

El condroitato ácido de potasa es una substancia blanca, acidu-
la, que da soluciones gomosas y dispuesta para unirse á la gelatina,
á las peptonas, etc.

El ácido condroitico no es de naturaleza albuminoide. Contiene
todo el azufre del condromucoide primitivo bajo la forma de ácido
sulfúrico conjugado. En efecto, puesto en presencia del agua acidu-
lada y á 100 grados se desdobra completamente por hidratación en
ácido sulfúrico y en condroitina.

Vese, pues, aparecer aquí, por la primera vez, derivado regular-
mente de una materia albuminoide, este ácido sulfúrico que encon-
tramos algunas veces en las orinas en estado de ácido conjugado
con los fenoles, otras en la bilis bajo la forma de taurina.

En cuanto á la condroitina, es todavía un ácido nitrogenado,
gomoso, que hierve hasta la completa hidratación con el ácido clor-
hídrico dilatado y se transforma en ácido acético y en una materia
alcalóidica que reduce el reactivo cupropotásico.

He aquí, por consiguiente, regularmente producida á expensas
del albuminoide primitivo, y por vía de simple hidratación, una
base poderosa, la condrosina, base oxigenada, comparable á la
morfina y á la quinina. Pero, cosa interesante todavía, esta base
bajo la influencia de una nueva hidratación, provocada en caliente
por las soluciones alcalinas, se desdobra en ácidos diversos, entre
los cuales se encuentra el ácido glucorónico y una base nueva,
la glucosamina, muy alterable por los ácidos, que da, al destruirse
á su vez, nuevos derivados.

Ahora bien, el ácido glucorónico derivado así del condromu-
coide del cartilago por esta serie de reacciones regulares, no es otra
cosa que la glucosa, en la cual dos átomos de hidrógeno han sido
reemplazados por un átomo de oxígeno. Su solución es dextrogira
y reduce en caliente el reactivo cupropotásico.

En cuanto á la glucosamina, es una base nitrogenada dextrogi-
ra, azucarada, que se conduce como la glucosa en presencia de las
soluciones alcalinas de cobre, y que bajo la influencia de los álca-
lis, da como este azucar la pirocatequina y el ácido láctico. En una
palabra, es la glucosa en la cual el amidógeno reemplaza á un oxhi-
drilo.

He aquí, pues, un albuminoide verdaderamente especial, el con-
dromucoide formado por el trabajo de asimilación operado por el
protoplasma de la célula del cartilago, sucesivamente transformado
por una serie de hidrataciones regulares *in vitro*, en ácido condroi-
tico, con paso de una parte notable de su nitrógeno primitivo al es-
tado de amoniaco y otros productos correspondientes á la formación
de la urea.

Este ácido condroitico se ha desdoblado sucesivamente por el
mismo mecanismo de la hidratación en ácido sulfúrico, condroitina,
condrosina, la primera de las leucomainas cuya formación regular
encontramos aquí, ácido glucorónico y glucosamina. Estos dos úl-

timos cuerpos se relacionan inmediatamente con la glucosa y el glucógeno. Recordemos que á partir del albuminoide primitivo, el condromucoide, todos estos cuerpos resultan notoriamente de una serie de hidrataciones sucesivas. No se podría encontrar un ejemplo más claro ni una prueba más neta del desdoblamiento regular de una materia proteica en amidos complejos y en glucosa y sus derivados inmediatos.

Seguramente por un mecanismo semejante se forman en el protoplasma de ciertas células especiales, las celulosas animales nitrogenadas que se encuentran en la cubierta de algunos animales inferiores.

Como el ácido condroítico y sus derivados, la chitina, por ejemplo, es un término de paso, un amido intermediario entre el albuminoide primitivo y el azúcar, la celulosa animal, el glucógeno y tunicina de la cubierta de ciertos animales.

Acaso entre los amidos complejos y mal definidos pueden colocarse las sustancias extractivas de la orina, tan interesantes por su acción tóxica sobre el organismo. Han sido divididas en dos grupos, el primero soluble en el alcohol y el segundo insoluble en este líquido, según ya dijimos en otro lugar.

Ácidos amidados, grasos ó aromáticos de constitución conocida. — La leucina, la butalamina, la glucocola, la taurina, la litina, la tirosina y otros ácidos amidados más complejos, tales como las gluco-proteínas, se encuentran en el organismo unas veces libres y otras conjugados. Las moléculas proteicas se disocian bajo la influencia de los fermentos celulares y del agua que los hidrata. Del primer grado de estos desdoblamientos resultan diversas ureas compuestas ó cuerpos ureicos, tirosina, leucinas y leuceinas complejas. Por su hidratación ulterior, las ureas compuestas y los ureidos dan la urea, cuerpos úricos más simples, ácido oxálico, ácido carbónico y amoníaco; la tirosina es oxidada y después eliminada, sobre todo en el estado de ácido hipúrico; los cuerpos amidados son posteriormente cambiados en urea y ácidos grasos, que desaparecerán á su vez por una serie de oxidaciones graduadas ó que, encontrando en la economía los elementos de la glicerina se unirán á ella para formar los principios grasos naturales, de que hablaremos más adelante.

CLASE 3.^a Leucomainas. — Ptomainas. — Las sustancias proteicas contienen su nitrógeno bajo dos formas distintas: una parte, la más débil, está en relación con los eslabones oxigenados CO y CO—CO de la molécula, los cuales le imprimen el carácter y las aptitudes de los cuerpos amidados, de la urea ó de los ureidos en particular.

La otra forma está en relación con los eslabones positivos hidro-carburados del resto del edificio y dan á este nitrógeno las aptitudes básicas.

Así es que las leucomainas ó bases animales tienen origen en

el curso del desdoblamiento fermentativo ó anaerobio de los albuminoides por un simple mecanismo de hidratación. Teniendo en cuenta que hasta aquí no hemos desarrollado el mecanismo de la producción de estas bases sino á expensas de una parte de la molécula albuminoide, la que tiene por cabeza la urea, despreciando la que tiene por cabeza el oxamido; que existen ciertamente, bien en las materias alimenticias, bien en las diversas células de la economía animal, albúminas diferentes entre sí por sus radicales y que pueden, por consiguiente, dar por el mismo mecanismo, con ó sin pérdida de ácido carbónico, bases homólogas ó isólogas de las precedentes; que algunas de entre ellas pueden transformarse aún por una serie de oxidaciones parciales, se comprende fácilmente cómo estos desdoblamientos fermentativos, preliminares de las moléculas proteicas, pueden más ó menos directamente dar origen á la serie de bases animales, conocidas con el nombre de leucomainas.

La mayor parte de las bases llamadas ptomainas resulta de la acción de las bacterias sobre las materias albuminoides, y, como ya sabemos, son muy venenosas.

En efecto, una débil porción del nitrógeno de nuestros tejidos se elimina bajo la forma de leucomainas ó de ptomainas. Estos productos, formados en el curso de la etapa de disociación anaerobia de los albuminoides, indican cuando aparecen en cantidad un poco sensible, un detenimiento en las oxidaciones. Generalmente desaparecen según el mecanismo que dejamos indicado.

CLASE 4.^a Ureidos del organismo.— Los ureidos, entre los cuales se encuentran el ácido úrico, la alantoina y algunos otros, son los principales términos encontrados en los líquidos y tejidos del organismo, y constituyen los últimos límites que separan la urea de los albuminoides, pasando por sus derivados nitrogenados complejos. Como lo indica su nombre, los ureidos poseen todos la urea en potencia y están caracterizados por la propiedad que tienen de producir esta substancia por hidratación directa y alguna vez por oxidación é hidratación á la vez.

Así es que el ácido úrico puede ser transformado en dos fases sucesivas, en urea y aloxana, y después en urea y ácido mesoxálico ó en los ácidos oxálico y carbónico.

Se cree que los ureidos responden á una ó muchas moléculas de urea, en las cuales los radicales de ácidos diversos ocupan el lugar de un cierto número de átomos de hidrógeno.

Los ureidos se retiran de los tejidos y principalmente de las excreciones animales; pero se encuentra alguno de sus representantes, entre otros el ácido úrico en los jugos vegetales.

Siendo este ácido el tipo de los cuerpos de esta importante familia, añadiremos á lo que de él tenemos dicho, algunos sencillos detalles.

Ácido úrico. — Encuéntrase frecuentemente en estado de urato

ácido en las orinas aun normales; bajo la forma de uratro neutro en la sangre y alguna vez en los tejidos. Desaparece en parte por un ejercicio moderado y aumenta, por el contrario, por la fatiga, la fiebre, el uso del café y del chocolate, como también en el curso de ciertas afecciones, del reumatismo y los accesos de gota en particular.

Las relaciones entre el ácido úrico y la urea son evidentes. Ya hemos demostrado anteriormente como por su hidratación acompañada de oxidación, el ácido úrico da sucesivamente dos moléculas de urea y una molécula de ácido mesoxálico, el cual produce al oxidarse ácido oxálico y ácido carbónico. El uno es eliminado por las orinas, el otro por el pulmón.

El ácido oxálico se oxida á su vez en totalidad ó en parte.

El ácido hipúrico puede desaparecer también sin que la urea ó sus elementos se separen inmediatamente de su molécula. La prueba nos es dada por la manera como se conduce con ciertos reactivos oxidantes. Hervido con el bióxido de plomo y el agua da la alantoina que se destruye por hidratación, desdoblándose en urea y ácidos oxálico y acético.

Este ejemplo sirve para demostrar á la vez las relaciones reales y teóricas de ureidos naturales entre sí, y la manera según la cual pueden perder su nitrógeno bajo la forma de urea y después su carbono y su hidrógeno bajo la forma de ácidos diversos, dispuestos á desaparecer por una oxidación más avanzada.

Si esta oxidación y esta hidratación simultáneas de los derivados úricos llegan á ser detenidas, estos derivados se acumulan en los tejidos, pasan á las orinas en cantidad superabundante, sobre todo en la fiebre, en los accesos de gota ó de reumatismo, en los sujetos que se alimentan con exceso, y que, por consiguiente, rebajan su coeficiente de oxidación general, aumentando la cantidad de materiales que se han de desasimilar.

