

INGO FROBÖSE

LA BRÚJULA METABÓLICA

Cómo tratar bien a tu metabolismo
en la segunda mitad de la vida



PIERDE
PESO, GANA
ENERGÍA Y SUMA
AÑOS A TU
VIDA

DIANA

INGO FROBÖSE

LA BRÚJULA METABÓLICA

Cómo tratar bien a tu metabolismo
en la segunda mitad de tu vida

Traducción de Hugo López Araiza

Autoconocimiento

DIANA

La lectura abre horizontes, iguala oportunidades y construye una sociedad mejor. La propiedad intelectual es clave en la creación de contenidos culturales porque sostiene el ecosistema de quienes escriben y de nuestras librerías. Al comprar este libro estarás contribuyendo a mantener dicho ecosistema vivo y en crecimiento.

En Grupo Planeta agradecemos que nos ayudes a apoyar así la autonomía creativa de autoras y autores para que puedan continuar desempeñando su labor. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra. Puede contactar con CEDRO a través de la web www.conlicencia.com o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47

Título original: *Der Stoffwechsel Kompass*

Ingo Froböse

© Ullstein Buchverlage GmbH, Berlín. Publicado en 2022 por Ullstein Paperback

Traducción: Hugo López Araiza, 2023

© 2023, Editorial Planeta Mexicana, S. A. de C. V.

© Editorial Planeta, S. A, 2024

Dentro del sello Editorial Diana

Diagonal, 662-664, 08034 Barcelona (España)

www.dianaeditorial.com

www.planetadelibros.com

Primera edición: marzo de 2024

Depósito legal: B. 3.145-2024

ISBN: 978-84-1119-139-5

Composición: Realización Planeta

Impresión y encuadernación: Limpergraf, S. L.

Impreso en España - *Printed in Spain*



SUMARIO

<i>Prólogo</i>	9
1. ¿Qué es el metabolismo?	13
Digestión: convertir alimentos en nutrientes.....	17
<i>En la boca: una buena preparación para un buen resultado</i>	19
<i>En el estómago: disolución en un baño de ácido</i>	20
<i>En el intestino delgado: intercambio de sustancias en el cuerpo</i>	22
<i>En el intestino grueso</i>	23
<i>El microbioma: un apoyo vivo para los intestinos</i>	23
Circulación y metabolismo de transporte: imprescindible para el sustento.....	27
<i>La linfa: el sistema circulatorio que pasa desapercibido</i> ...	29
<i>Metabolismo de transporte: el servicio de entrega a las células</i>	34
<i>Microcirculación: intercambio de sustancias entre la sangre y las células</i>	39
Hormonas: las maestras de la persuasión del metabolismo..	42
<i>Tiroides: el órgano maestro del metabolismo</i>	43
<i>Paratiroides: comúnmente pasadas por alto</i>	52
<i>Suprarrenales: las glándulas hormonales desconocidas</i>	53
<i>El páncreas: el doble de importante</i>	63

<i>Medir las hormonas de forma cotidiana ¡casi nunca basta!</i>	70
Enzimas y coenzimas: aceleradoras del metabolismo	73
Vida y muerte de las células: mitosis, autofagia, apoptosis . .	75
<i>División celular: el trabajo más duro del metabolismo</i>	76
<i>Autofagia: limpieza de la célula y reciclaje de desechos. . . .</i>	79
<i>Apoptosis: el suicidio planeado de las células</i>	82
<i>Envejecimiento: la huelga de la renovación celular</i>	85
Biorritmo y metabolismo	88
<i>BRAC: el ciclo desconocido.</i>	92
<i>El metabolismo nunca duerme, pero ¡sí necesita un sueño reparador!</i>	94
2. El metabolismo de los carbohidratos	99
¡Sin glucosa, morimos!	100
Cómo se genera energía a partir de la glucosa	102
<i>Glucólisis</i>	103
El ciclo de Krebs: el centro del metabolismo.	106
La cadena de transporte de electrones: nuestro principal proveedor de energía	107
ATP: nuestro combustible vital	109
Mitocondrias: nuestras proveedoras de energía	113
<i>¿Mitocondrias que envejecen?</i>	116
<i>Biogénesis mitocondrial: el nacimiento de nuevas plantas eléctricas</i>	118
3. El metabolismo de las grasas.	125
La grasa: nuestro nutriente multifacético	125
<i>Triglicéridos</i>	126
<i>Colesterol</i>	129
<i>Fosfolípidos.</i>	131
<i>Trastornos del metabolismo de las grasas muy extendidos a partir de los 50</i>	131
<i>El síndrome metabólico: una relación insana y llena de riesgos</i>	132

