

LA NUTRICIÓN ES CON-CIENCIA

José Antonio Lozano Teruel
con la colaboración de
Pilar Roca Salom y Julián Castillo Sánchez



Título: *La Nutrición es Con-Ciencia*
Autor: José Antonio lozano Teruel
Murcia. Universidad de Murcia. Servicio de Publicaciones.
Imagen de portada: "Las naranjas bordes". de Pedro Cano
320 p.
Serie: Salud
ISBN: en trámite

2ª Edición Noviembre - 2011

Reservados todos los derechos. De acuerdo con la legislación vigente, y bajo las sanciones en ella previstas, queda totalmente prohibida la reproducción y/o transmisión parcial o total de este libro, por procedimientos mecánicos o electrónicos, incluyendo fotocopia, grabación magnética, óptica o cualesquiera otros procedimientos que la técnica permita o pueda permitir en el futuro, sin la expresa autorización por escrito de los propietarios del copyright.

© de los textos: José Antonio Lozano Teruel
© de las recetas: Raimundo González Frutos
Juan Luis Buitrago Pina



Depósito Legal: MU-689-2011
Impreso en España | Printed in Spain

Imprime: GLG Creativos.

1

Los fundamentos

1.1 Nutrición, dieta saludable y conceptos nutritivos.

Vamos a definir concisamente algunos conceptos nutritivos utilizados en los siguientes capítulos adelantando ya que las bases científicas de la nutrición son muy sencillas, fácilmente comprensibles por todos y alejadas de las complejidades y esoterismos que nos invaden cada día procedentes de más o menos pretendidos "entendidos" carentes de unas sólidas bases científicas.

Comencemos indicando que el correcto funcionamiento de nuestro organismo requiere el aporte de las cantidades adecuadas de materiales energéticos, plásticos y catalíticos necesarios para conseguir su mejor capacidad funcional.

Una Dieta Saludable o Equilibrada es el medio que nos permite a través de la ingesta diaria de alimentos, mantener un estado de salud óptimo en las diferentes etapas de la vida, al tiempo que prevenir las enfermedades.

La Nutrición es la ciencia que trata de definir los requerimientos

cualitativos y cuantitativos de la alimentación equilibrada, necesaria para conservar la salud.

La selección de alimentos que contengan los nutrientes oportunos y en la cantidad adecuada ha de tener presente que comer es algo más que realizar un aporte adecuado de nutrientes y, por lo tanto, a la hora de confeccionar una dieta deben de tenerse distintas circunstancias como son los gustos, costumbres y otros.

Las deficiencias nutricionales son poco comunes en las sociedades desarrolladas, pero están presentes en determinados grupos de menores recursos y en ancianos o personas que tengan requerimientos nutricionales mayores, por ejemplo niños en crecimiento, en mujeres embarazadas o en época de lactancia, enfermos y convalecientes, alcohólicos o individuos con dietas restringidas.

Alimentos. El Código Alimentario Español define como alimento a todas las sustancias o productos de cualquier naturaleza que, por sus características, aplicaciones, preparación y estado de conservación son susceptibles de ser utilizados habitual o idóneamente para la nutrición normal humana.

Los alimentos que diariamente consumimos contienen miles de diferentes especies químicas, de las que algunas son conocidas y se encuentran bien cuantificadas, otras están pobremente caracterizadas, y el resto son todavía desconocidas o se presentan en cantidades traza.

Los productos que componen nuestra dieta pueden clasificarse en varios grupos no excluyentes como los que se indican a continuación.

Nutrientes. Los seres vivos y, por tanto, los humanos, necesitamos el aporte de una serie de sustancias que son las que posibilitan el funcionamiento de nuestros órganos y tejidos y nuestro normal desarrollo. Estas sustancias o nutrientes pueden desarrollar tres funciones diferentes:

- **Energética.** Mediante la oxidación controlada de los nutrientes (combustión metabólica) el organismo obtiene la energía necesaria para sustentar nuestras actividades vitales, requeriend-

tos del movimiento, producción de calor y energía para los procesos metabólicos.

- Material, o plástica. Proporcionándonos la materia (los átomos) que servirán para construir nuestras propias biomoléculas, cuyo conjunto constituye nuestro organismo.
- Catalítica o reguladora (vitaminas, cofactores, iones) imprescindibles, aun en muy pequeñas cantidades, para que se puedan realizar y regular en nuestros organismos las necesarias conversiones metabólicas y los diversos procesos fisiológicos.

Aditivos. Son los productos que se añaden conscientemente a la comida con diferentes propósitos:

- Conservación (nitratos, sal, etc.).
- Coloración.
- Aumento de consistencia.
- Sabor, etc.