Acaso sucede lo mismo en la detención de las oxidaciones, provocada por la presencia del fósforo de las nucleínas. De aquí podría resultar la transformación de los derivados albuminoides de los núcleos de las células en compuestos xánticos y úricos.

La formación del ácido úrico parece relacionada con el estado de las funciones de la piel y del hígado. En las aves, cuya piel funciona poco, ó mal, estando protegida por las plumas, el ácido úrico es casi el único producto de desasimilación del nitrógeno albuminoide. Mucho mejor, si se llega á dar urea á estos animales, esta substancia aparece en los excrementos de aquéllos, y en sus orinas, casi exclusivamente en el estado de ácido úrico. Es preciso, por tanto, que exista, al menos en las aves, un proceso sintético que transforme la urea en ureidos.

Pero sabemos que Horbaczewski ha hecho directamente la síntesis del ácido úrico, deshidratando una mezcla de urea y de amido tricloroacético. Se comprende que la economía pueda realizar la

misma síntesis, partiendo de la urea y del ácido láctico, ó mejor, del ácido tartrónico, producto de oxidación del ácido sarcoláctico y de la glucosa, dos substancias que se forman abundantemente en el organismo, particularmente en los músculos y en el hígado, como ya hemos visto.

En cuanto á las relaciones que existen entre la producción del ácido úrico de los ureidos y las funciones del hígado, han sido perfectamente establecidas por varios fisiólogos. La sangre que se hace pasar, en estado fresco, al hígado de un animal que acaba de ser sacrificado, se carga de ácido úrico. Minkowski ha demostrado que si se quita la glándula hepática á las ocas, animales que pueden vivir algún tiempo sin este órgano, su secreción urinaria no contiene sino apenas un 2 ó 3 por 100 de ácido úrico, cuando esta misma orina contenía antes 50 á 60 por 100.

Al mismo tiempo el amoniaco y el ácido láctico aumentan muy notablemente en sus excreciones. En la cirrosis y la atrofia agudas del hígado, en el hombre, el amoniaco y el ácido láctico llegan á ser también muy abundantes en las orinas.

Aun es preciso notar que donde principalmente se produce la urea es en el hígado, saliendo sin duda de las combinaciones más complejas, como los ureidos, gracias al trabajo de las células-hepáticas. Si su funcionamiento es mediano, como en la ictericia y en las congestiones hepáticas, se ven aparecer los depósitos uráticos en los tejidos y las orinas. Si, por el contrario, los ureidos llegan á desdoblarse activamente por hidratación, la urea se produce al mismo tiempo que el ácido láctico y la glucocola, principios que permiten reproducir el ácido úrico *in vitro*.

Todos los demás ureidos del organismo casi carecen de importancia. La alantoina, la oxalana y algunas otras substancias pertenecientes al grupo de los ureidos son casi en su totalidad transformados en urea y ácidos ternarios no nitrogenados, por simples desdoblamientos hidrolíticos.

Eliminación de los productos celulares no nitrogenados. — Cuanto acabamos de decir con relación al mecanismo de la nutrición nos conduce á los resultados siguientes:

1.º Al contrario de lo que sucede en los organismos inferiores, microbios, fermentos figurados de naturaleza vegetal que con las sales amoniacales, con substancias ternarias y algunas sales de cal, de potasa, de sosa y de magnesia, pueden nutrirse y formar directamente las materias protoplasmáticas albuminoides, la célula animal tiene necesidad para alimentarse y funcionar, de substancias albuminoides ya fabricadas.

Puede transformarlas, unirlas entre ellas y sus derivados, como también á ciertas sales minerales; pero no puede producirlas directamente, partiendo de las sales amoniacales, de la urea ó de los cuerpos amidados más simples.

2.º Cuatro especies de substancias contribuyen á la nutrición

normal de los tejidos animales: las substancias proteicas, los azúcares, las grasas, las materias minerales. Dejando á un lado las substancias inorgánicas, siempre necesarias, es preciso para que la nutrición se realice en las condiciones más favorables, dar al animal á la vez hidratos de carbono, principios grasos y substancias albuminoides. Pero estas últimas son las únicamente indispensables, puesto que pueden transformarse en el organismo, perdiendo su nitrógeno y sin intervención del oxígeno, en azúcares y cuerpos grasos.

3.º En el curso de su eliminación, el nitrógeno de las substancias proteicas pasa por una serie de combinaciones cada vez menos complejas. Una parte se cambia en urea; otra es fijada en la molécula de tirosina que la hidratación separa del edificio albuminoide; otra, y esta es la principal, se encuentra enlazada con los amidos complejos que se forman en el primer desdoblamiento fermentativo de los albuminoides.

Estos amidos, desdoblándose á su vez por hidratación, con ó sin pérdida de ácido carbónico, dan origen á una serie de compuestos ternarios, ácidos ó neutros, no nitrogenados, por una parte; por otra originan un gran número de substancias que arrebatan el nitrógeno en diferentes estados; ácidos amidados, leucomainas nervínicas, creatínicas, xánticas; cuerpos de la serie úrica, etc., substancias destinadas bien á eliminarse directamente, con ó sin oxidación, bien á desdoblarse en cuerpos ternarios y urea, que escapa por los riñones.

4.º Las materias ternarias no nitrogenadas, azúcares, grasas, ácidos grasos, ácidos de las series láctica y oxálica, directamente aportados por la alimentación, ó procedentes de los desdoblamientos de los albuminoides, experimentan á su vez transformaciones ulteriores, en las cuales interviene generalmente el oxígeno.

Se acaba de ver que el ácido láctico ó sus derivados inmediatos pueden, uniéndose á la urea, formar por hidratación, ácido úrico. Pero más generalmente las materias ternarias se simplifican, quemándose por grados en la sangre, ó bien en la periferia de las células que las han producido ó almacenado. De esta manera se desprenden de la mayor parte de su energía, que de latente se convierte en eficaz, gracias á esta combustión. El animal dispone de ella para obrar, producir trabajo y sostener su calor interior.

Ahora vamos á examinar rápidamente la función de estos diversos compuestos ternarios.

Hidratos de carbono. — Ya sabemos que proceden, ó bien de la alimentación, ó bien de la desasimilación de los albuminoides. También hemos visto que en la célula hepática los albuminoides dejan, entre otros productos de desdoblamiento, el glucógeno, que puede á su vez, gracias á un fermento especial, cambiarse en glucosa.

Las peptonas que se inyectan en la vena porta, dan azúcar al atravesar el hígado recientemente extirpado.

También se ha comprobado directamente que la inyección de los ácidos amidados, de glucocola, de asparagina y aun de sales amoniacales de ácidos orgánicos, acelera la formación del glucógeno, mientras que el nitrógeno de estas sustancias se encuentra casi completamente en la orina en estado de urea.

La glucocola resultante de la desasimilación de los albuminoides, puede cambiarse en las células del hígado en glucosa.

La producción de la glucosa y del glucógeno á expensas de los albuminoides no es especial del hígado.

Este fenómeno es peculiar á todas las células del organismo, por lo menos teniendo en cuenta el hecho de que la glucosa formada es apta, ulterior ó inmediatamente, para cambiarse bajo la influencia de un fermento especial, en ácido carbónico y cuerpo graso.

El glucógeno y sus isómeros ó polímeros se producen y se depositan, en efecto, en muchas de las células del organismo. Así sucede en el músculo en reposo, en el cual se deposita el glucógeno, que desaparece en el período de actividad. Es probable que la inosita muscular tenga el mismo origen albuminoide. En este caso no es posible hacer intervenir el hígado y admitir que formado en este órgano, el glucógeno vaya á depositarse, localizándose en seguida, en los tejidos musculares; porque este hidrato de carbono se reproduce en el músculo de las ranas que han sido privadas de la glándula hepática.

Encuéntranse también granulaciones glucogénicas en los infusorios dotados de hígado ó de alguna glándula semejante. Según Carter, existiría almidón animal en el bazo y en el riñón; según Rouget, en los epitelios de la placenta, en la joven célula epidérmica. Se encuentra también en la yema de huevo, donde poco á poco se cambia en azúcar.

La tunicina, verdadera celulosa animal, ha sido encontrada en el caparazón de los tunicados, y la misma chitina, verdadero amido glucósico, colocado en el límite de la familia de los azúcares amidados y de los amidos más complejos directamente derivados de los albuminoides, se forma en las células de la cubierta de los articulados, por un mecanismo análogo, según el cual la condrosina y la glucosamina derivan del condromucoide del cartilago.

Se ve, pues, que la formación de los hidratos de carbono en la economía á expensas de la desintegración de los albuminoides y fuera de las células del hígado, es un hecho muy general.

Bien sea que estos hidratos de carbono se formen en nuestras células gracias á un desdoblamiento de las materias albuminoides, bien sea que la alimentación los dé directamente, cualquiera que sea su origen, están destinados á desaparecer. Representan las provisiones de calor y de energía latentes de las cuales disponen las células inmediatamente. Esta desaparición se verifica en condiciones que conviene analizar:

- 1.º Una cierta cantidad de glucosa procedente de la hidrata-

ción del glucógeno, ó traída por la alimentación, desaparece en la misma sangre. Gradualmente es oxidada y transformada en productos cada vez más simples. Un kilogramo de sangre de perro extravasada hace desaparecer en veinticuatro horas, á 38°, hasta 8 gramos de glucosa, gracias á un fermento especial, el fermento glucolítico.

Este fenómeno se acentúa principalmente durante el trabajo muscular, donde la glucosa quemada en los capilares sanguíneos que atraviesan el músculo produce en mayor cantidad la energía mecánica desarrollada por la fibra estriada en el momento del trabajo.