Todo depende de los ácidos grasos	136
<i>Ácidos grasos saturados o insaturados: la diferencia</i>	138
<i>Grasas hidrogenadas y grasas trans: riesgos para la salud</i> . .	142
<i>Transformación de la grasa en energía</i>	145
No todo el tejido adiposo es igual	148
<i>Adipocitos: nuestros depósitos de energía ilimitados</i>	148
<i>El tejido adiposo blanco: ¡el clásico!</i>	150
<i>El tejido adiposo marrón: el proveedor de calor</i>	152
<i>El tejido adiposo beis: el consumidor de calorías</i>	153
<i>El tejido adiposo fomenta la inflamación</i>	156
<i>Las hormonas del tejido adiposo</i>	157
La distribución de la grasa: diferencias entre hombres y mujeres	159
<i>El problema: grasa visceral en la cavidad abdominal</i>	161
¿Soy bueno quemando grasa? La espirometría sabe la respuesta.	164
4. El metabolismo de las proteínas	167
Degradación de los aminoácidos: poca energía y muchas sustancias orgánicas	169
<i>Energía a partir de proteínas: ¡solo como reserva!</i>	171
<i>Metabolismo constructivo: las proteínas construyen nuestro cuerpo</i>	171
¿Cuánta proteína es razonable comer?	175
<i>El valor biológico de los aminoácidos</i>	177
5. El consumo de energía del metabolismo	179
Termorregulación: una de las principales labores del metabolismo	183
<i>Órganos, cerebro, músculos: nuestros productores de calor</i> . .	186
Lo que nuestro cerebro necesita: el metabolismo cerebral . .	188
¿Rápido o lento? El carácter individual del metabolismo . .	189
<i>No hacer nada y consumir energía: tasa metabólica basal y consumo energético en reposo</i>	194

<i>Consumir energía por medio del esfuerzo: tasa metabólica activa y equivalente metabólico</i>	198
6. Cambios en el metabolismo causados por la edad	203
Menopausia y andropausia: el organismo en transformación	207
<i>La menopausia femenina: una reorganización, no una enfermedad</i>	207
<i>Andropausia: ¿existe siquiera?</i>	214
Sarcopenia: el mayor riesgo para el metabolismo con la edad	218
<i>Prevenir a tiempo la sarcopenia</i>	221
Cambios en el cerebro	226
Aumento de la presión sanguínea y resistencia de los vasos sanguíneos	228
Mayor peso del corazón	229
Vías respiratorias dañadas	229
Sistema inmunitario reducido	231
Riñones debilitados	231
Alteración de la retención de líquidos	233
Tracto digestivo	233
Algo que se olvida a menudo: los medicamentos influyen en el metabolismo	234
<i>Medicación y metabolismo a partir de los 50 años</i>	237
<i>Epílogo</i>	241
<i>Agradecimientos</i>	243
<i>Bibliografía</i>	245
<i>Los tres pilares de la fórmula Froböse</i>	253

¿Qué es el metabolismo?

Siempre nos sorprenden las cosas que superan nuestra imaginación, y cuando eso sucede, en general, decimos que es algo maravilloso. Sin embargo, casi todos pasamos por alto la mayor maravilla de todas, pues es demasiado cotidiana y la damos por sentada: ¡nuestro cuerpo! En nueve meses pasó de ser un óvulo diminuto a un organismo vivo. Cuando atisbó la luz del mundo, ya consistía en 20 billones de portentos: las células. Durante la infancia y la juventud se triplicaron o cuadruplicaron. Ahora, como adulto, tienes entre 60 y 80 billones de células. Eso es un número con 13 ceros: ¡80.000.000.000.000! Se trata de una cantidad inimaginable de células, y todas trabajan juntas para darnos una buena vida. Dime si eso no es maravilloso.

