierde el oxígeno con facilidad y se convierte de nuevo en hemoglobina reducida. Comprendemos, gracias a estas características, el papel preponderante de esta sustancia en los procesos respiratorios y su cambio de tonalidad nos explica las diferencias de color que observamos entre la sangre venosa y la sangre arterial. La hemoglobina puede también combinarse con pequeñas proporciones de anhídrido carbónico, y entonces se transforma en la denominada carbohemoglobina, que es también muy inestable.

El oxígeno procedente de la respiración se combina en parte con la hemoglobina, pero una mayor proporción queda disuelta en el plasma sanguíneo. Al llegar los capilares a los tejidos las células toman el oxígeno disuelto en el plasma y éste se lo quita a la oxihemoglobina, que se convierte

así en hemoglobina reducida. Mediante este proceso la sangre arterial, que era roja, se transforma en sangre venosa, de coloración más oscura.

Poseemos también otro aparato circulatorio llamado linfático que, aunque independiente, termina por verter su contenido líquido en la sangre. La linfa es esencialmente nutritiva y, saliéndose de los vasos por los que circula, baña todas las células del organismo, constituyendo un verdadero plasma interior. La linfa tiene un color blanquecino, por carecer de glóbulos rojos. Se comprende por ello que no representará ningún papel en la respiración. El plasma linfático posee una composición parecida al sanguíneo, pero las proporciones de las sustancias que contiene son bastante diferentes. La cantidad de agua es mayor (95 %) y también la de urea. En cambio, encontramos menos albúminoideos, especialmente fibrinógeno, y menos glucosa. La concentración salina general es casi idéntica, ya que posee la misma proporción de sal común (aproximadamente un 7 por mil). El oxígeno es muy escaso y en cambio abunda el anhídrido carbónico.

En esta forma comprobamos que la linfa es más pobre que la sangre en sustancias nutritivas, y en cambio, más rica en materias inútiles de desasimilación. Como hemos visto que penetra en todas las células, su papel principal será librarlas de los materiales inútiles originados por las combustiones y por la destrucción de las proteínas. Gracias a su poder alimenticio, servirá también para proporcionar a los tejidos algunas de las sustancias nutritivas que necesitan.

La linfa debe formarse a expensas del plasma sanguíneo, que atraviesa las paredes de los capilares y se infiltra entre los tejidos. Más tarde, esta linfa penetra en los capilares linfáticos, que se inician entre las células. Otra parte de la linfa procede de la digestión. Ya vimos que existe en derredor de los intestinos una red capilar de los llamados vasos quilíferos, a los cuales van a parar principalmente los productos de la descomposición de las grasas. En los momentos de digestión los vasos quilíferos se llenan de una linfa blanquecina, que debe su color a las grasas emulsionadas. En cambio, entre dos digestiones, esta linfa será perfectamente transparente.

CAPÍTULO III

NECESIDADES ALIMENTICIAS DEL HOMBRE

Al estudiar las diferentes categorías de alimentos nos hemos ocupado de las necesidades generales de nuestro organismo en proteínas, grasas, carbohidratos, sales minerales, vitaminas, agua y oxígeno. No estimamos suficientes las ideas que hemos expuesto y conviene que nos ocupemos con mayor detalle de algunos puntos. Se trata de los problemas más importantes para poder determinar la composición de una dieta favorable, y ello recomienda el insistir sobre ciertas cuestiones.

Es difícil reducir a términos generales las necesidades alimenticias del hombre. Son tantos los factores que intervienen que cada caso especial constituirá un problema distinto. La edad, el embarazo y la lactancia en la mujer, el trabajo que se efectúa, el estado de salud, el peso, el clima, y otras diversas causas, modifican, a veces profundamente, las necesidades nutritivas de un organismo. Conviene por ello comenzar por dar una idea general de la totalidad de alimentos que hacen falta en los casos normales; estudiando después en qué forma deben ser satisfechas nuestras exigencias en lo que respecta a las diferentes categorías de las substancias alimenticias.

Si queremos conocer las necesidades generales, será necesario reducirlas a una unidad o medida de fácil determinación. Esto es lo que han tratado de conseguir diversos autores, llegando a la conclusión de que lo más práctico es basar los cálculos en la cantidad de calorías que se deben originar para que tengan lugar en forma satisfactoria todas las actividades vitales.