2.º Al mismo tiempo el glucógeno y los azúcares musculares ó la glucosa, son transformados parcial ó totalmente en ácido láctico que se encuentra en el músculo fatigado: acaso son también cambiados parcialmente en ácido carbónico y en alcohol, substancia de la cual se encuentran siempre vestigios en el músculo normal, pero que parece se destruye por una oxidación más avanzada.

Esta desaparición del azúcar muscular durante la contracción de la fibra estriada, corresponde á un fenómeno químico notable; mientras que el músculo se distiende, de reductor que era se convierte en oxidante.

Es bien fácil asegurarse de este hecho. Póngase durante la vida una aguja de hierro bien limpia en una masa muscular y se observará que conserva su brillo mientras que los músculos permanezcan en reposo; provóquese la contracción y la aguja se oxidará en seguida.

En este músculo que se convierte en oxidante durante el trabajo, desaparecerán más fácilmente el glucógeno, la glucosa y la inosita.

Pero la mayor parte de los hidratos de carbono procedentes de la alimentación, ó formados en las células, experimenta durante el reposo una verdadera fermentación que tiene por efecto cambiarlos en grasas.

Si á un hombre se le hace tomar una comida compuesta únicamente de materias amiláceas y de azúcar, se observa que exhala por los pulmones, una ó dos horas después de la comida, una enorme cantidad de ácido carbónico que no corresponde á un aumento proporcional del oxígeno absorbido en el mismo tiempo.

Se explica este fenómeno sabiendo que en las células del organismo del hombre, y especialmente en su tejido adiposo, se producen entonces fermentaciones del azúcar que tienen por resultado la transformación de éste en grasas y en ácido carbónico.

Los cuerpos grasos así formados se almacenan en parte en las células del tejido adiposo, y el agua del ácido carbónico es excretada por los riñones y el pulmón.

Los experimentos relativos al engrasamiento de las ocas, de los perros y de los puercos han establecido que el 70 ó el 80 por ciento de la grasa que se forma cuando se alimenta á esos animales espe-

cialmente con materias amiláceas, proviene del desdoblamiento de sus alimentos hidrocarbonados.

3.º Por último, es probable que una parte del azúcar de la economía desaparece en ciertas células por consecuencia de fenómenos fermentativos comparables á los que suceden con los diversos fermentos figurados, en el estado de ácidos láctico, butírico, y acaso succínico, glucocólico y oxálico. Se encuentran en efecto en la economía, sea en el estado libre, sea ligado en diversas combinaciones, como en los ureidos por ejemplo, estos diversos ácidos que pueden normalmente derivar del azúcar.

Cuerpos grasos. — Además de los que nos proporciona la alimentación, acabamos de ver como una parte notable de los cuerpos grasos se deriva directamente de los azúcares é indirectamente de los albuminoides. No se puede dudar de la producción de las grasas á expensas de estas últimas sustancias. Sometiendo los perros al régimen continuo de la carne desgrasada se ha podido observar que continúan produciendo en abundancia é indefinidamente la leche y la manteca, y que esta última disminuirá reemplazando la carne por los hidratos de carbono.

En los animales una parte muy pequeña de los cuerpos grasos es eliminada por la defecación, la piel y los epitelios.

Las grasas son rápidamente consumidas bajo la influencia del ejercicio ó de la enfermedad. Aun antes de desaparecer experimentan probablemente una verdadera saponificación, gracias á una diastasa análoga al fermento saponificador del páncreas. Esta tiene por efecto, hidratando los ácidos grasos, transformarlos en glicerina. Estos encuentran en la sangre un medio alcalino que los disuelve lentamente y el oxígeno que los oxida. Se encuentra de hecho en la sangre y los tejidos, bien los ácidos grasos procedentes de esta oxidación gradual, bien los jabones alcalinos correspondientes.

Al presente aun no son bien conocidos los productos de oxidación intermediarios entre las grasas de una parte, el ácido carbónico y el agua que se derivan con oxidación total, por otra parte. Se supone solamente que los ácidos succínico, mesoxálico y oxálico, así como los ácidos homólogos del ácido esteárico se producen en el curso de la oxidación gradual de los ácidos grasos.

Cuerpos aromáticos. — Casi todas las sustancias albuminoides dan al desdoblarse por hidratación una cierta cantidad de tirosina. Otras, en muy pequeño número, dejan en lugar de esta sustancia, los fenoles amidados, y acaso cuerpos pertenecientes á las series pícrica ó quinoleica.

Consecuencias. — La vida pasa de unos á otros seres y de célula en célula gracias á la transmisión de sustancias específicas que llevan en sí mismas las formas orgánicas, la estructura de donde se derivan las funciones elementales.

El funcionamiento regular que conserva el individuo y perpetúa

la especie consiste en una serie de actos sinérgicos y ordenados, á los cuales concurre el funcionamiento de cada célula. Pero cada una de ellas es autónoma, y según su naturaleza asimila la materia nutritiva haciéndola entrar en el molde de su constitución específica.

Nosotros ignoramos la causa de esta especificidad que diferencia cada especie de células. Sabemos solamente que las partes que ordenan, regularizan y especializan su funcionamiento son el núcleo y el protoplasma, compuestos esencialmente de materiales albuminoides específicos, asociados en los protoplasmas y todavía más particularmente en las plastidulas, en formas propias á cada serie de células.

Las células animales no producen todas las materias albuminoides de su protoplasma; solamente transforman aquellas que reciben, ó sus derivados más inmediatos, en nuevos albuminoides, gracias á desdoblamientos y á síntesis á los cuales concurren los materiales más simples, fabricados durante la digestión ó en las otras células.

En el protoplasma que funciona, las sustancias proteicas fundamentales se desasimilan principalmente por hidratación, en medio reductor y al abrigo de toda intervención del oxígeno. De aquí resulta la formación de sustancias nitrogenadas nuevas, que por simplificaciones sucesivas, anaerobias, dan la urea, los hidratos de carbono y los cuerpos grasos.

Entre las sustancias albuminoides iniciales y la urea, sustancia inerte, forma definitiva bajo la cual son eliminados próximamente los $\frac{14}{15}$ del nitrógeno total resultante de esta desasimilación, se escalonan una serie de compuestos intermediarios nitrogenados.

Los más complejos son los fermentos todavía albuminoides y dotados de una grande actividad específica; después los cuerpos amidados, cada vez menos complejos, las diversas leucomainas y por último los ureidos que preceden inmediatamente á la formación de la urea. Muchas de estas sustancias son directamente eliminadas por las orinas y la bilis, y otras sirven para las síntesis pasajeras ó desempeñan el papel de excitadoras.

Los materiales ternarios que se forman correlativamente á la producción de la urea y de los otros cuerpos nitrogenados en la desasimilación de las sustancias proteicas, se eliminan en seguida gracias á una serie de fermentaciones y de oxidaciones sucesivas.

Los azúcares se queman ó se cambian en grasas perdiendo directamente ácido carbónico: los cuerpos grasos se saponifican y después se oxidan gradualmente. De esta manera la economía saca de la combustión de los azúcares, de los cuerpos grasos y de los otros materiales ternarios la mayor parte, no la totalidad, de la energía mecánica y calorífica de que dispone.

Gracias á la organización que se transmite de un ser á otro, la célula regula las diferentes transformaciones que en ella se origi-

nan. Los fenómenos químicos que excita le dan la energía que ella ordena y distribuye.

La organización es la causa determinante y directa de los actos físico-químicos que se suceden en el ser viviente, y tienden hacia un objeto común: la conservación de la célula, del individuo y de la especie.

CAPÍTULO XXXIV

Orígenes de calor y de energía. — Vida de los plasmas. — Influencia del medio exterior — Origen de las energías. — Teoremas fundamentales. — Leyes térmicas. — Principio de la equivalencia calorífica en las transformaciones químicas. — Trabajo máximo. — Combinaciones exotérmicas. — Orígenes absolutos de la energía. — Composición de los principales alimentos. — Energía calorífica correspondiente al consumo de los alimentos. — Calor correspondiente á las transformaciones isoméricas y á los desdoblamientos moleculares.

BIBLIOGRAFÍA. — Berthelot: *Essai de mécanique*. — A. Gautier: *Chim. biol.* — Engel: *Chim. méd.*

Origen de la energía orgánica. — Al observar los movimientos, los cambios de estado en los seres organizados, ocurre, naturalmente, la idea de buscar la causa que origina las energías productoras del movimiento que es la vida.

En todos los seres vivos aparecen desde luego dos factores productores de esta fuerza: es el primero el estado de organización transmitido á la materia por los generadores que han procreado cada organismo. Es el segundo el estado de funcionamiento de este mismo organismo, cuya energía producida primitivamente por el medio exterior, varía constantemente de formas según la naturaleza química y la organización de la substancia que funciona.

Vida de los plasmas. — Ya sabemos que la organización y la vida existen hasta en la parte más pequeña de todo protoplasma, procediendo del modo de agregación de los principios constitutivos, así como el funcionamiento se deriva de las funciones específicas de las moléculas químicas integrantes.

La vida de los órganos que preside una función general, es más difícil de explicar. Cada uno de los tejidos que los componen concurre con todas sus aptitudes específicas al funcionamiento de estos órganos; pero un regulador exterior al instrumento directo de la función, preside á la sucesión de los actos de la proporción, según los cuales cada tejido concurre al funcionamiento general.

Este regulador es el sistema nervioso que distribuye la sangre y el oxígeno, la excitación y la calma de las acciones químicas.

Este agente mide para los tejidos sus materiales nutritivos, haciendo circular las excreciones según el plan del sistema ordenador.

El sistema nervioso es el que regula cada función, así como las relaciones de ésta con las demás, siendo por tanto el regulador de la vida general, constituyendo de esta manera el punto de partida

de la vida individual en cuanto sostiene la armonía del funcionamiento de cada una de las partes indispensables para la existencia y funcionamiento del ser personal.

La célula nerviosa debe ser considerada con respecto al conjunto de cada individuo, como el núcleo es considerado con respecto á la totalidad de la célula. La organización del tejido nervioso es el principio que dirige la vida general, así como el núcleo de la célula es el principio de su funcionamiento particular.