Nuestro cuerpo es muy complejo: es a la vez frágil y resistente. Se adapta a cualquier circunstancia, funciona casi sin dificultades en la mayoría de los casos y llega a vivir hasta 100 años o más. Todo esto es mucho más asombroso si tenemos en cuenta que se trata de un bosquejo hecho por la naturaleza hace miles de años y que casi no se ha modificado desde entonces. A pesar de eso, estamos muy lejos de conocer todos sus secretos, aun cuando los psicólogos, biólogos, médicos e incluso filósofos no dejan de intentar comprenderlos.

Nuestro cuerpo se reinventa cada día, hace muchas cosas, se sana y restaura solo; y encima es emocional, social y creativo. El hecho de que además se componga sobre todo de agua y oxígeno parece casi magia.

El resto son metales y elementos no metálicos que, en su conjunto, los científicos han estimado que valen menos de 50 euros. En total, tan solo 59 sustancias distintas forman y dan vida al cuerpo. En concreto, un adulto medio contiene:

- Hidrógeno: 60,3 %.
- Oxígeno: 25,5 %.
- Carbono: 10,5 %.
- Nitrógeno: 2,42 %.
- Sodio: 0,73 %.
- Calcio: 0,226 %.
- Fósforo: 0,134 %.
- Azufre: 0,041 %.
- Potasio: 0,036 %.
- Cloro: 0,032 %.
- Magnesio: 0,010 %.

Además, en el cuerpo encontramos oligoelementos que solo conforman una parte diminuta de nuestro organismo, pero que siguen siendo indispensables.

¿Alcanza tu imaginación para que con un conjunto tan limitado de sustancias y reacciones químicas basadas en el agua y el oxígeno surja algo tan magnífico como el ser humano, con todos sus rasgos individuales? Este conjunto limitado de diminutos componentes metálicos y no metálicos cuesta menos que un par de zapatos o una entrada para ver el fútbol en un estadio y, sin embargo, al combinarlos con hidrógeno y oxígeno, suceden cosas increíbles en el cuerpo. Todas ellas están comprendidas en el término *metabolismo*. Lo que sucede a diario en el cuerpo gracias al metabolismo —por sí mismo y sin que nosotros tengamos que hacer nada al respecto— es una verdadera maravilla:

- Cada día el cuerpo produce por lo menos entre 40 y 60 kilos de energía, gracias al famoso adenosín trifosfato (ATP), el com-

bustible de nuestras células, necesario para que puedan arrancar los procesos químicos del organismo. De esta energía, el cerebro por sí solo requiere casi el 20 %.

- Sin que nos percatemos de ello, ¡nuestro cuerpo mantiene su temperatura a un nivel constante entre los 36 y los 37 grados centígrados! Tan solo imagina tu factura de la calefacción si quisieras mantener tu casa a esa temperatura todo el año. ¿Cuánto gas o gasolina se requeriría para garantizar tales temperaturas? Si hacemos el cálculo, ¡el organismo produce unos 1.000 kWh al año!
- Tu corazón late unas 100.000 veces al día y unos 36 millones de veces al año. Eso corresponde a entre 3.000 y 4.000 millones de latidos en una vida que espero que sea larga. Al hacerlo, tu corazón produce unos 100 kWh al año.
- Respiras unas 900 veces por hora, y al hacerlo aspiras unos 10.000 litros de aire que tu cuerpo procesa.
- Los vasos sanguíneos del cuerpo, si los colocáramos en una sola línea, formarían un tramo de 100.000 kilómetros.
- Dependiendo de tu peso, tienes entre 5 y 8 litros de sangre. Esta tarda entre 20 y 60 segundos en recorrer todo tu cuerpo, lo cual representa una capacidad de bombeo de 8.000 litros al día. Cada célula sanguínea da unas 1.400 vueltas a tu cuerpo al día.
- Tu sangre se renueva por completo tres veces al año, ya que cada día se producen 200.000 millones de células sanguíneas nuevas.
- Tus párpados se cierran y se abren para proteger tus ojos e hidratarlos unas 100.000 veces al día, sin que lo notes ni lo sepas.
- A lo largo de nuestra vida producimos 70 litros de lágrimas.
- Cada día producimos 1,5 litros de saliva. Después de 70 años, eso representa más de 38.000 litros.
- Los riñones limpian 180 litros de agua al día, tanta que se derramaría en una bañera.