La caloría que se emplea es la llamada gran caloría, o cantidad de calor necesaria para elevar en un grado centígrado la temperatura de un litro de agua. Podemos definirla mejor diciendo que es la cantidad de calor que hace falta para elevar la temperatura de un litro de agua destilada desde 0° a 1° centígrado.

A pesar de los inconvenientes que se presentan no hay duda de que la reducción a calorías de nuestras necesidades nos proporciona un medio de comparación de gran utilidad, que facilita mucho la resolución de los cálculos. Es natural

que sea así estando destinados la mayor parte de los alimentos a ser quemados en el interior de nuestro cuerpo para originar la energía que desplegamos en todas las actividades vitales.

La reducción de las necesidades a calorías resulta muy cómoda en la práctica para calcular el total de alimentos que deben tomarse en cada caso, pero adolece de algunos defectos. Señalaremos entre ellos el que las substancias que integran nuestra dieta no todas se utilizan para producir calor, encontrándose entre ellas las que hemos denominado plásticas o constructoras, destinadas especialmente a la formación de materia propia, de nuevas células. Empleando tan sólo el valor de las calorías indispensables no tenemos en cuenta a las substancias minerales ni a las vitaminas, cuyo importantísimo papel en la conservación de la salud hemos señalado con extensión suficiente.

Es fácil calcular las calorías que producen al quemarse los diversos alimentos, empleando los aparatos llamados calorímetros. Si procedemos a la combustión completa obtendremos los valores siguientes:

Un gramo de proteínas produce.. . . .	5.7 calorías
Un gramo de carbohidratos produce.. . . .	4.1 calorías
Un gramo de grasas produce.. . . .	9.3 calorías

Estas cifras tienen tan sólo un valor teórico puesto que los alimentos no se queman por completo en el organismo humano, como sucede cuando empleamos el calorímetro. Las combustiones en el interior de nuestro cuerpo son incompletas, quedando algunos residuos, que son eliminados por la orina, por el sudor o por el intestino. Los valores que hemos indicado variarán algo en la realidad, y en proporción diferente según sea mayor o menor su aprovechamiento por el hombre. Son los carbohidratos los que podemos quemar en una forma más completa, siguiendo las grasas, y terminando con las proteínas. Por estos motivos Atwater ha propuesto unos nuevos coeficientes, que han sido aceptados por todos los especialistas, y que tienen la ventaja de ser suficientemente aproximados y fácilmente manejables, ya que están reducidos los valores a números enteros. Los coeficientes de Atwater, que utilizaremos en nuestro estudio, son los siguientes:

Un gramo de proteínas produce	4 calorías.
Un gramo de carbohidratos produce	4 calorías.
Un gramo de grasas produce	9 calorías.

Conocidos estos valores nos hará falta saber cuáles son las necesidades calóricas del organismo humano. Como es natural variarán con la actividad que despleguemos, modificándose así con la edad y con el trabajo que se realice en cada caso. Los especialistas de la Sociedad de las Naciones han propuesto los valores que figuran en la siguiente tabla:

	Calorías diarias
Niños de 0 a 1 año	600
Niños de 1 a 2 años	800
Niños de 2 a 3 años	1.000
Niños de 3 a 5 años	1.200
Niños de 5 a 7 años	1.400
Niños de 7 a 9 años	1.700
Niños de 9 a 11 años	1.900
Niños de 11 a 12 años	2.200
Niños de 12 a 14 años	2.400
Hembras de más de 14 años	2.400 a 2.600
Varones de más de 14 años	2.400 a 3.000



MUJERES ADULTAS, ESTATURA MEDIA:

Obrera que trabaja en su casa	2.600
Embarazada en reposo total o parcial	2.600
Lactante en reposo parcial o total	2.900

HOMBRE ADULTO, DE 65 A 70 Kg. DE PESO:

Trabajo sedentario	2.400
Trabajo ordinario	3.000 a 3.100
Trabajo muy fuerte	3.400 a 4.000

Conviene que insistamos en que las cifras del cuadro anterior son sólo aproximadas; pero pueden considerarse como suficientemente exactas en términos generales, y para la mayoría de los casos.