Seguramente en esta organización del tejido nervioso transmitida por la materia de la generación es donde reside la misteriosa causa de la organización general y de la vida individual.

Bien se trate de la vida de conjunto ó de la vida de la célula aislada, del funcionamiento del protoplasma ó de los fenómenos resultantes de la constitución de sus moléculas integrantes, hay que admitir que la vida consiste en una serie ordenada de transformaciones de la energía química, física ó mecánica.

La planta y el animal no crean ni destruyen parte alguna de esta energía, sino que cada uno de sus organismos la transforma y la dirige en un orden determinado por el organismo que constituye la razón de ser de su conservación.

Influencia del medio exterior. — El medio exterior proporciona al ser viviente toda esta energía, sea en la forma actual de movimiento, de calor, de electricidad, etc., sea bajo la forma latente, potencial ó química, como existe en los alimentos y en el oxígeno libre.

Las transformaciones que experimenta la energía están sometidas á dos condiciones absolutas:

- 1.^a La cantidad de energía total permanece siempre invariable;
- 2.^a Las transformaciones que la energía experimenta, están subordinadas á las condiciones y á las leyes comunes de la equivalencia de las fuerzas materiales.

Hagamos esta teoría más visible por medio de un ejemplo.

Cuando 1 gramo de albúmina se oxida en uno de nuestros tejidos, absorberá, como sucede en un vaso inerte, 1'7 de oxígeno para formar 1'65 de ácido carbónico, 0'411 de agua y 0'39 de urea, ó su equivalente en sales amoniacales.

Este gramo de albúmina, cualquiera que sea la célula en que se realice esta combustión, cualquiera que sea el mecanismo que dé lugar á las reacciones intermediarias, desprenderá 4'857 calorías, es decir, la cantidad de calor que produciría esta misma cantidad de albúmina por su combustión viva y total en el calorímetro, disminuida en la cantidad de calor que correspondería á la combustión de 0'39 gramos de urea formada.

Si en el curso de esta transformación no encontramos solamente calor producido, sino también trabajo efectuado, la energía hecha actual de esta manera podrá permitir al animal desarrollar, como en nuestras máquinas ordinarias, tantas veces 426 kilográmetros

como calorías desaparecidas, sobre las 4857 calorías que corresponden á la transformación de 1 gramo de albúmina en agua, ácido carbónico y urea.

El calor desarrollado en un ser vivo durante un período cualquiera de su existencia realizada sin la cooperación de ninguna energía ajena á sus alimentos, es igual al calor producido por las metamorfosis químicas de los principios inmediatos de sus tejidos y de sus alimentos, disminuida en el calor absorbido por los trabajos exteriores efectuados por el ser viviente.

Resulta de aquí que en la conservación de la vida no se consume energía alguna que le sea propia. La naturaleza de las transformaciones intermediarias no desempeña papel alguno en el cálculo de la energía necesaria para su conservación, con tal que los estados inicial y final del ser viviente y de las materias que asimila sean exactamente conocidos.

Origen de las energías. — El conjunto de energías gastadas en un tiempo dado por una planta ó por un animal para su funcionamiento interior, prescindiendo de toda acción de energía extraña, equivale, según las leyes ordinarias de la equivalencia de las fuerzas, al calor que sería producido en el calorímetro por la suma de las transformaciones químicas experimentadas en este mismo tiempo por los principios inmediatos de los tejidos y alimentos de este ser, disminuida en el equivalente calórico de los trabajos exteriores efectuados en el curso de este período.

En el gasto de energía debe comprenderse la producción de calor sensible que mantiene más ó menos constante la temperatura del ser viviente, pero que no puede ser considerada como reversible en trabajo, ni utilizable de otra manera para su funcionamiento.

Si conviene expresar en calor, según las leyes de la equivalencia de las fuerzas materiales, toda producción de energía sensible, debida al funcionamiento del animal, se podrá calcular prácticamente esta energía actual ó disponible, teniendo presente que el calor desarrollado por un ser viviente que no efectúa trabajo exterior alguno durante un período dado de su existencia, realizado sin la ayuda de energía alguna que no sea la de los alimentos, es igual á la diferencia entre el calor de formación de los principios inmediatos de sus alimentos y de sus tejidos reunidos al principio del período de que se trata, y los calores de formación de los principios inmediatos de sus tejidos y de sus excreciones al fin del mismo período.

El calor animal ó la energía correspondiente disponible, no puede ser atribuído solamente á las combustiones intraorgánicas, como durante mucho tiempo se ha creído.

Las hidrataciones, deshidrataciones, desdoblamientos, fermentaciones, cambios isoméricos, absorben ó desprenden calor ó energía que pueden medirse exactamente si se conoce el estado inicial y el

estado final del animal, así como las cantidades de calor producidas por la combustión total de los principios inmediatos que componen los dos sistemas antes y después de que se realicen estas transformaciones.

A este propósito conviene recordar el siguiente principio general: El calor de formación de un cuerpo es igual al calor de combustión total de los elementos de este cuerpo si fuesen quemados separadamente, disminuído en el calor de combustión de este cuerpo en el calorímetro.

Esta igualdad permite aplicar siempre la teoría que dejamos consignada, puesto que se conoce el calor de combustión de cada elemento simple, y teniendo en cuenta que el calor de combustión de la mayor parte de los principios inmediatos de nuestros tejidos, ha sido también medido, según vamos á ver.

El calor desarrollado por un ser viviente que no recibe el concurso de ninguna energía extraña á la de sus alimentos y no efectúa ningún trabajo durante un periodo, al fin del cual el ser se encuentra idéntico á lo que era al principio, es igual á la diferencia entre los calores de formación de sus alimentos (el oxígeno y el agua, comprendidos bajo esta denominación), y el de sus excreciones, comprendiendo el agua y el ácido carbónico.

Si el animal ha producido trabajo exterior en el curso de este periodo, la cantidad de calor aparecida disminuirá proporcionalmente al equivalente del trabajo realizado.

Teoremas fundamentales. — Los dos teoremas siguientes relativos á las oxidaciones, tienen incesantes aplicaciones, así en química pura como en química biológica.

1.º La oxidación total de un principio inmediato por medio del oxígeno libre, esto es, su transformación integral en agua y ácido carbónico, produce una cantidad de calor igual á la diferencia entre el calor de combustión de sus elementos y su propio calor de formación con los mismos elementos.

2.º La oxidación incompleta de un principio inmediato por el oxígeno libre, desprende una cantidad de calor igual á la diferencia entre el calor de la combustión total de este principio y el de los productos actuales de su transformación.

Síguese de estos principios que una misma cantidad de oxígeno, según que se fije sobre tal ó cual principio, tejido ó alimento, y según los transforme en nuevas substancias, podrá dar también diferentes cantidades de calor.

Síguese también de aquí, que dos especies animales que se alimenten diferentemente, podrán, absorbiendo la misma cantidad de oxígeno y produciendo la misma cantidad de agua, de ácido carbónico y urea, dar cantidades de calor y producir cantidades de calor diferentes ó iguales.

Por último, es conveniente observar que el oxígeno unido en la sangre á la hemoglobina no producirá exactamente en los tejidos

la misma cantidad de calor para hacer pasar al organismo de un estado inicial determinado á un mismo estado final, como si este oxígeno hubiera estado libre. Pero la cantidad total de calor producido permanece invariable si se considera todo el cuerpo entero. El calor perdido por el desdoblamiento de la oxihemoglobina, cuando ésta obra como oxidante sobre los tejidos, es exactamente compensado por el calor ganado por la sangre durante la formación de esta oxihemoglobina en el pulmón.

Terminaremos por último estas consideraciones relativas al origen y á la medida de la energía principalmente en los animales, insertando un teorema importante y general que se refiere inmediata y directamente á los desdoblamientos moleculares.

Teorema: Cuando un principio orgánico se desdobra en dos otras sustancias, ó en un número mayor, el calor desprendido ó absorbido es igual á la diferencia entre el calor de formación de los productos formados y el del principio inicial.

De este modo el desdoblamiento de la glucosa en alcohol y ácido carbónico, bajo la influencia de la levadura de cerveza, en el músculo, ó por cualquier otro agente, desprenderá 71 calorías por cada 180 gramos.

Este ejemplo demuestra cuán importantes son las fuentes de calor independientes de toda oxidación, y que proceden de simples desdoblamientos. Este mecanismo notable proporciona principalmente la energía utilizada por el funcionamiento anaerobio.

Leyes térmicas. — Las leyes que se deducen de los fenómenos térmicos que acompañan á las combinaciones y desdoblamientos químicos, han sido formuladas por M. Berthelot de la manera siguiente:

1.^a La cantidad de calor desprendido en una reacción cualquiera es la medida de la suma de trabajos químicos y físicos realizados en dicha reacción. Esta ley da la medida de las afinidades químicas.

Definiese comúnmente la afinidad química diciendo que es la propiedad que poseen los átomos de unirse entre sí para formar las moléculas.

Es sabido que algunos cuerpos se unen más fácilmente á unos que á otros, á cuya propiedad se ha dado también el nombre de afinidad electiva. Pero el estudio detenido de los trabajos moleculares permite precisar el sentido de esta denominación. Si ponemos el uno frente al otro dos cuerpos capaces de combinarse, como el hidrógeno y el cloro, la afinidad del primero para con el segundo está representada por la energía potencial que posee el sistema, la cual se convierte en actual al verificarse la combinación, haciéndose sensible bajo la forma de calor y pudiendo ser exactamente determinada.

Un gramo de hidrógeno y 35.5 gramos de cloro producen al combinarse el ácido clorhídrico dando 22 calorías. El compuesto

formado, ocupa un volumen igual á la suma de los volúmenes de los componentes, y el trabajo físico en este caso es nulo. Las 22 calorías desprendidas en la combinación, dan en calor la energía actual, que procede de la acción química, cuyo calor es equivalente del trabajo químico que se ha verificado.