- En tu intestino viven 100 billones de bacterias que debes alimentar.
- Tu cabello crece 0,3 milímetros al día, y tus uñas, unos 3 milímetros al mes.
- Tu cerebro, con sus 150.000 millones de neuronas, contiene 5,8 km de nervios. Requiere unos 20 W de energía por hora para alimentar sus 10.000 billones de actividades por segundo.
- Los impulsos nerviosos alcanzan una velocidad de 100 metros por segundo en el interior del cuerpo. ¡Eso son 360 km/h!
- Nuestros ojos pueden distinguir unos siete millones de colores. Cada día enfocan automáticamente unas 100.000 veces.
- En una eyaculación se disparan 400 millones de espermatozoides, con la esperanza de que uno logre su objetivo.
- Tus huesos se renuevan por completo cada 15 años.
- El intestino de una persona de 75 años ha digerido y procesado alrededor de 30 toneladas de alimentos durante toda su vida.

Podría continuar casi hasta el infinito esta lista de las capacidades fantásticas de nuestro cuerpo y tan solo habría descrito su funcionamiento cotidiano. ¡Los picos que alcanza el cuerpo humano durante actividades como las deportivas superan estas cifras! Para lograr todo esto, tu organismo —en particular, tu metabolismo— trabaja a todas horas durante toda tu vida. El metabolismo es el garante de que todo esto sea posible y de que podamos vivir como lo hacemos. Reparte los nutrientes, entrega los micronutrientes y la energía justo donde se necesitan. Elimina lo desgastado, repara lo descompuesto, desintoxica, purifica, transporta, disuelve sustancias de todo tipo, reconstruye células desde cero, desecha las viejas y descompuestas, etcétera.

Sin el metabolismo no habría vida, crecimiento, reproducción, creatividad, amor ni deseo. El metabolismo es el motor de todo lo que somos y de todo aquello en lo que nos convertimos. Fundamentalmente, abastece de energía todos los procesos de nuestro organismo y garantiza la calidad de nuestras células al producirlas, renovarlas y restaurarlas. Eso se inicia con el procesamiento de nuestra comida por

medio de la digestión, que se encarga de que los nutrientes lleguen a nuestro organismo. Sigue con el reparto de esas sustancias por medio de la circulación, que se encarga de que todos los componentes lleguen a donde se necesiten. Las hormonas dirigen y las enzimas aceleran esos complejos procesos bioquímicos y, cuando todo marcha bien, mantienen en equilibrio la producción y eliminación de células, y nos sentimos sanos y en forma.

DIGESTIÓN: CONVERTIR ALIMENTOS EN NUTRIENTES

¿Recuerdas acaso todo lo que comiste y bebiste ayer? No importa lo que haya sido, en este instante está en tu cuerpo y tu metabolismo lo sigue procesando. Sin embargo, el proceso empezó ayer, en el momento mismo en el que cerraste la boca y masticaste (ojalá lo hicieras bien). En ese momento se inició la digestión.

Al oír la palabra *digestión*, casi siempre nos vienen a la mente dos órganos: el estómago y los intestinos, y de inmediato evaluamos involuntariamente si nuestra digestión está funcionando o no. Para ello, nos parece de particular interés el famoso «tiempo de tránsito intestinal»: la cantidad de tiempo que necesita el organismo para procesar por completo los alimentos y deshacerse de los desechos. A veces eso dura bastante tiempo, pero no se trata de algo malo y mucho menos de una razón para ayudar con laxantes, pues es así como comienzan los problemas de la digestión.

En promedio, los alimentos necesitan entre 48 y 54 horas para recorrer desde la cavidad bucal hasta el ano en el caso de los hombres, y entre 60 y 72 horas en el caso de las mujeres. Por tanto, ¡cada comida que ingerimos pasa algunos días en nuestro cuerpo! El menor tiempo transcurre en el estómago —en general, tan solo entre 4 y 6 horas— o en el intestino delgado —entre 5 y 8 horas—. En realidad, el bolo alimenticio permanece el mayor periodo en el intestino grueso, pues ahí puede «acidificarse» durante varios días.