Contaminantes. Son sustancias indeseables que pueden tener diferente origen:

- Natural: Algunas plantas presentan la capacidad de producir tóxicos para defenderse de insectos y animales, es decir toxinas. Otras sustancias naturales, caso del colesterol, no son contaminantes en sentido estricto, pero si resultan perjudiciales al ingerirlas en exceso.
- Químico: metales (como cadmio y plomo); pesticidas, herbicidas y fungicidas agrícolas; hormonas vegetales y animales; anabolizantes; residuos industriales, etc.
- Microbiano: como las aflatoxinas producidas por el moho *Aspergillus flavus*, que se han relacionado con algunos cánceres.
- Derivados de la propia preparación de alimentos, por ejemplo, en ahumados y en el excesivo asado de carnes o pescados. El benzopireno, un conocido cancerígeno, se forma no sólo al fumar cigarrillos sino también en alimentos que se cocinan directamente con brasas, como la pizza o las carnes a la brasa. También aparece el benzopireno en los ahumados, algunos embutidos y en los arenques u otros pescados, así como en el aceite de orujo de oliva.

1.2. Somos máquinas termodinámicas y el Sol es nuestro sostén

El Universo está regido por unas leyes físicas generales a las que, lógicamente, también estamos sometidos los seres humanos. De acuerdo a lo afirmado por quien fue un ilustre bioenergético, el profesor Lehninger: “No hay vitalismo ni magia negra capaces de hacer que los seres vivos puedan evadirse de la naturaleza inexorable de los principios termodinámicos”. Por tanto, desde ahora mismo, hemos de resaltar que ello también es aplicable a toda la Nutrición humana donde no vamos a encontrar milagros ni contradicciones científicas, ni metabolismos exóticos ni dietas milagrosas. Todos los factores que intervienen se comportan de acuerdo con sólidos principios científicos establecidos. Lo que sí es admisible es reconocer que en la Nutrición existen parcelas en las que aún no tenemos suficientes conocimientos científicos, lo que hace que constituya una materia muy interesante para la investigación científica interdisciplinar.

Expresados en un lenguaje familiar son dos los grandes principios de la Termodinámica:

- El primero establece que “la energía ni se crea ni se destruye, sólo se transforma”.
- El segundo que “los procesos espontáneos (ligados al devenir natural del Universo) están asociados a un incremento de la magnitud termodinámica conocida con el nombre de entropía (desorden)”, de lo que se deriva que para que tenga lugar un proceso anti-espontáneo es preciso suministrarle la energía necesaria.

En el entorno de desorden (moléculas y átomos) del Universo, el nacimiento, crecimiento desarrollo y vida de un ser vivo como el humano significa acrecentar el orden a todos los niveles, desde el subcelular al de individuo, conllevando el mantenimiento de nuestras estructuras precisas de órganos y tejidos. De acuerdo con el segundo principio de la Termodinámica, para que ello sea posible será necesario un suministro externo suficiente de energía.

Así sucede. La energía es la procedente de la oxidación de nuestros alimentos (termodinámicamente, se cuantifica por una magnitud conocida como **cambio de la energía libre de combustión**). Y si

vamos retrocediendo en la cadena alimentaria, buscando el origen energético, al final nos encontramos con que toda la energía procede de los vegetales, que la han captado, a través de la fotosíntesis, del Sol.

El Sol, pues, es nuestra última fuente energética.

1.3. La nutrición también es bioenergética.

Desde el punto de vista energético, en relación con nuestras actividades vitales, podríamos distinguir en los seres humanos varias magnitudes:

Energía suministrada: Es la obtenida a partir de la oxidación metabólica química celular de nuestros nutrientes energéticos: carbohidratos, lípidos y sustancias nitrogenadas (aminoácidos y proteínas). Como el mediador energético casi universal del metabolismo es la molécula de ATP (Adenosín trifosfato. En el CDRom se puede visualizar la molécula) se podría cuantificar la energía suministrada en términos de moles o gramos de ATP por unidad (gramos, por ejemplo) de sustancia oxidada. También mediante el uso de cualquier unidad física de medida de energía como es la kilocaloría (kcal), la más usada popularmente en el ámbito nutricional. Una kilocaloría (1000 calorías) equivale a la cantidad de energía que habría que suministrar a 1000g de agua para producir un aumento de su temperatura en un grado centígrado.

Energía gastada: Es la que se utiliza para las necesidades de las diferentes actividades vitales: metabolismo basal, efecto termogénico, actividad física o metabolismo energético, calor.

Metabolismo basal: Es la cuantificación de las necesidades energéticas mínimas para el mantenimiento del organismo en reposo, sin actividad física. Representa, en situación de descanso total, la energía precisa para conservar nuestras células, órganos y tejidos en situación funcional. Su cuantía depende de factores como sexo, edad y superficie corporal. Se suele expresar en forma de kilocalorías por día.

Calor: Una consecuencia de los principios de la Termodinámica es que es posible la transformación de cualquier tipo de energía en otra pero ello siempre va asociado a un componente calorífico, es decir, que parte de la energía transformable se convierte en calor.

En cuanto al origen de nuestra energía es siempre de origen tipo químico (la oxidación de los nutrientes originales o de nuestras propias biomoléculas almacenadas). Las transformaciones energéticas posibles en los seres humanos son múltiples:

Química a química, la más frecuente. Ejemplo: a partir de moléculas precursoras conseguir energía y átomos para producir nuestras propias biomoléculas.

Química a mecánica. Ejemplo: usar ATP para posibilitar la contracción muscular, es decir, la actividad física.

Química a eléctrica. Ejemplo: utilizar ATP para transmitir el impulso eléctrico nervioso.