Resulta también del principio de los trabajos moleculares, que la cantidad de calor procedente de las reacciones químicas, está íntimamente relacionada con el estado de los cuerpos y sujeta también á las variaciones de temperatura, presión, etc. Así se observa que 2 gramos de hidrógeno se combinan con 16 de oxígeno á la temperatura ordinaria; pero si ésta varía, el agua puede pasar á los estados sólido ó gaseoso.

En el primer caso y siendo constante la presión y la temperatura de 100 grados, se desprenden 58'5 calorías elevándose á 69 calorías cuando llega al estado líquido y á 15 grados, llegando por último á 70'4 calorías, en el estado sólido y á 0 grados.

La medida de los trabajos debidos exclusivamente á la acción química debe separarse de la que afecta solamente á los trabajos físicos. Por esta razón, conviene fijarse escrupulosamente en las condiciones físicas en que se realizan las reacciones químicas.

2.^a Principio de la equivalencia calorífica de las transformaciones químicas. — La teoría que anteriormente hemos expuesto sobre la equivalencia calorífica, ha sido condensada por Berthelot en el siguiente teorema: Si un sistema de cuerpos simples ó compuestos, tomado en condiciones determinadas, experimenta cambios físicos ó químicos capaces de llevarle á un nuevo estado, sin dar origen á efectos mecánicos exteriores al sistema, la cantidad de calor desprendido ó absorbido á consecuencia de estos cambios, depende únicamente del estado inicial y final del sistema y siempre es la misma, cualquiera que sea la naturaleza y serie de los estados intermediarios.

Así es que el carbono que cristalizando constituye el diamante, se quema en el aire combinándose con el oxígeno. Pero de esta combinación pueden resultar dos cuerpos: el ácido carbónico y el óxido de carbono, que contiene menos oxígeno que el primero. La transformación del carbono en estado de diamante, en ácido carbónico, puede realizarse de dos maneras; combinándose directamente al arder en un exceso de oxígeno, dará $C + O^2 = CO^2$, cuya reacción para 12 gramos de carbono y 32 de oxígeno, nos dará 74 calorías.

La formación del óxido de carbono da 25'8 calorías, y la combustión de éste 68'2; luego la suma de estos dos valores, 25'8 más 68'2, igual 94, nos dará exactamente la cantidad de calor desprendido en la formación del ácido carbónico.

Conociendo dos de las tres cantidades anteriores, puede deducirse la tercera, según dejamos indicado en las páginas anteriores. Berthelot, tantas veces citado, formula estos hechos de la manera

siguiente: Si se verifican dos series de transformaciones, á partir del mismo estado inicial para llegar á dos estados finales diferentes, las diferencias entre las cantidades de calor desprendido ó absorbido en ambos casos da precisamente la cantidad desprendida ó absorbida cuando se pase de uno de dichos estados finales al otro.

El principio de equivalencia calorífica de las transformaciones químicas hace constar además que el calor absorbido en la descomposición de un cuerpo compuesto es exactamente igual al que quedó libre al formarse, siempre que el estado inicial y final del sistema sean idénticos.

En la combinación de 35'5 gramos de cloro con 1 gramo de hidrógeno se desprenden 22 calorías; por consiguiente, para descomponer 36'5 gramos de ácido clorhídrico y volver sus componentes á su estado primitivo, serán necesarias 22 calorías ó el trabajo mecánico correspondiente á las mismas.

3.^a Trabajo máximo. — La ley que preside á esta determinación puede fijarse de la manera siguiente: todo cambio químico realizado sin la intervención de una energía extraña, tiende hacia la producción del cuerpo ó sistema de cuerpos que desprenden más calor.

Según este principio, refiere la previsión de los fenómenos químicos á la noción mecánica del trabajo máximo que se realiza constantemente por las acciones moleculares. Para mejor comprenderlo, conviene fijar previamente las condiciones generales que presiden á las combinaciones, descomposiciones y desdoblamientos químicos.

Combinaciones exotérmicas. — Ya hemos visto que el cloro y el hidrógeno desprenden en el momento de combinarse 22 calorías, y esta combinación verificada con desprendimiento de calor se llama exotérmica. Las combinaciones exotérmicas deben ser consideradas en principio como producto de la sola energía de sus elementos, sin el concurso de un trabajo extraño. Los componentes al hallarse en presencia unos de otros poseen efectivamente cierta energía potencial y se forma el compuesto en virtud de un trabajo positivo de afinidades. Esto es, se verifica una pérdida de energía pasando de los primeros al segundo.

Orígenes absolutos de la energía. — Según los hechos y principios que acabamos de exponer, puede calcularse la cantidad de energía calorífica ó dinámica desarrollada ó gastada por el ser viviente, conociendo la naturaleza de los principios constitutivos consumidos en el período que se estudia, y además las cantidades de calor correspondientes á sus transformaciones reales, esto es, las que resultan del funcionamiento de la economía en este período.

Pudiéndose determinar la composición de los órganos antes y después de un período de actividad y la de los alimentos ingeridos en este tiempo, puede calcularse la energía disponible y comprobar la equivalencia de las transformaciones sucesivas de la energía en

un ser que funciona. Cuando un animal en estado de salud no ha variado de peso, puede admitirse que la composición en principios inmediatos diversos de sus tejidos y humores no ha cambiado durante este período y es posible hacer la comprobación de las modificaciones de energía potencial y actual que corresponden á tal alimentación y trabajo. Podremos, por consiguiente, verificar este cálculo con tal de que previamente hagamos conocer la composición de los principales alimentos y el valor de la energía que corresponde á la concentración de cada uno de sus principios.

Composición de los principales alimentos. — Los principios que entran en la composición de los alimentos considerados desde el punto de vista de las cantidades de calor que dan por su combustión, se dividen en principios proteicos, cuerpos grasos, hidratos de carbono, agua y materias minerales. A continuación y utilizando trabajos de Boussingault, Hammarsten, Moleschott y algunos otros, damos en la siguiente tabla la composición en principios inmediatos de los principales alimentos usuales:

Composición de los alimentos usuales referida á 100 partes de substancia fresca

NOMBRE DE LOS ALIMENTOS	Agua	Albu-	Gra-	Hidra-	Sales	Desechos	Relaciones		
		minoi-	sas	tos de			entre los pesos de		
		des		car-			A	B	C
		A	B	bono					
				C					
MATERIAS ANIMALES									
<i>Carnes y alimentos extraídos de animales de sangre caliente</i>									
Mamíferos en general.	{ 730 á 780	{ 170 á 200	{ 40 á 50	{ 4 á 5	9 á 14	»	1	0'57	0'024
Buey.	672	210	120	»	15	»	1	0'58	0'019
Ternera.	720	198	82	»	13	»	1	0'41	»
Buey engordado.	640	183	166	»	11	»	1	0'9	»
Cerdo.	783	200	»	»	»	»	1	»	»
Buey asado.	699	229	51'9	»	10'5	»	1	0'23	»
Liebre.	744	233	11	»	12	»	1	0'05	»
Jamón ahumado.	270	250	365	»	100	»	1	1'4	»
Cerdo salado y ahumado.	130	100	660	»	40	»	1	6'6	»
Buey salado.	550	218	115	»	117	»	1	0'53	»
Aves en general.	{ 714 á 773	{ 150 á 210	{ »	»	10 á 19	»	1	»	»
Gallina engordada.	701	195	93	»	11	»	1	0'48	»
Pollo ordinario.	773	207	»	»	»	»	»	»	»
Perdiz.	719	253	14	»	14	»	1	0'06	»
Caza.	711	246	31	»	12	»	1	0'13	»
Sangre.	807	182	2	»	9	»	1	0'01	»
Huevos de gallina.	756	122	107	5	40	»	1	0'88	0'03
Sesos.	770	116	103	»	11	»	1	0'89	»
Hígado.	720	130	35	18	14	»	1	0'27	0'01
Clara de huevo.	875	103	7	7	8	»	1	0'07	0'07
Yema de huevo.	520	160	307	»	13	»	1	0'92	»
Leche de vaca.	865	36	40	55	4	»	1	1'11	1'53

NOMBRE DE LOS ALIMENTOS	Agua	Albú- minoi- des A	Gra- sas B	Hidra- tos de car- bono C	Sales	Desechos	Relaciones entre los pesos de		
							A	B	C
Leche de burra	907	17	15'5	58	»	»	1	0'91	3'41
— de mujer	877	19	45	53	1'08	»	1	1'11	2'52
PESCADOS Y BATRACIOS									
Peces en general	740	135	45	»	15	»	1	0'33	»
Anguila de río.	352	89	220	»	6	333	1	2'47	»
Salmón	469	121	67	»	10	333	1	0'56	»
Lenguado	580	145	14	»	11	250	1	0'09	»
Perca.	440	100	2	»	8	450	1	0'02	»
Bacalao.	455	86	1	»	8	450	1	0'01	»
Arenque.	280	140	140	»	100	340	1	1'0	»
Salmón salado	460	200	108	»	132	100	1	0'54	»
Bacalao seco	257	532	4	»	106	100	1	0'01	»
Rana.	804	164	1	»	15	»	1	0'006	»
ALIMENTOS VEGETALES									
Pan de trigo	330	88	10	550	17	5	1	0'11	6'25
— de centeno	400	77	10	480	16	17	1	0'14	6'23
Trigo.	140	146	12	679	16	»	1	0'082	4'68
Centeno.	166	90	20	675	19	»	1	0'22	7'50
Cebada	130	134	28	636	45	»	1	0'21	4'74
Avena	140	119	55	615	30	»	1	0'46	5'17
Maíz.	177	128	70	599	11	»	1	0'54	4'69
Arroz.	144	64	4'3	781	6'8	»	1	0'06	11'90
Garbanzos	145	225	20	575	23	»	1	0'09	2'55
Judías	160	225	20	540	24	»	1	0'09	2'43
Habas	130	220	15	575	25	»	1	0'07	2'61
Lentejas.	115	265	25	580	16	»	1	0'09	2'19
Coliflor	920	5	»	20	7	»	1	»	4'00
Nabos	850	15	2	135	15	»	1	0'14	9'00
Patatas	760	18	15	200	10	»	1	0'09	10'30
Manzanas	820	5	»	80	5	»	1	»	16'00
Cerezas.	750	7	»	150	5	»	1	»	21'40
Uvas.	810	7	»	150	5	»	1	»	21'40
Castañas	537	83'4	8'7	356	15'2	»	1	0'02	0'80
Almendras.	54	242	537	72	29	66	1	2'22	0'30
Cacaó.	55	140	480	180	50	95	1	3'43	1'25
PREPARACIONES ALIMENTICIAS DIVERSAS									
Caldo.	985	6	»	»	3	»	»	»	»
Extracto de carne	152	369	»	120	213	»	1	»	0'326
Grasa de cerdo	7	3	990	»	»	»	1	330	»
Manteca.	119	7	850	7	15	»	1	1'21	1'00
Queso de Gruyere	346	335	250	»	38'5	»	1	0'75	»
— de Parmesan	275	441	159	»	57	»	1	0'36	»
Extracto de carne	217	304	»	»	175	»	1	»	»
Vino rojo de Bordeaux.	830	»	»	83	»	»	»	»	»
— ordinario del Mediodía.	760	»	»	98	»	»	»	»	»
Porter	871	7	»	67	4	»	1	»	9'57
Cerveza ordinaria	881	5	»	70	3	»	1	»	15'00
— ligera	916	7	»	48	2	»	1	»	6'85