Por desgracia, aún no sabemos por qué el tránsito intestinal puede

tomar hasta 24 horas más en las mujeres (un día entero adicional) que en los hombres. Solo sabemos que el tiempo de digestión depende de muchos factores subyacentes y que incluso puede oscilar de un individuo a otro. Si te has movido y has tenido un día activo, por lo general digerirás la misma comida mucho más rápido que si hubieras pasado todo el día sentado en tu escritorio. Por lo visto, también la edad influye bastante en el asunto, pues, para muchas mujeres, los problemas digestivos se inician a más tardar con el quincuagésimo cumpleaños, y entre los hombres, un poco después.

De hecho, la digestión de alimentos es el proceso en el que se puede notar el metabolismo de una manera bastante directa. Tan solo piensa en lo rápido que cambia el aroma de la orina después de unos ricos espárragos. Examinemos todo el proceso digestivo desde el inicio, pues concentrarse solo en el estómago y los intestinos no es suficiente, y demuestra lo poco que conocemos los procesos importantes de nuestro cuerpo.

Problemas intestinales: la nueva enfermedad más popular

En la actualidad, el dolor de espalda sigue siendo la enfermedad más extendida, pero los problemas del tracto digestivo la están alcanzando a toda velocidad. Más del 25 % de los adultos alemanes de más de 50 años reportan dificultades estomacales. Nueve millones de alemanes de más de 45 años sufren reflujo, 12 millones tienen «síndrome de colon irritable» y un 13 % se quejan de gases intensos. Los seguros médicos alemanes gastan alrededor de 35.000 millones de euros al año en pagos directos (doctores, hospitales y medicinas) para tratar todas esas dolencias. La Sociedad Alemana de Gastroenterología, Enfermedades Digestivas y Metabólicas (DGVS, por sus siglas en alemán) espera que para el año 2032 otro 22 % de la población sufra las mismas dolencias, de modo que la mitad de los adultos alemanes padecerán alguna enfermedad del sistema digestivo: hay una nueva enfermedad en el horizonte.

En la boca: una buena preparación para un buen resultado

Incluso desde antes de comer, cuando olemos un alimento o cuando se nos antoja, nuestro cuerpo prepara la digestión y activa las glándulas salivales. Así, en el sentido literal de la expresión, se nos hace agua la boca. Por un lado, la saliva ayuda a hidratar bien los alimentos; por el otro, contiene enzimas. Ya desde la boca empezamos a romper los carbohidratos y las grasas.

Pero solo funciona cuando nos tomamos el tiempo necesario, comemos tranquilos y masticamos muy bien. Al masticar, no solo trituramos nuestra comida, sino que también la mezclamos con la saliva. Así, las enzimas pueden hacer su trabajo, y el bolo que entra por el esófago hacia el estómago será más suave. La alfa-amilasa, también conocida como ptialina, es sin duda la enzima salival más conocida y la encargada de los carbohidratos, mientras que la lipasa se ocupa de las grasas. El trabajo de la amilasa incluso se puede saborear: cuando masticas muy bien un pedazo de pan, después de un rato sabe dulzón, pues los muchos carbohidratos contenidos en él han quedado descompuestos en sus partes elementales: moléculas de azúcar.

Si, por el contrario, comes deprisa y apenas masticas, al estómago y a los intestinos les costará más trabajo el resto del proceso. Si los trozos de alimento son demasiado toscos, ni siquiera los puedes aprovechar. Entonces, quizá comas alimentos saludables, pero sus nutrientes no logran entrar en tu organismo porque no los masticaste lo suficiente. Lo correcto es masticar unas treinta veces antes de tragar.

Al masticar exhaustivamente no solo lograrás una mejor digestión: también debería reflejarse de manera positiva en tu nivel de insulina. Además, investigadores de la Universidad de Mánchester descubrieron en experimentos con animales que una buena masticación también ayuda al sistema inmunitario. Las células Th17, que combaten las bacterias y el moho en la cavidad bucal, se multiplican.