Química a osmótica. Ejemplo: consumir ATP para mantener concentraciones iónicas intracelulares adecuadas, efectuar fenómenos de filtración y transporte, eliminación urinaria de metabolitos, etc. En el caso de los animales homeotermos, como el hombre, la producción y control del calor producido es un proceso fisiológico muy importante para la regulación de la temperatura corporal.

En términos prácticos lo más destacable es que en las transformaciones energéticas la proporción de calor producida depende de diversas y complejas circunstancias por lo que no se trata de un valor aplicable ni universalmente ni temporalmente a un mismo individuo sino de una característica dependiente del fenómeno del acoplamiento / desacoplamiento energético, que está regulado genética y metabólicamente.

Disparidades. Algún ejemplo puede ayudarnos a entender mejor la situación y a contestar a preguntas tales como ¿es posible que en tres personas de las mismas características físicas y fisiológicas, que tengan la misma ingesta alimenticia y que desarrollen la misma actividad física, una de ellas mantenga su biomasa, otra gane peso, y otra lo pierda?.

Efectivamente, puede ocurrir. Supongamos, que la actividad física desarrollada por cada una de las personas consideradas sea de 50 unidades arbitrarias, y que, en todos los casos, su ingesta calórica o energía suministrada sea de 100 unidades arbitrarias.

Diferencias producidas por el desacoplamiento energético						
Individuo	% Desacoplamiento	Ingesta (unidades energía)	Necesidad energética actividad	Disponible para actividad	Resultado	Consecuencia
	50	100	50	50	Equilibrio	Mantenimiento de peso
		120	50	60	Exceso	Aumenta de peso
		80	50	40	Defecto	Disminuye de peso
	35	100	50	65	Exceso	Aumenta de peso
		77	50	50	Equilibrio	Mantenimiento del peso
		60	50	39	Defecto	Disminuye de peso
	65	143	50	50	Equilibrio	Mantenimiento del peso
		100	50	35	Defecto	Disminuye de peso
		160	50	55	Exceso	Aumenta de peso

¿Cómo se obtendrán, en cada caso, esas 50 unidades energéticas necesarias para realizar su actividad física?.

Si la primera persona, la de tipo "normal" posee un desacoplamiento del 50%, ello significa que 50 unidades las usa para su actividad física y otras 50 las gasta o elimina como calor, por lo que el equilibrio es perfecto, no sobra ni falta energía y su biomasa no resulta afectada. Si su ingesta supera las 100 unidades energéticas ganará biomasa y si es inferior, la perderá.

En el caso de la segunda persona, si su desacoplamiento fuese del 35% (acoplamiento del 65%), en forma de calor transformaría 35 unidades por lo que le restarían 65 para la actividad energética.

Como necesita 50 las 15 restantes se reconvertirán en biomasa lo que se traducirá en aumento de peso. Esta persona, para lograr el equilibrio energético, a igualdad de actividad física con la anterior, solo necesitaría una ingesta de 77 unidades energéticas, por lo que su dieta está sobrepasada en 23 unidades.

Y, por último, la tercera persona. Si suponemos un acoplamiento del 35% (desacoplamiento del 65%), de su suministro normal en la dieta de 100 unidades 65 se disipan como calor y solo 35 puede destinarlas al metabolismo energético, pero como necesitaría 50 unidades el déficit de 15 unidades ha de obtenerlo catabolizando su propia biomasa, lo que se traducirá en una pérdida de peso.

Por tanto, debido al desacoplamiento energético, personas con análogas características antropomórficas, pueden necesitar diferentes ingestas energéticas para bien mantener, incrementar o reducir sus pesos respectivos. Y, consecuencia obligada, una determinada ingesta calórica en una persona puede producir un incremento de peso, en otra una disminución y, en una tercera, el mantenimiento del equilibrio.

En cuanto a los factores que controlan el apetito, es decir, la ingesta energética, haciendo que ésta sea superior o inferior a la precisa se tratarán en capítulos posteriores.

Por otra parte hay que resaltar que aunque inexorablemente se han de cumplir las reglas termodinámicas en el ser humano, lo que si existen son múltiples circunstancias que hacen que puedan darse en una determinada persona y tiempo variaciones importantes respecto a lo que se podría considerar un consumo/gasto energético normal. Entre ellas estarían las siguientes:

Cambios en la biomasa: Desarrollo y crecimiento/decrecimiento corporal, embarazo, lactancia, enfermedades, daños corporales, etcétera.

Eficiencia en el uso de la energía: La dieta, los condicionamientos genéticos o los condicionamientos hormonales pueden afectar bien al proceso de desacoplamiento energético. Veamos, pues, en qué consiste el proceso del desacoplamiento energético.

1.4. Desacoplamiento energético.

En el metabolismo oxidativo un hecho crucial es el de acoplamiento y conversión energética desde la cadena respiratoria, responsable final de la oxidación de los nutrientes, a la producción de nuestro mediador químico universal, el ATP, en un proceso conocido como fosforilación oxidativa.

A igualdad de energía de combustión obtenible de una determinada cantidad de un alimento, un mayor desacoplamiento en nuestro sistema celular de combustión significa un menor rendimiento de producción de ATP, con la subsiguiente mayor producción de calor, es decir que habrá menos energía útil (ATP) para sustentar nuestra actividad metabólica.