(A. Gautier.)

Energía calorífica correspondiente al consumo de los alimentos. — Cada uno de los elementos químicos que componen los alimentos usuales se transforma al atravesar el organismo. Las oxidaciones generales ó parciales, las hidrataciones y desdoblamientos producen ó absorben energía calorífica, dinámica, etc., en la medida necesaria para producir el equilibrio ó el movimiento indispensable para que funcione el organismo individual. El complemento de la energía gastada es tomado de las transformaciones de desasimilación de los mismos tejidos.

Para calcular la energía disponible, según las leyes establecidas en los teoremas precedentes, es indispensable conocer el calor de combustión, de hidratación y de desdoblamiento correspondientes á los cambios que se realizan en el organismo, los principios inmediatos que entran en la composición de los alimentos y en la de los tejidos. Estas cantidades de calor son iguales á las que se miden por medio del calorímetro, con tal de que los estados inicial y final del animal sean los mismos, cualquiera que sea la serie de transformaciones intermediarias por las cuales pasen las materias consumidas, el mecanismo de estas transformaciones y la serie de reacciones intermediarias.

El calor de combustión de los compuestos orgánicos ha de apreciarse teniendo en cuenta que los principios orgánicos se queman en nuestros tejidos principalmente en estado de agua y de ácido carbónico cuando sólo contienen carbono, hidrógeno y oxígeno, y en estado de agua, de ácido carbónico y de urea cuando son nitrogenados.

Las cantidades de calor correspondientes á la combustión total de estos diversos compuestos no nitrogenados, aparecen en la siguiente tabla cuyos números están tomados de un trabajo de M. Berthelot citado por Gautier:

Calor producido por la combustión total de los cuerpos orgánicos no nitrogenados

NOMBRE DE LAS SUBSTANCIAS	Pesos moleculares	Calor de combustión expresado en grandes calorías para el peso molecular	Calor de combustión expresado en grandes calorías para un gramo de materia
ALCOHOLES Y FENOLES			
Alcohol metílico	32	170	5'312
— vínico.	46	324'5	7'054
Alcoholes propílicos	60	478 á 491	7'967 á 8'189
Alcohol butílico de fermentación.	74	633 á 637	8'554 á 8'608
— amílico y sus isómeros.	88	788 á 793	8'954 á 9'011
— etílico	242	2565	10'590
Fenol.	94	736'4 (sólido)	7'834
Glucol	62	283	4'564
Poliglucol y sus isómeros.	76	431 á 436	5'672 á 5'737
Glicerina	92	392'5 (líquido)	4'261
Eritrina	122	502'6	4'119

NOMBRE DE LAS SUBSTANCIA	Pesos moleculares	Calor de combustión expresado en grandes calorías para el peso molecular	Calor de combustión expresado en grandes calorías para un gramo de materia
Manita	182	728'5	4'003
Glucosa y sus isómeros	180	673	3'739
Inosita	180	666'5	3'702
Quercita.	164	709'8	4'328
Arabinosa	150	559	3'726
Almidón.	162	684	4'227
Inulina	162	678	4'184
Dextrina.	162	667	4'117
Celulosa.	162	682	4'209
Sacarosa y sus isómeros.	342	1355	3'962
Rafinosa.	504	2026	4'012
Aldehido.	44	269'5	6'125
Paraldehido	132	813'2	6'160
Acetona.	58	424	6'310
Aldehido valérico	86	742	8'628
Enantol.	114	1063	9'324
Alcanfor.	152	1404	9'237
Quinona.	108	656'8	6'081
ÁCIDOS			
Ácido fórmico.	46	70 (líquido)	1'521
— acético	60	210'3	3'505
— propiónico.	74	366'9	4'958
— butírico	88	524'7	5'962
— isobutírico.	88	517'8	5'884
— valérico.	102	674	6'608
— caproico	116	830	7'164
— caprílico	144	1138'7	7'908
— láurico	200	1759'7	8'798
— mirístico	228	2061'8	9'040
— margárico ó palmítico.	256	2371'8	9'262
— esteárico	284	2678'9	9'433
— oxálico	60	60	0'667
— malónico	104	207'6	1'996
— succínico.	118	354	3'000
— láctico	90	329'5	3'661
— salicílico	138	734	5'319
— paroxibenzoico	138	733	5'311
— cítrico	192	480	2'500
— benzoico	192	771	6'319
— quínico.	192	833'7	4'389
ÉTERES Y CUERPOS GRASOS			
Formiato de metilo	60	232 (líquido)	3'867
— de etilo.	74	380'6	5'142
Acetato —	88	524	5'954
Carbonato dimetílico	90	339'7	3'774
— dietílico	118	642'2	5'442
Trilaurina	628	5707'7	9'089
Trimiristina	722	6601'9	9'144
Trioleína.	884	8718	9'862
Tristearina.	—	—	—

(A. Gautier.)

A continuación insertamos otro cuadro que contiene la cantidad de calor correspondiente á la combustión total de los compuestos y á su transformación en agua, ácido carbónico y urea, toda vez que se trate de sustancias nitrogenadas. Los números están también tomados del trabajo de M. Berthelot, igualmente citado por A. Gautier:

Calor producido por la combustión total en el calorímetro de las principales sustancias nitrogenadas, y en el organismo, con producción de urea.

NOMBRES de las sustancias	Pesos mo- leculares	CALOR DE COMBUSTIÓN en grandes calorías		
		Calorías para el peso de la molécula en combustión total	Calorías para un gramo de materia en combustión total	Calor despren- dido por un gramo de materia tienien- do en cuenta la urea formada en el organismo
Etilamina	45	409'7	9'105	»
Trimetilamina	69	592'0	8'519	»
Anilina	93	818'5	8'801	»
Nitrilo malónico.	66	395'1	5'987	»
— succínico	80	545'0	6'812	»
Oxamido	88	286'0	3'250	»
Acetamido.	59	288'2	4'884	»
Benzamido.	121	852'3	7'044	»
Sucinímido.	99	439'2	4'436	»
Acetonitrilo	41	291'6	7'112	»
Propionitrilo	55	446'7	8'122	»
Glucolamina	75	234'9	3'133	2'230
Alanina.	89	389'2	4'370	3'562
Asparagina	132	448'1	3'395	2'306
Ácido aspártico.	133	386'8	2'909	2'231
— hipúrico	179	1012'9	5'659	5'490
Alantoína	158	413'8	»	»
Aloxana.	160	278'5	»	»
Ácido parabánico	114	212'7	»	»
Urea.	60	161'0	2'690	0'000
Tirosina.	181	1071'2	5'918	5'206
Taurina.	125	313'4	2'508	»
Leucina.	131	855'0	6'526	6'191
Ácido úrico	168	461'4	2'747	1'040
Albúmina de huevo.	Desconocido	Desconocido	5'687	4'857
Fibrina de la sangre	»	»	5'529	4'749
Hemoglobina.	»	»	5'914	4'964
Oseína	»	»	5'414	4'546
Vitelina.	»	»	5'784	4'954
Gluten	»	»	5'994	5'245
Chitina	»	»	4'655	4'235
Yema de huevo	»	»	8'124	7'704

(A. Gautier.)

La cantidad de calor producida por la unión del oxígeno y la hemoglobina para constituir la oxihemoglobina, sirve de medida para determinar el calor producido en el pulmón cuando el oxígeno se fija á la sangre. Este calor se ha de deducir de las cantidades de calor anteriormente indicadas para calcular el calor producido en los mismos órganos donde se verifica la combustión de los principios inmediatos cuando éstos se unen, no al oxígeno libre sino al que toman de la oxihemoglobina que en tal caso se transforma en hemoglobina.

Berthelot ha demostrado que el calor así desprendido por fijación de 32 gramos de oxígeno sobre la sangre venosa se eleva á 14'77 calorías, cuyo número es comparable al de la formación de óxido de plata ó de bióxido de bario.

El calor animal puede ser descompuesto en dos partes: la una, que constituye próximamente el 7° del calor total, se produce en el mismo pulmón por fijación del oxígeno sobre la sangre; la otra, representada por los $\frac{6}{7}$ restantes, se desprende de los plasmas y de los tejidos en virtud de las oxidaciones que se producen y también por los fenómenos de hidratación, de fermentación y de isomerismo.