En el estómago: disolución en un baño de ácido

Después de haber tragado el bolo alimenticio bien masticado y comprimido, este pasa por el esófago hacia el estómago. La mayoría de la gente identifica el estómago con la panza, pero no es ahí donde se encuentra. En realidad, está mucho más arriba, hacia el pecho, y más bien del lado izquierdo del cuerpo. Mide unos 25 centímetros de largo y puede contener un volumen de entre 1,2 y 1,4 litros.

En mi opinión, otorgamos demasiada importancia al estómago. De hecho, se les ha extirpado a algunas personas y todavía pueden comer y digerir sin mayor problema. Su labor más importante es mezclar minuciosamente el bolo alimenticio con ácido clorhídrico. En una concentración del 0,5 %, es el componente principal de los jugos gástricos y mata a todos los microorganismos que hayan logrado llegar hasta ahí. Por desgracia, a veces algunos sobreviven, como la bacteria intestinal *Escherichia coli* (ver pág. 26) o la salmonela, y causan problemas graves.

En este contexto, es importante saber lo siguiente: en general, adjudicamos la causa de náuseas y diarrea a nuestra última comida. Sin embargo, las bacterias o virus que es más probable que nos hayan metido en ese lío deben instalarse cómodamente en el cuerpo y multiplicarse antes de desatar sus efectos incómodos. Para ello, necesitan entre 18 y 24 horas. Por eso debemos sospechar más bien de alguna comida del día anterior. Seguramente fue aquella la que nos provocó el mal rato.

Una segunda labor importante de los jugos gástricos es deshacer las proteínas. Para ello, contienen pepsina, que durante la famosa proteólisis desmonta las largas cadenas proteicas, como las que hay en el pescado, la carne, el huevo o las lentejas, para convertirlas en péptidos. A diferencia de las proteínas, que se componen de largas cadenas de aminoácidos —sus bloques básicos—, los péptidos son mucho más cortos. «Tan solo» contienen hasta 50 bloques proteicos, y algunos científicos marcan la frontera en los 100. En ese estado, los aminoácidos aún no están preparados para ser aprovechados por el cuerpo,

pero ya han dado un paso en esa dirección. Con este ejemplo se ve que se requiere mucha «química corporal» para que las sustancias lleguen hasta las células.

El famoso hoyo en el estómago

En 1822, el joven canadiense Alexis St. Martin recibió una bala en la parte izquierda inferior del pecho, disparada a pocos metros de distancia. Sorprendentemente, sobrevivió, pero su herida nunca sanó por completo.

Debió de haber sido una situación terrible para él, pero fue una suerte para la investigación médica, pues en aquel entonces no se sabía nada sobre el funcionamiento del estómago ni de su manera de trabajar con la comida: el médico responsable del caso, William Beaumont, un cirujano veterano del Ejército estadounidense, reconoció de inmediato esa gran oportunidad, casi histórica, e invitó a St. Martin a recibir el tratamiento en su casa. A cambio, Beaumont tendría permiso de experimentar con él usando los alimentos más dispares. Para ello, metía por la fístula gástrica que le quedó a St. Martin un hilo de seda con alimentos, los dejaba un rato ahí colgando y luego los volvía a sacar para examinar el bolo resultante. Así, Beaumont fue el primero en descubrir que el bolo alimenticio se predigiere y «purifica» en el ácido clorhídrico del estómago.

Los experimentos continuaron durante muchos años. Siempre había interrupciones, pues Martin salía de vez en cuando a recorrer el «vasto mundo». Lo más sorprendente es que vivió hasta los 86 años y formó una feliz familia con seis hijos en su ciudad natal de Quebec. Incluso sobrevivió 27 años a su médico.

En el intestino delgado: intercambio de sustancias en el cuerpo

En el intestino delgado se le extrae a la comida todo lo importante y necesario para el cuerpo: los nutrientes y las sustancias vitales. Las bacterias ayudan con diligencia en el asunto (más adelante abordaremos este punto). Esas sustancias pasan del intestino al torrente sanguíneo, que las reparte por todo el cuerpo. Por desgracia, el intestino delgado también sienta las bases de la obesidad, pues lo extrae absolutamente todo, sin importar si el organismo lo necesita de momento o no.