Desde un punto de vista fisiológico el proceso de desacoplamiento y termogénesis tiene lugar normalmente en el tejido adiposo pardo o marrón y es útil en ocasiones específicas como la hibernación de ciertos animales o para la protección térmica de algunos órganos y tejidos en ciertas circunstancias.

Diversos factores genéticos y ambientales pueden influir en la intensidad del desacoplamiento. Entre los factores genéticos son muy importantes los que regulan a las proteínas desacopladoras UCP ("UnCoupler Proteins").

Cuando las células se malignizan también se incrementa el desacoplamiento y la producción de calor y se conocen diversas patologías asociadas a este proceso. Por ello, los análisis termográficos son usuales en la detección de tumores como el de mama.

Además de los factores genéticos existen diversos metabolitos que actúan como desacopladores. Algunas hormonas como la tiroxina poseen acción desacopladora.

Entre las sustancias desacopladoras podemos citar el acúmulo de ácidos grasos, al dicumarol y al 2,4- dinitrofenol (DNP). El DNP comercial se emplea principalmente para producir tintes, otras sustancias químicas orgánicas y preservativos para la madera. También se utiliza para fabricar reveladores fotográficos y explosivos. Llegó

a usarse en píldoras para adelgazar pero, pocos años después, debido a su peligrosidad, fue prohibido. También en herbicidas, insecticidas, ovicidas, y fungicidas. Así, el dinocap es un acaricida efectivo y fue intensamente empleado como fungicida para el control de hongos que causan mildiús polvorientos, pero debido a la toxicidad inherente de los dinitrofenoles todos ellos fueron retirados del mercado.

En cuanto al dicumarol, en el año 1922 se descubrió en Canadá “la enfermedad del trébol dulce”, al comprobarse que grupos de ganado bovino y ovino sufrieron unas enfermedades hemorrágicas tras el consumo de un trébol dulce, que era dulce porque estaba deteriorado. En el año 1941 Lind aisló al culpable, el dicumarol (que, por otro lado fue el origen del anticoagulante Sintrom®), a partir de ese trébol dulce que se deterioraba por la fermentación.

Como el desacoplamiento energético es un gran regulador del aprovechamiento energético de los nutrientes es lógico que la industria farmacéutica considere este tema como uno de los más interesantes actualmente para el desarrollo eventual de fármacos controladores energéticos.

1.5. ¿Cuál es mi metabolismo energético?

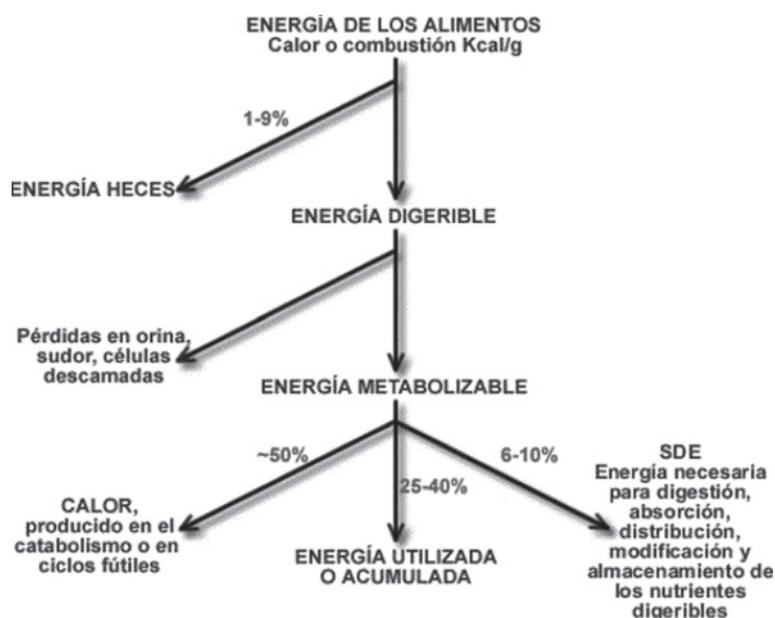
La energía de los nutrientes

Ya hemos indicado previamente que nuestra fuente de energía son los nutrientes y que, aparte de otros, cuantitativamente menores, como la eliminación por las heces, sus principales destinos son la conversión en calor y el sustento energético. En el esquema podemos observar un resumen de las conversiones energéticas y metabólicas que sufre el contenido energético de los alimentos.

Químicamente, nuestros nutrientes energéticos se clasifican en tres grandes categorías de sustancias:

- Hidratos de carbono o carbohidratos, muy oxigenados. Su fórmula general $C_xH_{2x}O_x$ nos indica que, generalmente, contienen tantos átomos de oxígeno como de carbono.

- Lípidos, un variopinto grupo de sustancias entre las que se encuentran primordialmente las grasas, compuestas principalmente de ácidos grasos (aprox. 85%) y de glicerol o glicerina (aprox. 15%). Suelen responder a la fórmula $C_xH_yO_6$ en la que x e y poseen valores altos por lo que el porcentaje de oxígeno en la molécula es bajo.
- Sustancias nitrogenadas de las que el prototipo son las proteínas, largos polímeros formados con unos 20 aminoácidos naturales. Poseen un contenido relativamente alto en nitrógeno (6,25%) y pequeñas proporciones de azufre (procedente de aminoácidos azufrados, como cisteína y metionina).



