

## **SOBRE METABOLISMO AZOADO EN BOGOTÁ**

Tesis para el doctorado en medicina presentada y sostenida por el doctor Calixto Torres U.:

Contribución al estudio de la utilización del ázoe como elemento de nutrición, en la antiplanicie de Bogotá.

### *Capítulo 1—Definición de la nutrición.*

Toda célula viva funciona y se gasta. Para producir energía, para repararse, toma al medio ambiente materiales alimenticios, y después de haberlos elaborado en su interior, arroja los residuos de esta elaboración. Este doble proceso de asimilación y desasimilación, representa las funciones de nutrición celular y obedece a cambios químicos que se conocen con el nombre de metabolismo, el cual puede ser dividido en dos partes: el catabolismo o reducción de compuestos químicos más complicados a los más sencillos, y el anabolismo, o síntesis de cuerpos simples para formar más complicadas combinaciones.

Los actos nutritivos que se verifican en un organismo más complejo, como el del hombre, son idénticos, en principio, a los que se observan en los organismos unicelulares. Los elementos que se utilizan para la nutrición son tomados a los tres reinos: vegetal, animal y mineral; ellos llevan al organismo los elementos necesarios para la constitución o para la reparación de los tejidos; las transformaciones que sufren estos alimentos en la economía ponen en libertad energía que se manifiesta en forma de calor, de trabajo mecánico y en algunos animales en la de luz o electricidad.

La misma constitución química de los alimentos nos da la explicación de su papel energético; casi todos ellos están formados de albúminas, grasas, hidratos de carbono, que son compuestos endotérmicos, es decir, formados con absorción de calor, y encierran, por consiguiente, energía latente; la desintegración de estos elementos en el organismo deja en libertad esta energía. De esta manera llenan las funciones de nutrición un triple objeto en el hombre normal. 1º Mantener fija la composición de los tejidos vivos; 2º Mantener constante la temperatura del cuerpo; y 3º Reemplazar la energía gastada por el trabajo del individuo.

En el niño, durante el período de crecimiento, y en la mujer, durante el embarazo y la lactancia, tiene, además, por objeto ayudar al crecimiento de los tejidos. En los convalecientes, el trabajo de reproducción de material gastado es naturalmente mucho más intenso que en el estado normal.

Los materiales alimenticios siguen en el mundo un ciclo evolutivo, tendiente a una complicación progresiva. Los más simples no son otros que el oxígeno y el carbono del aire, que son fijados por la materia clorofiliana de las plantas verdes, bajo la influencia de la luz, y entran de esta manera en la composición de los tejidos vegetales. Luego los vegetales son ingeridos por los animales herbívoros y éstos por los carnívoros. Es, pues, en definitiva, la energía solar, almacenada por las plantas, la que se transmite de un organismo a otro y representa el origen de la energía humana.

El organismo sirve para la transformación de la energía, y él no la retiene, como no la crea. En un cuerpo adulto, en equilibrio de peso, la energía llevada por los alimentos es equivalente a la gastada por el individuo; de ahí la concepción de Berthelot: "El mantenimiento de la vida no consume ninguna energía que sea propia a la vida". El principio de la conservación de la energía se aplica, pues, al animal tan exactamente como a la máquina de vapor.

Lavoisier había ya demostrado que el principal gasto de la energía humana tiene por origen las combustiones verificadas en el organismo. Berthelot, por el descubrimiento de la termoquímica, resolvió el problema, demostrando que la nutrición se reduce a una transformación de la energía.

Lavoisier demostró que los animales viven y respiran oxígeno en la atmósfera y producen ácido carbónico; que se verifica en ellos una combustión análoga a la combustión de las materias orgánicas y que, como ésta, produce calor. De este descubrimiento hecho por uno de los mayores genios que haya tenido el género humano, sacó Lavoisier su aforismo, que el ilustre Richet reputa como "el axioma fundamental de la biología": "La vida es una función química".