Las calorías que nos hacen falta las obtendremos de las diversas categorías de alimentos que consumamos. Un organismo no puede vivir con grasas únicamente, o con carbohidratos o con proteínas. Necesita consumir cantidades determinadas de cada uno de los grupos en que dividimos las

substancias alimenticias, en las proporciones más ventajosas para su desarrollo y para su salud.

Con el fin de dar una idea previa, indicaremos que para que una dieta reúna las condiciones debidas, deberá estar integrada en general por 4 a 5 gramos de carbohidratos, 1 gramo de proteínas y 0.8 a 1.5 gramos de grasas por cada kilogramo de peso. Estas cifras tienen tan sólo un carácter aproximado, y están sujetas a variaciones, dependientes, por ejemplo, del crecimiento, del trabajo que se realice, del clima, del embarazo y la lactancia en la mujer, etc. Además, no todos los alimentos poseen igual valor nutritivo, a causa de su mayor o menor digestibilidad, o sea de la diferente facilidad con que son asimilados.

Para terminar la exposición de estas ideas fundamentales, es conveniente que recordemos que es muy raro que un alimento contenga sólo una categoría de substancias. Generalmente en cada uno de los productos naturales encontramos carbohidratos, grasas y proteínas en variables proporciones. Existen, sin embargo, ciertas substancias refinadas que pueden considerarse como puras; entre las cuales podemos citar el azúcar, (entre los carbohidratos), y los aceites puros, (entre las grasas). Sabemos que los alimentos contienen también, en general, cierta proporción de algunas sales minerales y determinadas vitaminas.

Encontramos, en las tablas que acompañan a este trabajo, la composición de los alimentos más comunes. Pongamos como ejemplo el caso de la leche de vaca, integrada por un 3,3 % de proteínas, un 4,0 % de grasas y un 5,0 % de carbohidratos. Si queremos calcular las calorías que originan 100 gramos de esta leche, deberemos realizar las siguientes operaciones:

Calorías producidas por las proteínas. . . $3 \times 4 = 12$ calorías.
 Calorías producidas por las grasas. $4 \times 9 = 36$ calorías.
 Calorías producidas por los carbohidratos $5 \times 4 = 20$ calorías.

Total. 68 calorías.

Debemos aclarar que estos valores no son nunca absolutos puesto que los alimentos poseen una composición que varía, dentro de ciertos límites. Por ejemplo, sabemos que en el caso de la leche de vaca la proporción de grasa no es

constante y se modifica con las razas, con su alimentación, con las épocas del año. Por ello en los cálculos existirá siempre un cierto margen de error.

La leche de vaca contiene también algunos elementos minerales, como el calcio y el fósforo y bastantes vitaminas. Esta completa composición hace que la leche deba ser considerada, como ya sabemos, como el mejor de los alimentos conocidos, debiendo por ello intensificarse todo lo posible su consumo.

Veamos ahora cuál es la composición de los frijoles y las calorías que nos proporcionan. Las tablas nos dan los valores siguientes: proteínas, 24 %; grasas, 2 % y carbohidratos, 45 %. Calculando las calorías producidas por 100 gramos tendremos:

Calorías originadas por las proteínas.. $24 \times 4 = 96$ calorías.

Calorías originadas por las grasas..... $2 \times 9 = 18$ calorías.

Calorías originadas por los carbohidratos $45 \times 4 = 180$ calorías.

Total..... 294 calorías.

Si deseamos conocer los alimentos que necesita diariamente un individuo adulto de peso normal y que realiza un trabajo sedentario, para dar un ejemplo concreto, deberemos hacer una serie de operaciones, que aclararán nuestras anteriores explicaciones.

Pongamos el caso de un hombre adulto de unos 65 a 70 kilogramos de peso, que efectúa una labor sedentaria. Sabemos por las tablas de necesidades calóricas, de las que ya nos hemos ocupado, que este individuo necesitará unas 2.400 calorías diarias.

En lo que se refiere a las diferentes clases de alimentos el individuo que tomamos como ejemplo deberá consumir algo más de un gramo de proteínas, (de las cuales más del 40 % tendrán que ser de origen animal), aproximadamente un gramo de grasas y unos 5 gramos de carbohidratos al día, por cada kilogramo de su peso total. Estas necesidades quedarían satisfechas con la dieta que figura a continuación, en la que se encuentran además las principales sales minerales y vitaminas indispensables.