En cualquier caso, como ya hemos dicho anteriormente, la energía que proporcionan los nutrientes es la correspondiente a lo que física y químicamente se conoce como cambio de energía libre de combustión, proceso en el que se consume oxígeno y se producen en todos los casos CO_2 (dióxido de carbono, a partir de los átomos de carbono) y H_2O (agua, a partir de los átomos de hidrógeno). Si el

punto de partida son las proteínas o los aminoácidos el destino final del nitrógeno es convertirse en urea, el del azufre el convertirse en sulfato y, en ambos casos, estos productos finales son eliminables por la orina).

Cociente respiratorio. Se define este concepto como la relación existente entre el volumen (o litros) de dióxido de carbono producido respecto al de oxígeno consumido en el proceso de combustión metabólica. El de los lípidos será menor que el de los hidratos de carbono ya que relativamente contienen menos oxígeno interno por lo que han de necesitar para su combustión más oxígeno externo, lo que provoca que el cociente anterior disminuya. En las proteínas la situación es intermedia.

Rendimientos energéticos

De un modo global y aproximado se aceptan como valores de los rendimientos energéticos de los nutrientes los establecidos, hace más de 150 años, que se exponen, junto con otros datos energéticos, en la tabla adjunta.

Rendimientos energéticos de los nutrientes			
	Carbohidratos	Lípidos	Proteínas
Cociente respiratorio	1	0,7	0,8
kcal/g	4	9	4
kcal/LO ₂	5	4,5	4,5
Moles ATP/g	0,17	0,39	0,39
MolesATP/LO ₂	0,24	0,19	0,17

Podemos extraer dos consecuencias inmediatas a partir de los datos de la tabla anterior:

Desde un punto de vista estrictamente energético son interconvertibles entre sí los diferentes nutrientes con la siguiente equivalencia: 1 g lípidos = 2,25 g carbohidratos = 2,25 g proteínas. Por tanto, para una persona con unas necesidades energéticas diarias de 2250 kcal

éstas, por ejemplo, se podrían lograr con cualquiera de las siguientes propuestas:

- a. 250 g de grasas
- b. 563 g de carbohidratos
- c. 563 g de proteínas
- d. 100 g de grasas + 168 g de carbohidratos + 169 g de proteínas
- e. 132,35 g de grasas + 132,35 g de carbohidratos + 132,35 g de proteínas.

Después comentaremos que ello no debe ser así, entre otras razones porque forzosamente han de figurar entre nuestros nutrientes algunos que son esenciales, es decir que nosotros somos incapaces de sintetizarlos.

- Existe un mayor rendimiento energético de las grasas frente a los carbohidratos o proteínas, salvo en el caso de que la comparación se haga por volumen de oxígeno consumido, en cuyo caso los más ventajosos son los hidratos de carbono. Ello tiene importancia para el rendimiento en competiciones deportivas en las que el suministro de oxígeno pueda ser un factor limitante. En tal caso, se obtiene más energía oxidando carbohidratos. Para lograrlo, para obtener unas mayores reservas de glucógeno, los deportistas y entrenadores suelen utilizar diversas estrategias nutritivas.

Metabolismo energético individual

La cuantificación del metabolismo energético individual se puede realizar con diferentes aproximaciones y metodologías. La norma ISO 8996 clasificaba esas posibilidades en función de su precisión y dificultad, diferenciando tres niveles:

- El primero, más simple, se basa simplemente en considerar el tipo de actividad física desarrollada o la profesión del individuo. Como es lógico el nivel de dificultad es mínimo, así como su exactitud.
- El nivel intermedio, tanto de dificultad como de exactitud, corresponde a estudiar los tipos y duraciones de las actividades desarrolladas o, alternativamente, la utilización del valor la frecuencia cardíaca en condiciones determinadas.

- El nivel de mayor exactitud corresponde a los sistemas basados en medidas fisiológicas directas (gases, orina, etc). Las mediciones deben ser asesoradas por expertos. En cualquier caso, las desviaciones $\pm 15\%$ del metabolismo energético real individual respecto al correspondiente estadísticamente - según las características de la persona considerada - suele indicar la existencia de alguna situación patológica.

Medidas directas. Mediante técnicas calorimétricas se puede medir de forma directa la energía que genera el cuerpo, cuando el sujeto se sitúa dentro de una estructura que le permita realizar algún tipo de actividad física y que posibilite medir el calor generado. Se pueden usar desde habitaciones calorimétricas hasta trajes especiales con sensores adecuados. El método, incómodo, proporciona una medición del gasto de energía en forma de calor, pero no proporciona información del tipo de combustible que se ha oxidado.