Las observaciones hechas por Rübner confirman cuanto acabamos de decir sobre la producción del calor. Este autor ha hecho sus experiencias en perros alimentados con cantidades conocidas de alimentos ó en conejos sometidos á la inanición y en los cuales podían apreciarse las cantidades de grasa, carne muscular, albúmina, etc., que habían desaparecido. Con estos datos y calculando sobre un gramo de materia seca consumida, los desprendimientos de calor fueron los siguientes:

	Calorías comprobadas por experiencia	Calorías en el calorímetro deducida la urea
Albúmina	4'424 . . . }	4'600
Músculos	4'000 . . . }	
Grasas (término medio)	9'300	9'300
Hidratos de carbono (término medio)	4'100	4'100

Calor correspondiente á las transformaciones isoméricas y á los desdoblamientos moleculares. — La energía que se hace actuar cuando los cuerpos pasan de un estado isomérico á otro constituye una nueva causa de desprendimiento de calor ó un nuevo origen de trabajo para los seres vivientes. Cuando, por ejemplo, el ácido ciánico se cambia en ácido cianúrico triplicando su molécula, desprende para el peso molecular de 129 gramos, 43'2 calorías. El glioxal, transformándose en glucólido sólido isómero, desprende por molécula, ó sea por 58 gramos, 4'9 calorías.

Lo mismo sucede en las reacciones acompañadas de desdoblamientos, bien se produzcan en nuestras células, bien que resulten de la acción de fermentos ordinarios. Cuando en la fermentación

alcohólica se desdobra la glucosa en alcohol y en ácido carbónico, una molécula de aquélla, ó 180 gramos, debería producir 29 calorías quedando libres los productos y 47 calorías si éstos permanecen disueltos. La transformación del ácido salicílico en fenol y ácido carbónico desprende para el peso molecular de 138 gramos, 3'63 calorías. Al descomponerse en ácido fórmico y carbónico una molécula de ácido oxálico, ó 90 gramos, desprende en estado seco 7'5 calorías.

A cada momento se verifican en el organismo transformaciones por hidratación, desdoblamientos, fermentaciones, etc., las cuales proporcionan, fuera de todo concurso del oxígeno exterior, una parte de la energía necesaria para su funcionamiento. Las levaduras y los fermentos toman de estos mecanismos la casi totalidad de la que disponen, y gracias á estos fenómenos pueden, partiendo de las sales amoniacaes, producir las materias albuminoides que les son necesarias, construir sus células y reproducirse.

CAPÍTULO XXXV

Nutrición normal. — Lugar de producción de la energía actual ó sensible. — Gasto de energía bajo la forma de calor. — Gasto de energía bajo la forma de trabajo. — Trabajo fisiológico; secreciones, excreciones. — Trabajo cerebral.

BIBLIOGRAFÍA. — A. Gautier: *Chim. biol.* — Berthélot: *Essai de mécan.* — M. Arthus: *Chim. biol.* — Engel: *Chim. méd.*

Nutrición normal. — Tomando los hechos tales y como son en realidad y dejando á un lado las teorías, buscaremos en la observación directa los medios de conocer las cantidades de principios alimenticios consumidos por término medio, en 24 horas, por el hombre adulto. Si estas cantidades bastan para conservarle en buen estado de salud, sin aumento ni disminución de peso, el consumo diario de estos alimentos corresponderá exactamente á la cantidad de materia que, transformándose en el mismo tiempo en agua, ácido carbónico, urea y principios diversos, le ha proporcionado la energía total de que ha dispuesto durante este período. En tal caso nos será fácil calcular, según su manera de alimentarse, la totalidad de energía de que ha dispuesto el animal durante este período, y hacer el cálculo de esta energía según los diferentes aspectos de sus modificaciones.

Las observaciones más autorizadas dan para la alimentación del hombre adulto las siguientes cifras:

Alimentación del hombre en reposo

	Albuminoides	Grasas	Hidratos de carbono
Burgués francés haciendo solamente un ejercicio moderado.	120	70	330
Media de la población de París	115	48	333
Burgués inglés haciendo un ejercicio moderado	92	72	352
Obrero alemán en reposo	137	72	352
Soldado sueco en tiempo de paz	130	40	530
Presidarios no trabajando	87	22	305
Campesino de Silesia	80	16	552
Media	108	49	403

(A. Gautier.)

En el caso del hombre que realiza un trabajo algo penoso, los números dados por la observación directa son los siguientes:

Alimentación en el caso de trabajo

	Albuminoides	Grasas	Hidratos de carbono
Obrero francés trabajando mucho . . .	190	90	600
Forjador inglés, trabajo fatigoso . . .	176	71	666
Obrero sueco.	146	44	504
Soldado francés en tiempo de guerra.	192	40	651
— sueco en campaña.	146	59	557
Obrero bávaro	118	56	500
— alemán	130	40	550
Media	150	60	563

(A. Gautier.)

Nótese que la alimentación media del hombre en estado de reposo da las relaciones siguientes: albuminoides 100, grasas 45'4, hidratos de carbono 373.

En el caso de alimentación del obrero que trabaja, estas relaciones se reducen á: albuminoides 100, grasas 40, hidratos de carbono 375.

De estas cifras, tomadas como las da la sencilla observación de los hechos, se deduce:

1.º Que en la alimentación del obrero que trabaja, las relaciones entre las materias albuminoides, grasas y amiláceas, no cambian sensiblemente;

2.º Que las materias alimenticias deben ser aumentadas próximamente en una mitad para proporcionar compensación al gasto de energía de un obrero que trabaja bien pero sin exceso.

En el estado de reposo, la alimentación media normal cuyas cantidades relativas y absolutas acabamos de establecer en principios inmediatos nutritivos, es suficiente para proporcionar al individuo la energía necesaria, teniendo en cuenta la transformación de los albuminoides en urea, según se realiza en el organismo.

Lugar de producción de la energía actual ó sensible. — Considerando al hombre en estado de reposo, veamos en qué punto del organismo se verifica el consumo de principios combustibles necesarios para producir las 2600 calorías, ó su equivalente que resultan de su alimentación normal diaria.

Por una parte la producción de energía sensible es proporcional en igualdad de circunstancias al consumo de principios inmediatos, y éstos están en relación, hasta cierto punto, con la pérdida de peso por inanición de cada uno de los tejidos, como se demuestra por los siguientes datos:

*Pérdida relativa de cada tejido durante la inanición
(para 100 partes)*

	Palomo	Gato
Grasas.	93	97
Páncreas	64	17
Hígado.	52	54
Corazón	45	3
Músculos	42	31
Testículos	0	40
Piel.	32	21
Riñones	32	26
Pulmones.	22	18
Huesos.	17	14
Tejido nervioso.	2	3
	(Chossat.)	(Voit.)

Por este camino realmente indirecto hemos llegado á deducir que el tejido adiposo es el que da al organismo la mayor parte de la energía que hace actuar y que es en los intersticios del tejido conjuntivo y de los músculos, llenos por estas mismas grasas, donde principalmente se produce el calor necesario para el funcionamiento de los animales.

El consumo aparente de los mismos músculos y de los tejidos subyacentes á la piel ó que rodean los riñones, deben, durante la inanición, tener por principal causa la desaparición de la grasa intersticial que contiene. Por el contrario vemos que los pulmones sólo contribuyen en una pequeña parte á la producción de la energía y todavía menos los huesos y el tejido nervioso, comprendiendo el cerebro, los cuales funcionan hasta el fin con actividad, según el modo propio á cada uno de ellos, sin consumirse sensiblemente.

Además los tejidos respiran y el consumo de oxígeno que hacen es sensiblemente proporcional á la cantidad de energía que de ellos toma origen.

Gasto de energía bajo la forma de calor. — La producción del calor es en los animales de sangre caliente la primera y más importante forma del gasto de energía.

Ya hemos visto que un hombre adulto, medianamente alimentado y en reposo, por virtud de la alimentación dispone en nuestros climas del equivalente de 2600 calorías próximamente por 24 horas. Los fisiólogos admiten, sin pruebas suficientes según A. Gautier, que esta cantidad de calor se distribuye de la manera siguiente:

	Calorías
Radiación del cuerpo por la piel.	1,700
Evaporación del sudor, perspiración	370
— por los pulmones	190
Calentamiento del aire espirado.	80
— de los ingesta	45
Calorías que equivalen al trabajo interior, funcionamiento, pequeños movimientos y desplazamientos inconscientes.	215
TOTAL.	2,600

En cuanto á las 215 calorías equivalentes á los trabajos interiores y á los movimientos involuntarios, se admite que 100 á 130 son gastadas de una parte por el corazón para hacer circular la sangre (35,000 kilográmetros), y de otra parte por el trabajo casi inconsciente de sostener el cuerpo ó por los frotamientos. La energía correspondiente á las 100 calorías restantes, se gastaría en el estado de reposo por los pequeños movimientos de los miembros, la marcha moderada, etc.

Gasto de la energía bajo la forma de trabajo. — En el estado de trabajo el número de calorías disponibles, correspondientes á la ración del obrero, aumenta próximamente en proporción al consumo de oxígeno ó á la exhalación de ácido carbónico.

Ya hemos visto que los obreros adultos en Europa se dedican á un trabajo sostenido; sin que sea excesivo ni muy fatigoso, absorben un suplemento de alimentación correspondiente á 750 calorías. Calculadas estas calorías en trabajo, según el equivalente mecánico del calor, podrían producir 4'004 kilográmetros. Realmente estos obreros dan comúnmente de 60 á 70 mil kilográmetros de trabajo utilizable ó sea próximamente la sexta parte de la cantidad teórica.

Pero para llegar á calcular el rendimiento máximo de la máquina humana en trabajo real, es necesario precisar más la cuestión valiéndose del procedimiento experimental. Al efecto es preciso colocar al obrero en condiciones en que pueda producir el máximum de rendimiento útil, dedicándolo á un trabajo que le sea familiar.