Pero la hipótesis primitiva de que las oxidaciones sólo se producían en el pulmón, fué destruída más tarde. Se sugirió entonces la idea de que el ácido carbónico y el agua nacían a favor de combustiones verificadas en la sangre misma. En 1837 Magnus descubrió que la sangre contiene oxígeno y ácido carbónico, lo que parecía demostrar la nueva teoría. Ludwig llegó a creer que las oxidaciones del hidrógeno y el carbono se efectuaban en la sangre; pero después de la publicación de los estudios de Liebig, en 1842, quedó establecido que no es hidrógeno y carbono lo que se quema en los tejidos, sino albuminoides, hidratos de carbono y grasas.

Fué Liebig el descubridor de los métodos modernos de análisis; vinieron con él gran cantidad de conocimientos respecto a compues-

tos hidrocarbonados, entre los cuales se encuentran muchos productos de la economía animal. Estos conocimientos suministraban nociones importantísimas sobre la constitución de los alimentos, de la orina y de las materias fecales, que no poseyó Lavoisier.

Liebig aplicó estas nuevas nociones de química a la resolución de problemas de biología. Descubrió que los albuminoides contienen ázoe, y en 1842 sugirió la idea de que el ázoe podría ser proporcional a la destrucción de los albuminoides en el organismo. Bilder y Schmidt fueron los primeros que hicieron experimentos sobre este asunto (1).

La hipótesis de la producción del calor animal por las oxidaciones intraorgánicas debía dar lugar a rectificaciones importantes. Berthelot fué el primero que observó que oxígeno absorbido por el animal no es proporcional al calor producido, y, por consiguiente, no puede servir de medida—aún teniendo en cuenta por una parte, el ácido carbónico producido, y por otra, el agua avaluada por diferencia—pues hay en el organismo otras reacciones que consisten en hidrataciones y desdoblamientos, que son también fuentes de calor; de modo que el agua y el ácido carbónico no son los únicos productos de transformación de los materiales nutritivos, sino que hay muchos, como la úrea y otros productos azoados, que resultan de la transformación de los albuminoides.

Aún haciendo abstracción de las reacciones de hidratación o de desdoblamiento que intervienen en todos estos cambios, una misma cantidad de oxígeno, como lo dicen Doyón y Morat (2) “reacciona con producción de distintas cantidades de calor, según que obre sobre sustancias diferentes o cuando, dirigiéndose a una misma sustancia, da por resultado grados diferentes de oxidación”.

El ácido carbónico producido puede corresponder también a cantidades diferentes de calor, por razones análogas.

En fin, el estado inicial y el estado final de la reacción que absorbe oxígeno y desprende ácido carbónico, puede no ser determinado suficientemente por el conocimiento de los ingesta—que son los alimentos, haciendo figurar entre ellos el oxígeno absorbido—y de los excreta—o sean los productos de desasimilación—porque en el curso del experimento puede cambiar la reacción de los tejidos, fijar ciertas sustancias que provengan de los alimentos y eliminar otras que provengan de los mismos tejidos.

Ninguna de estas transformaciones se hace de una manera directa, es decir, que no son ni el carbono ni el oxígeno, ni mucho menos el ázoe los que van a producir el ácido carbónico, el agua y la úrea; son principios inmediatos que vienen sea de los tejidos o de los alimentos, los que por una serie de transformaciones van a dar naci-

---

(1) Graham Lusk. The Elements of the Science of nutrition.

(2) Doyón y Morat. Traité de Physiologie.

miento a aquellos cuerpos. Ni se crea que estas transformaciones consisten todas en reacciones exotérmicas, sino que pasan también por reducciones y deshidrataciones, que dan lugar a absorción del calor. En virtud de estas transformaciones, la glucosa pasa al estado de glicógeno antes de convertirse en ácido carbónico. Pero el resultado final es siempre la producción de calor, puesto que siempre una reacción endotérmica está compensada por varias exotérmicas.