Otra aproximación directa, pero más aproximada, es la de medir la cantidad de energía que genera el cuerpo mediante la determinación con un espirómetro del consumo de oxígeno utilizado en la combustión o metabolización de los distintos nutrientes y la producción de dióxido de carbono, cuando el individuo

está en reposo (metabolismo basal) o participando en algún tipo de actividad (metabolismo energético). La participación energética de las proteínas se puede evaluar a partir del dato del contenido en urea de la orina de 24 horas. Con ello, y conociendo las cifras del consumo de oxígeno y producción de dióxido de carbono en 24 horas se puede obtener un cuadro completo energético y material sobre los nutrientes catabolizados.

El cociente respiratorio dependerá de la mezcla de combustible que se metaboliza, variando desde 1,0 (sólo carbohidratos) a 0,7 (sólo grasas).

Tomando ello como base se pueden hacer varias aproximaciones

simplificadoras del cálculo:

Una de ellas consistiría en suponer que la participación media de las proteínas es constante (un 15% del aporte energético global). Con ello, para calcular el metabolismo energético basta conocer la producción de CO₂ y del consumo de O₂ en 24h, con cuyo cociente se calcula el **cociente respiratorio** medio.

Existen tablas, como la que se adjunta, que relacionan cocientes respiratorios con kcal/LO₂. A partir de ellas, medido el cociente respiratorio, se obtiene el valor concreto de kcal/LO₂, que multiplicado por el consumo de oxígeno de las 24 horas nos indica el metabolismo energético global (o basal, si las medidas se han realizado en condiciones fisiológicas basales).

CR	Energía kcal/LO ₂	% utilización	
		Carbohidratos	Grasas
0,70	4,69	0,0	100,0
0,75	4,74	15,6	84,4
0,80	4,80	33,4	66,6
0,85	4,86	50,7	49,3
0,86	4,87	54,1	45,9
0,90	4,92	67,5	32,5
0,95	4,99	84,0	16,0
1,00	5,05	100,0	0,0

- Otra simplificación mayor es la de suponer una participación relativa fija de carbohidratos y grasas, lo que supondría un cociente respiratorio medio de 0,86, al que le corresponden 4,872 kcal/LO₂. Por tanto, con ello nos bastaría conocer un único dato, el del consumo de oxígeno de 24 horas, para obtener la cuantía del metabolismo energético global.

Medidas indirectas. Lo más normal, a efectos prácticos del cálculo energético es escoger la aproximación intermedia antes citada. Para una persona normal, en equilibrio homeostático (no se encontraría ni en situación de ganancia ni de pérdida de peso) el metabolismo energético global individual dependería de la cuantía de tres

componentes:

- metabolismo o tasa basal
- actividad física
- acción dinámica específica

Tasa metabólica basal. Es el gasto energético necesario para mantener las funciones fisiológicas bajo condiciones estándar (en condiciones de reposo, no de sueño). Su cálculo, al igual que el anteriormente comentado del energético global, también se puede efectuar mediante procedimientos directos o indirectos. El Metabolismo basal (MB) o tasa metabólica basal (BMR: Basal Metabolic Rate) se considera proporcional a la masa magra corporal y al área superficial.

El metabolismo basal es el responsable del mantenimiento de los tejidos y de la temperatura corporal; respiración, corazón, riñón y otras funciones básicas

El metabolismo basal no constituye un valor constante a lo largo de la vida de una persona, sino que depende de múltiples circunstancias como algunas de las que se especifican en la relación adjunta.

Variables
Edad
Sexo
Masa magra del cuerpo
Enfermedad
Heridas
Temperatura ambiental
Estado hormonal
Estrés
Embarazo
Lactancia

No todos los tejidos del cuerpo contribuyen por igual a la BMR: así, sólo el hígado y cerebro, que no suponen más del 4% del peso corporal requieren de más del 40% del oxígeno total utilizado por el organismo. El tejido muscular, que representa más del 40% del peso total del individuo, consume únicamente el 25% del total del oxígeno utilizado.

La BMR expresada por kg de peso corporal, puede variar por diferentes factores, como los siguientes:

- La edad, sobre todo durante la infancia, que es cuando alcanza la BMR su valor máximo. A partir de los 4-5 años comienza a descender hasta alcanzar un nivel relativamente constante hacia los 20 años de edad. El envejecimiento induce una disminución de la actividad metabólica de los tejidos más activos que, generalmente, va acompañado de un aumento de la acumulación de grasa.
- El sueño, que disminuye la BMR en un 10%.
- El embarazo, que lo aumenta, sobre todo en los dos últimos trimestres.
- La lactancia supone un período especial de aumento del nivel metabólico en la madre, ya que se gastan 120 kcal por cada 100 mL de leche producida.
- Enfermedad. Desciende en varias situaciones patológicas y también en situaciones de pérdida de masa muscular secundaria a la inactividad o a una dieta severa. Aumentos considerables pueden acompañar a estados de hipertiroidismo, infección o consumo de ciertas drogas.
- Los cambios de temperatura también pueden influir sobre la BMR, debido a la puesta en marcha de mecanismos que intentan mantener constante la temperatura corporal.
- La BMR también depende del efecto de diversas hormonas y de factores genéticos, psicológicos, situaciones de estrés, e incluso, del tipo de alimentación: las hormonas tiroideas y las catecolaminas, son las que ejercen un mayor efecto sobre el BMR, el cual se puede incrementar o reducir un 50% en situaciones de hiper o hipotiroidismo respectivamente.