Conviene indicar que el cálculo que hacemos puede servir únicamente como un ejemplo entre muchos, ya que son

posibles toda clase de combinaciones a base de los numerosísimos alimentos que tenemos a nuestra disposición. Sabemos, además, que resulta sumamente ventajoso variar la dieta todo lo que sea posible, de tal manera que las sustancias consumidas sean diferentes en cada comida.

Alimento	Cantidad	Carbo- hidratos	Grasas	Pro- teínas	Calo- rias
Leche de vaca . . .	500 gramos	25	20	16	344
Queso	50 gramos	0,5	17	15	215
Pan blanco	250 gramos	117,5	4,5	20	586
Frijoles	100 gramos	45	2	24	294
Arroz	100 gramos	78	0,5	7	344
Papas	150 gramos	30	0,3	3	135
Camote	100 gramos	28	0,5	1	124
Mantequilla	25 gramos	0	21	0,2	190
Huevos	50 gramos	0,2	6,5	6,5	85
Banano	50 gramos	17	0,1	0,6	71
Ayote	200 gramos	6	0	0,6	26
Totales..		347,2	72,4	93,9	2.414

Hemos visto que un individuo adulto normal debe consumir diariamente alrededor de 1 gramo de proteínas, aproximadamente un gramo de grasas y 4 a 5 gramos de carbohidratos, por kilogramo de peso. Nos indican estas proporciones que la mayor parte de las sustancias que comemos están destinadas a la producción de energía. Únicamente la séptima parte corresponde a las proteínas que, como sabemos, poseen el carácter de alimentos constructores.

La abundancia de carbohidratos en el régimen alimenticio del hombre se explica también por ser los de menor costo, y poder por ello cubrir, con el mínimo gasto posible, las necesidades energéticas del organismo. No puede extrañarnos el que constituyan la dieta normal de las clases más pobres, y que, incluso, integren casi por completo las comidas de los más menesterosos. El consumo excesivo de carbohidratos puede presentar los graves inconvenientes que se derivan de su falta de equilibrio con respecto a las grasas y proteínas, que originará una nutrición deficiente e incapaz de cubrir todas nuestras necesidades. En un individuo que tenga que producir unas 3.000 calorías diarias,

deberán los carbohidratos entrar en una proporción de 400 a 500 gramos por cada 24 horas, tratándose de un clima templado. Como cada gramo de estas substancias produce cuatro calorías, el total de las que originen los carbohidratos representará únicamente de 1.600 a 2.000 calorías, es decir, todo lo más, dos tercios de las producidas.

Las grasas poseen una variada composición. Sin embargo, se utilizan especialmente en las comidas las grasas simples, incluso en muchos casos en forma de aceites refinados y purificados. Las necesidades en grasas variarán mucho en relación con los climas. Siendo las que originan mayor número de calorías, y quemándose con lentitud, su proporción en la dieta deberá aumentar en los países fríos y disminuir en los templados o calientes. En un individuo que necesite consumir unas 3.000 calorías diarias, la cantidad de grasas que figuren en su dieta deberá ser de 85 a 125 gramos aproximadamente. Ya veremos que hay grasas que se digieren con facilidad y otras de difícil asimilación; pero además deberemos tener en cuenta en la elección de las grasas su valor en vitaminas, puesto que, como ya sabemos, existe un grupo de vitaminas indispensables llamadas liposolubles, que sólo podemos adquirir con los aceites o mantecas en las que se encuentran.

El factor que más influye en la digestibilidad de las grasas es su estado de emulsión. Una grasa bien emulsionada se asimila con mucha mayor facilidad que otra que no lo esté o que se encuentre en un estado de emulsión incompleta. Comprendemos así mejor la conveniencia de incluir en nuestra dieta una cierta cantidad de leche, puesto que sus grasas se hallan en un estado de finísima y completa emulsión. En cambio, se deberá evitar todo lo posible el consumo excesivo de aceites vegetales refinados.

Sabemos que las proteínas poseen una composición sumamente variable, que depende de los amino-ácidos que las integran. Nuestras proteínas son muy complicadas y características, de manera que para formarlas necesitaremos que los alimentos nos proporcionen los diferentes amino-ácidos que las constituyen.

Se conocen poco más de 20 amino-ácidos, algunos de los cuales poseen propiedades fisiológicas especiales, que los hacen más necesarios. Tenemos así que el triptofano ejerce