Los testigos de la reacción son, pues, en definitiva, por una parte, los alimentos y el oxígeno (ingesta) que van a producirla, y por otra, la úrea, el ácido carbónico y el agua (excreta), que constituyen el término final de las transformaciones químicas.

La consideración de la destrucción más o menos profunda que los organismos hacen sufrir a los materiales nutritivos, conduce a aproximar, en esta relación, la nutrición de los organismos superiores y la de los fermentos, en los cuales un enorme poder de descomposición da aspectos tan especiales. La descomposición de que acabo de hablar, que los organismos superiores hacen sufrir a la albúmina, a los hidratos de carbono y las grasas, y que terminan, como elementos principales, en agua, ácido carbónico y úrea, es una descomposición muy profunda cuyo rendimiento en energía es considerable.

Es, por ejemplo, de seiscientos setenta y siete calorías para una molécula de glucosa, (180) transformada en  $H_2O$  y  $CO_2$ . Considerando ahora la levadura de cerveza, vemos que este organismo vive a expensas del azúcar; pero en lugar de conducir este alimento hasta la baja escala de las transformaciones mencionadas la levadura lo desdobra simplemente en alcohol y en ácido carbónico. Para una molécula de glucosa la cantidad de calor, es decir, de energía disponible, no es sino de setenta y una calorías. El rendimiento de energía es, pues, mucho menos considerable, porque el alcohol se lleva consigo cerca de nueve décimos de la energía de la glucosa.

En los organismos superiores hay relación entre el peso del cuerpo y el peso de la sustancia transformada. Esta relación es, por ejemplo, para el hombre, de 500 a 600 gramos de materia orgánica para 60 a 70 kilogramos de peso vivo. Al contrario, entre el peso de la levadura y el peso de la sustancia transformada hay una desproporción enorme, lo cual se debe a que el fermento no hace sufrir a su alimento sino muy pocos grados en la escala de destrucción de la materia, y que, como dice Lambling (1), compensa la mediocridad del rendimiento de energía de esta operación, con la masa del alimento transformado.

Pero estas destrucciones no traen nada de específico que haga una diferencia de naturaleza entre estos organismos y los organismos superiores; y aún las distinciones mencionadas desaparecerían si se

---

(1) Lambling en *Traité de Pathologie Generale de Bouchard*.

considerara, no el peso del alimento transformado, sino la cantidad de energía suministrada al fermento por esta transformación.

“Lo mismo sucede, dice Lambling, en lo que concierne a la cantidad de materiales alimenticios consumidos y destruidos por el organismo”; depende, no del aporte alimenticio, sino de la magnitud de las necesidades del organismo. Pero se nota, en verdad, que inmediatamente después de la ingestión de los alimentos hay un aumento de las descomposiciones químicas, lo que parece estar en contradicción con la ley enunciada más arriba, puesto que sería la entrada del combustible lo que produciría la combustión. Este aumento se revela por la elevación súbita de las cantidades de oxígeno consumidas, como también por un balance total de calorías, mayor cuando se pasa del estado de ayuno al estado de alimentación. Así, en un experimento de Levy, un perro consumía, en el estado de reposo y en ayunas, 158 c. c. de oxígeno por minuto. Se le dió entonces una comida abundante compuesta de 500 gramos de arroz, 200 gramos de carne y 25 de grasa. En las horas que siguieron, las cantidades de oxígeno fueron, respectivamente: 188, 204,9, 203,8, 212,1, 115, 210,7, 207,8, 209,3, 206, 188,5, 176,8, (2). De la misma manera Voit ha notado en el hombre un gasto de calorías de 2,470 y de 2,320 (término medio, 2,390) en veinticuatro horas en estado de ayuno; mientras que con la ingestión de alimentos variados ese gasto oscilaba entre 2,350 y 2,940 (término medio, 2,556), o sea un aumento del 7 por 100, poco más o menos.