Cómo calcular nuestra tasa metabólica basal (BMR)

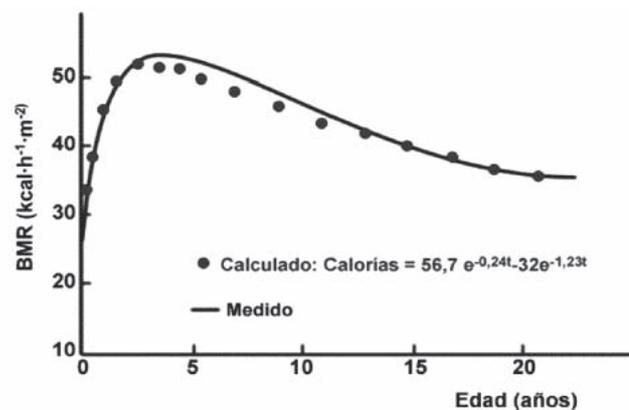
De modo idéntico a lo que ocurre con el metabolismo energético global la BMR individual se podría calcular usando métodos directos de calorimetría (habitáculos especiales), espirometría (gases respiratorios) y análisis (nitrógeno en orina). Las determinaciones suelen realizarse en un laboratorio con poca luz, en ayunas, en descanso, con una duración de 30-45 minutos mediante el análisis del gas inspirado y expirado en la respiración.

En cuanto a cálculos indirectos, estadísticos, para conocer una cifra media que corresponda a una situación de normalidad fisiológica, se acude a parámetros como superficie corporal, peso, altura, edad, sexo, etcétera.

- Superficie corporal. Una aproximación práctica y sencilla es la de considerar que la tasa metabólica basal es directamente proporcional a la superficie corporal, existiendo fórmulas, como la de Du Bois, $\text{Área (m}^2) = 0.007184 \times P^{0.425} (\text{Kg}) \times T^{0.725} (\text{cm})$, que en función del peso y la talla de la persona proporcionan los m^2 de superficie.

En el CD ROM de acompañamiento se ofrece un listado con algunas de esas fórmulas, así como una calculadora de superficie corporal basada en la ecuación de Du Bois.

El factor de proporcionalidad entre la superficie y la energía por unidad de tiempo depende del sexo y la edad. Diversas tablas y gráficos permiten obtenerlo fácilmente, con lo cual un sencillo cálculo, consistente en multiplicar ese factor por la cifra de la superficie corporal, indicará cuál es el metabolismo basal que corresponde estadísticamente a la persona concreta.



- Valor global. El método más sencillo de cálculo global del metabolismo basal para una persona consiste en utilizar como valores medios los de 1,0 y 0,9 kcal/(hora.Kg peso corporal) para hombres y mujeres respectivamente. Lo que equivale a que un hombre de 70 kg durante 24 horas le correspondiese la cifra de

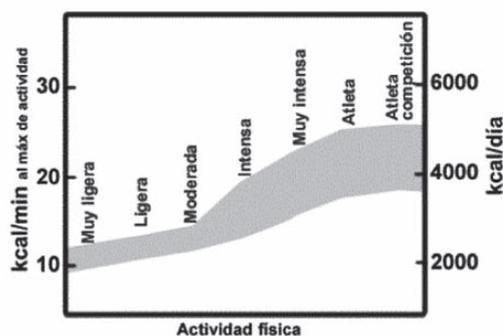
1.680 kcal mientras que este valor sería de 1.287 kcal para una mujer en ese mismo tiempo.

En todo caso, también existe una amplia lista de fórmulas para poder realizar el cálculo de la “tasa metabólica estadística normal” usando las características antropomórficas de cada caso.

En el CD ROM de acompañamiento se ofrece un listado con algunas de esas fórmulas, así como una calculadora de metabolismo basal o BMR.

Actividad física

La actividad física incrementa los requerimientos energéticos de los individuos, y activa los sistemas metabólicos encaminados a la adecuada utilización de los nutrientes –combustibles– y del consumo de oxígeno. Dependiendo de la duración e intensidad del ejercicio el gasto energético (y, por tanto, las necesidades) se pueden multiplicar hasta 8 veces momentáneamente o hasta 2,5 veces diariamente.



Cambios de los requerimientos energéticos en función de la actividad física

Existen numerosas tablas de valores energéticos medios que cuantifican el gasto energético que supone la amplia variedad de actividades físicas posibles. En ocasiones se dan los valores en unidades energéticas por tiempo, en otros casos por unidad de peso y tiempo y también se pueden ofrecer las cifras como valores adicionales o como factores multiplicadores del metabolismo basal (tomado como la unidad) o, incluso, de forma global suponiendo una persona normal de tipo medio.

En la tabla podemos ver un ejemplo en el que los valores de las diferentes actividades son los correspondientes al exceso energético que habría que sumar al metabolismo basal en el periodo de tiempo considerado.