Es preciso también que el género de trabajo que ejecute, permita tomar en cuenta fácilmente, y si esto es necesario, los trabajos secundarios de frotamientos, desplazamientos, elevación del cuerpo, etc. Es preciso, por último, que se pueda conocer exactamente lo que estos obreros consumen de alimentos cada día, en las 9 ó 10 horas de trabajo efectivo.

A. Gautier, que ha procurado ponerse en condiciones de conocer estos hechos, ha recogido las siguientes observaciones:

Un obrero puede elevar en 9 ó 10 horas de 140 á 150 hectolitros de agua y llevarlos á 10 metros de altura, por medio de una buena bomba aspirante-impelente.

Durante este trabajo no cambia de lugar, pero baja y sube sucesivamente á cada golpe de pistón (próximamente 8000 en 10 horas), el centro de gravedad de la parte superior de su cuerpo. Debe vencer los frotamientos apreciables de la bomba y del volante; por último, su corazón y sus músculos torácicos trabajan por su parte empujando la sangre á través de los capilares y sobreponiéndose á la presión atmosférica.

El conjunto de todos estos trabajos está calculado en kilográmetros en el siguiente cuadro:

	Kilogrametros
Llenar una vasija de 150 hectolitros elevando el agua á 10 metros . . .	150,000
Elevación de la mitad del cuerpo (35 kilogramos) á cada golpe de pis- tón, por 7,500 de éstos	52,750
Trabajo para vencer los frotamientos de la bomba, próximamente. . .	9,450
— de sístole del corazón para 48,000 pulsaciones en 10 horas. . .	30,700
— para el sostenimiento de la caja torácica en 10 horas.	7,800
<hr/>	
Total de trabajo real producido	250,750

Frankland por su parte ha encontrado 270,000 kilogrametros para el trabajo de un obrero vigoroso hasta llegar al cansancio, habiéndose calculado además que un buen ascensionista hace un trabajo real de 260,000 á 280,000 kilogrametros, marchando de 8 á 9 horas.

De estos datos y consideraciones resulta que en general la energía proporcionada por los alimentos se divide de tal manera que en el estado de reposo el equivalente de 2600 calorías se divide en dos; 2380 aparecen en estado de calor y 220 se transforman en trabajo de frotamientos, desplazamientos, movimientos del corazón, de los músculos respiratorios, etc.

En el estado de trabajo, en un obrero bien alimentado que da en nuestros climas y en una estación templada, al menos 140,000 kilogrametros útiles, 2600 + 1779 calorías de que dispone, 1400 pasan al estado de trabajo y 3980 son transformadas en calor. Para 100 partes de energía latente almacenada por la alimentación, aparece en el caso de trabajo:

Al estado de calor	74 partes.
Al estado de trabajo	26 —

En el hombre que no trabaja, 100 partes de energía se dividen al contrario de la manera siguiente:

Al estado de calor	91.5 partes.
Al estado de trabajo.	8.5 —

Un gramo de oxígeno consumido corresponde siempre próximamente á la misma cantidad de calor disponible. Vese, por consiguiente, que el trabajo dinámico hace desaparecer una cantidad muy importante de calor que sería producido en reposo gracias al mismo consumo de oxígeno de los alimentos.

La relación del oxígeno consumido para producir el calor, es al que se necesita para producir el trabajo, no siempre la misma que la relación de la energía total con el calor total; pero Hirn ha hecho notar que durante el período de trabajo la producción de las fuerzas vivas (calor y trabajo) llega á duplicarse, y por consiguiente la cantidad de oxígeno consumido es cuádruple.

Trabajo fisiológico; secreciones, excreciones, trabajo cerebral.— El gasto de potencial latente en los tejidos vivientes, el que es con-

sumido por las glándulas que segregan, el que gasta la célula para asimilar, organizar, crecer y reproducirse, y el cerebro para funcionar, todo este gasto se origina en la energía almacenada en los alimentos ó en las reservas, cuya energía que de potencial se convierte en actual aparece bajo la forma de fenómenos caloríficos ó mecánicos.

El gasto correspondiente á estos actos puede calcularse al estado inicial y al estado final del sistema. La producción de una nueva substancia, partiendo de compuestos dados, sus desdoblamientos, sus isomerías, desprenden ó absorben calor, y disminuyen ó aumentan la energía total disponible.

Todos los actos directores, excitadores, moderadores propios de los seres vivientes, de donde resulte la renovación normal de los tejidos y la conservación del ser, como también los de impresión, de sensación, de pensamiento, etc., de donde resulta el paso del ser por una serie ordenada de estados ó de formas transitorias, que dejan el organismo material antes y después idéntico á sí mismo, no corresponden á gasto alguno de energía.

El animal manifiesta su vida bajo de una ú otra forma, que él haya ó no sentido, pensado, querido, si ha vuelto á su estado inicial por un mismo consumo de alimentos y de oxígeno, habrá dispuesto de la misma cantidad de energía, habrá irradiado el mismo número de calorías ó producido en el tiempo considerado el mismo trabajo mecánico.

El pensamiento, la volición, la vida misma, esto es, el orden y la sucesión de los hechos para la conservación del ser, no habrán hecho desaparecer la menor parte de energía.

El consumo de una misma cantidad de albúmina, de grasa, de azúcar en un molusco ó en un hombre razonable, habiendo llegado cada uno de ellos, después de funcionar, á su estado inicial, producirá la misma cantidad de calor ó de trabajo equivalente, cualquiera que sea la naturaleza de su funcionamiento, ora estos animales piensen y sientan ó que sólo vivan una vida vegetativa.

Este principio fundamental de la dinámica racional se aplica lo mismo á los actos misteriosos del trabajo cerebral que á los de la voluntad, y á la serie de modificaciones de pura forma producidas en el ser viviente en el funcionamiento de los órganos y de los tejidos.

El pensamiento, la volición, y en general todos los fenómenos que después que han recorrido su ciclo y después que el organismo ha vuelto á su primer estado, no dejan otra realidad que el orden de su sucesión ó el recuerdo de su existencia, no tienen ningún equivalente dinámico. Por eso Descartes los separaba con razón de los fenómenos de la mecánica, que pueden medirse por las masas y velocidades, diciendo: «Se piensa metafísicamente, pero se vive y se obra físicamente.»

Reasumiendo: el ser animado nada consume para vivir, devol-

viendo íntegramente, después de haber recorrido el ciclo completo de su funcionamiento y de haber vuelto á su estado de equilibrio inicial, la totalidad de la energía de que disponía, la cual es proporcional á la de los alimentos consumidos.

Se encuentran de nuevo é íntegramente las equivalencias entre el calor irradiado por el animal, el trabajo dinámico que ha realizado y la estructura de los principios inmediatos nuevos que ha producido ú organizado durante este mismo tiempo. Toda esta doctrina la ha reasumido perfectamente M. Berthelot en estas palabras: «el sostenimiento de la vida no consume ninguna energía que le sea propia.»

Equilibrio entre la adquisición y gasto de energía. — Se han hecho muchos ensayos por establecer la ley que preside al conjunto de cambios que se realizan en el organismo viviente, teniendo en cuenta de las entradas y salidas no solamente de cada elemento simple, sino también de cada uno de los principios inmediatos que constituyen la totalidad del ser, procurando establecer de este modo la estática completa de los actos de la vida.

Las experiencias más notables en este sentido, son las de Pettenkoffer y Voit, cuyo principio fundamental hemos consignado ya al tratar de la respiración. Según el método seguido por estos autores, se puede establecer el cuadro completo de entradas y salidas en un individuo durante un tiempo determinado. He aquí la manera de operar:

1.º Los autores alimentan al animal que ha de ser objeto de la experiencia de tal manera que su peso llegue á ser tan constante como sea posible.

2.º Comprueban el peso de cada substancia alimenticia dada al sujeto de la experiencia, en cuyas substancias se había determinado previamente la composición en agua, sales y principios inmediatos diversos.

3.º Estando colocado el animal en la cámara respiratoria se dosifican: el peso de oxígeno desaparecido al atravesar el aparato, cuyo oxígeno ha servido para la respiración; las cantidades de ácido carbónico y de agua espiradas y perspiradas; la cantidad de hidrógeno y de hidrógeno carbonado excretada; las cantidades de urea, de agua y de materias extractivas y de sales fijas de las orinas; el peso de heces fecales y su composición.

*Composición centesimal media de diferentes alimentos usuales y de las excreciones, referida
á 100 partes de estas substancias*

SUBSTANCIAS ANALIZADAS	Agua	CARBONO		HIDRÓGENO		OXÍGENO		NITRÓGENO		SALES	
		Materias sólidas	Materias en estado seco	Materias en estado húmedo	Materias en estado seco	Materias en estado húmedo	Materias en estado seco	Materias en estado húmedo	Materias en estado seco	Materias en estado húmedo	Materias en estado seco
Clara de huevo seca.	0'00	100	54'96	7'15	21'73	21'73	15'80	0'36	»	»	»
Carne fresca	75'90	24'10	51'95	12'52	42'52	7'18	1'73	5'15	14'41	3'40	5'39
Pan moreno de 2 días, sin corteza.	46'35	53'65	45'41	24'36	6'45	3'46	41'63	22'23	2'39	1'28	4'12
Enjundia de gallina	Vestigios	»	79'00	41'00	»	10'00	»	»	»	»	»
Fécula.	15'79	84'24	44'20	37'22	6'70	5'69	49'10	41'35	»	»	»
Urea.	»	100	20'00	»	6'66	»	26'67	»	46'67	»	»
Ácido úrico.	»	100	35'72	»	2'38	»	28'57	»	33'33	»	»
Heces humanas, privadas de sales (alimentación con carne)	»	»	54'70	»	»	»	»	»	12'20	»	11'90
Heces humanas (alimentación mixta).	»	»	47'90	»	»	»	»	»	6'12	»	12'00
— — (alimentación grasa).	»	»	54'80	»	»	»	»	»	»	»	»
— de perro alimentado con carne.	72'49	27'51	»	12'04	»	1'72	»	3'68	»	1'72	»

(A. Gautier.)