Observaciones hechas posteriormente en el ayunador Cetti, en Berlín, confirman plenamente estos resultados. “Pero este aumento, dice Lambling, depende únicamente del trabajo secretor, y sobre todo, mecánico, impuesto al tubo digestivo, y no del aumento de las combustiones llevadas por la alimentación. Sin embargo, según la autoridad no menos respetable de Labbé (3), esto no parece exacto, pues el trabajo del tubo digestivo no exige sino un gasto muy pequeño de calorías y por otra parte, la concordancia bien notada por Rubner y Atwater entre el valor calorígeno de la ración alimenticia y la excreción calórica, establece el hecho con precisión.

“Mientras más coma un sujeto más calorías virtuales ingiere y más calorías reales gasta. Se necesitarían nuevos experimentos instituidos en este sentido, para establecer que el gasto de calorías varía a voluntad con la ración alimenticia. De la misma manera que, en general, se ingiere una ración alimenticia excesiva, se excreta probablemente una suma de calorías demasiado grande. El equilibrio calórico podría obtenerse con una ración alimenticia más débil, aportando nuevas calorías. Lo que habría que determinar es precisamente el límite de la ingestión alimenticia susceptible de mantener la temperatura constante sin

---

(2) Lambling. Obra citada.

(3) Lambling. Obra citada.

que el peso del sujeto baje y sin que esté obligado a quemar sus propios tejidos”.

Se sabe que la cantidad de oxígeno consumida por el organismo es, en muy anchos límites, independiente de la cantidad de oxígeno ofrecida a los tejidos por la respiración, y que la cantidad de oxígeno gastada varía con la cantidad de alimentos que se van a transformar. 100 gramos de oxígeno transforman 35 gramos de grasa en  $H_2O$  y  $CO_2$ , con producción de 325 calorías u 84,4 de hidratos de carbono, en  $H_2O$  y  $CO_2$ , con producción de 362 calorías. La cantidad de oxígeno no enseña, pues, ni sobre la cantidad de combustible destruido ni sobre la energía puesta en libertad.

Cuando cierto *mínimum* de aporte de materiales azoados, basta suministrar un exceso de alimentos terciarios, para que la necesidad de energía sea cubierta; este exceso puede ser proporcionado por las cantidades más variables de grasa o de hidratos de carbono.

Este es el cuadro esquemático de nuestras necesidades alimenticias, tal como se realiza en el cuadro esquemático de nuestros experimentos de laboratorio. Pero en la vida ordinaria ¿cómo pasan las cosas y cómo satisfacen los hombres sus necesidades alimenticias, únicamente guiados por su instinto? Es aquí donde la noción de los alimentos isodinámicos de Rubner esclarece en gran manera la fisiología de la nutrición. Antes de la adquisición de esta noción hubiera sido imposible abordar este problema.

Sean, por ejemplo, dos individuos de los cuales el uno vive con 120 gramos de albúmina y 269,7 de grasa, y el otro con la misma cantidad de albúmina, más 611,7 gramos de hidrocarbonados. Al no comparar sino los pesos se vería que la cantidad de albúmina representa en el primer caso el 30 por 100, y en el segundo el 16 por 100 de la ración. Cómo podría pensarse, en presencia de estos casos, que la albúmina represente en ambos el mismo papel y tenga la misma importancia?

Introdúzcase entonces, la consideración de los valores calorimétricos. y se tendrá:

Primer caso: Albúmina,  $120 \times 4,1$ , igual a 492 calorías. Grasa,  $269,7 \times 9,3$ , igual a 2,508 calorías. Total: 3,000 calorías.

Segundo caso: Albúmina,  $120 \times 4,1$ , igual a 492 calorías. Hid de carbono,  $611,7 \times 4,1$ , igual a 2,508 calorías. Total: 3,000 calorías.

La albúmina ha aportado en el un caso y en el otro la misma cantidad, o sea 16,4 por 100 de la cantidad total de energía gastada; el resto, o sea 83,6 por 100, es suministrado por cantidades isodinámicas de grasa o de hidrocarbonados.

(Continuará)