Tumbado quieto, despierto: 0,1 kcal/(kg·h)
Sentado tranquilamente: 0,4 kcal/(kg·h)
Escribir: 0,4 kcal/(kg·h)
Comer: 0,4 kcal/(kg·h)
De pie, relajado: 0,5 kcal/(kg·h)
De pie, atento: 0,6 kcal/(kg·h)
Pelar patatas: 0,6 kcal/(kg·h)
Vestirse y desvestirse: 0,7 kcal/(kg·h)
Cantar en alta voz: 0,8 kcal/(kg·h)
Conducir un automóvil: 0,9 kcal/(kg·h)
Mecanografiar rápidamente: 1,0 kcal/(kg·h)
Fregar platos: 1,0 kcal/(kg·h)
Escaleras. Bajar 15 escalones 0,012 kcal/kg
Barrer: 1,4 kcal/(kg·h)
Caminar (5 km/h): 2,0 kcal/(kg·h)
Ciclismo (velocidad moderada): 2,5 kcal/(kg·h)
Caminar rápidamente (6,5 km/h): 3,4 kcal/(kg·h)
Bailar: 3,5 kcal/(kg·h)
Escaleras. Subir 15 escalones 0,036 kcal/kg
Ciclismo (carrera de competición): 7,6 kcal/(kg·h)
Natación (3 km/h): 7,9 kcal/(kg·h)
Caminar a alta velocidad (8,5 km/h): 9,3 kcal/(kg·h)

Acción dinámica específica

Experimentalmente se puede comprobar que si la ingesta calórica de una persona o animal es exactamente igual a su gasto energético (metabolismo basal + actividades) se produce un déficit energético que se traduciría con el tiempo en una pérdida de peso, es decir, que existe un mayor porcentaje que el previsto de energía utilizada que se convierte en calor, por lo que para alcanzar el equilibrio es necesario un suministro extra de nutrientes.

Este fenómeno se conoce con diferentes nombres: Acción o efecto dinámica/o específica/o (ADE), efecto termogénico, termogénesis, o efecto térmico de los alimentos. Puede suponer entre un 10 y un 15% de las necesidades de energía, dependiendo de las características de la dieta.

	Grasas	Carbohidratos	Proteínas	Dieta normal
Digestibilidad (%)	95	97	91	95
ADE (% de kcal ingeridas)	3	10	20	7
Energía usada para Almacenamiento (% de kcal)	3	10	17	7

Las causas, no excesivamente bien conocidas, se suelen ligar a la energía necesaria para llevar a cabo los procesos de digestión, absorción y metabolismo de los componentes de la dieta tras el consumo de alimentos en una comida (secreción de enzimas digestivos, transporte activo de nutrientes, formación de tejidos corporales, de reserva de grasa, glucógeno, proteína, etc.) pudiendo guardar relación con determinadas complejidades de su correspondiente metabolismo.

El fenómeno es dependiente del tipo de nutriente siendo su cuantía mayor para las proteínas (alrededor del 15%) que para los hidratos de carbono (alrededor del 6%) que para los lípidos (alrededor del 2%). En términos prácticos, se puede evaluar en un valor medio del 6,15%.

Por tanto, resumiendo, el **gasto energético global** es la suma de tres sumandos: tasa metabólica basal, actividad física y efecto termogénico.

A efectos prácticos comparativos, teniendo todos esos sumandos en cuenta, para una persona normal se puede señalar que, por ejemplo, durante una hora de sueño sólo se gastan 76 kilocalorías; ver televisión o charlar 118 Kcal/hora; pasear 160 Kcal/h; conducir 181 Kcal/h y las labores de jardinería 361 Kcal./h. Sin embargo, otras actividades conllevan gastos energéticos mayores: jugar al tenis 458 Kcal/h; montar en bicicleta 504 Kcal/h; subir montes 617 Kcal/h; nadar, 727 Kcal/h y uno de los ejercicios que consume más energía es el de subir escaleras: en una hora subiendo escaleras podríamos llegar a gastar hasta 1000 Kcal/h.

Como curiosidad comparativa podríamos calcular que un gasto energético diario de unas 2.100 kcal suponen unas 24 cal por segundo, equivalentes a unos 100 julios/segundo, es decir 100 watios, por lo que el gasto energético personal humano es el equivalente a mantener encendida permanentemente una bombilla de 100 watios de potencia. Es fácil comprender, pues, la razón de que la aglomeración de muchas personas en locales pequeños cerrados suponga un inmediato incremento de la temperatura del local.

En el CD ROM de acompañamiento se pueden consultar algunas tablas de gastos energéticos así como se puede utilizar un programa-calculador que permite cuantificar los diversos parámetros que hemos comentado: superficie corporal, metabolismo basal, metabolismo energético, acción dinámica específica de los alimentos (dependiendo de la composición de la dieta) y, finalmente, el metabolismo energético global. Necesariamente hay que volver a insistir que al entrar nuestros datos de edad, altura, peso, etc. los resultados que se obtienen son los de la media normal de una persona con esas características. Los valores reales, personales, pueden ser diferentes por razones genéticas, hormonales, de enfermedad, etcétera, y su cálculo real sólo lo debe realizar un profesional mediante la instrumentación adecuada. En todo caso se consideran normales los valores individuales que difieren en menos de un $\pm 15\%$ respecto al valor medio general obtenido con los procedimientos expuestos anteriormente.