El intestino delgado mide unos 5 metros de largo. Empieza en el duodeno, que recibió su nombre latino, *duodenum digitorum*, porque se creía que medía 12 dedos de largo, aunque en realidad mide 30 centímetros. Es la parte donde la vesícula biliar y el páncreas inyectan bilis y enzimas pancreáticas, indispensables para la digestión. Luego siguen el yeyuno (llamado así porque en las autopsias casi siempre se encuentra vacío) y el íleon (que se ubica cerca de la cadera). El recubrimiento interior del intestino delgado no es liso, sino que se conforma de unos cuatro millones de protuberancias de entre 0,5 y 1,5 milímetros, las vellosidades intestinales. Eso aumenta la superficie al menos diez veces, y ofrece mucho espacio para asimilar nutrientes y micronutrientes, lo que los científicos llaman *absorción*. Según el libro especializado que se consulte, la superficie del intestino delgado se calcula entre los 60 y los 200 metros cuadrados.

Para proteger el organismo de los agresivos jugos gástricos, el interior del intestino delgado está recubierto con un epitelio intestinal. Sus células producen una mucosa resbaladiza como capa protectora. Dado que una perforación intestinal y la consiguiente fuga de los jugos gástricos corrosivos atentarían contra nuestra vida, las células epiteliales se renuevan por completo cada semana. Así se garantiza su buen funcionamiento, y eso también asegura que el intestino delgado trabaje en un nivel óptimo durante toda la vida. No importa si uno tiene 30, 50 o 70 años, el intestino estará en forma y será funcional. Solo cuando

no lo tratamos bien, debido a la mala alimentación o a los medicamentos, se debilita.

En el interior del intestino delgado, el bolo alimenticio avanza un promedio de 2,5 centímetros por minuto. Eso sucede por medio de contracciones en la musculatura de las paredes intestinales, conocidas como «peristalsis». Lo podemos imaginar como una ola constante pero tranquila a lo largo del intestino.

En el intestino grueso

En el intestino grueso —o colon—, de unos dos metros de largo, todo sucede con tranquilidad; es un sitio sin prisas ni estrés. Por el contrario: sabemos que los procesos digestivos sufren mucho bajo presión. El colon es casi una suerte de depósito de fermento o «compost» humano, donde habitan los excrementos, las flatulencias y sobre todo una colorida gama de microorganismos: la flora intestinal.

Un adulto produce, en promedio, entre 200 y 500 gramos de heces al día, lo que representa entre 73 y 91 kilos al año. En cada evacuación eliminamos fibra sin digerir, células intestinales desprendidas, restos de glóbulos rojos y cadáveres de bacterias. En cada gramo de excremento hay alrededor de 40.000 millones de bacterias y 100.000 millones de arqueas (arqueobacterias o bacterias antiguas), así como muchos hongos y amebas. Sin embargo, la composición de las heces cambia tanto de un día para otro que a menudo no se puede determinar la calidad del proceso digestivo de manera óptima a partir de una sola muestra, y es mejor examinar varias.

El microbioma: un apoyo vivo para los intestinos

Los intestinos delgado y grueso hacen un trabajo fabuloso, pero cuentan con una ayuda poderosa: en ambas zonas de nuestro sistema digestivo viven bacterias que ayudan a nuestro organismo a procesar la

comida. Actualmente, la ciencia supone que de las entre 1.000 y 1.500 distintas especies de bacterias existentes, tenemos alrededor de 200 o 400 en los intestinos, con variaciones individuales, dependiendo de nuestro «patrón de alimentación». Por lo tanto, cada intestino es único, pues muchos factores de estilo de vida distintos influyen en la «comunidad de bacterias». La Sociedad Alemana de Inmunología de la Mucosa y Microbioma (DGMIM, por sus siglas en alemán) supone que la dieta occidental, en particular, que incluye relativamente poca fibra, genera un espectro disminuido de especies de bacterias, pues la fibra es su principal alimento. En total, hospedamos aproximadamente 10.000 millones de bacterias, con un peso total de 1,5 kilos. Es común llamarlas *flora intestinal*, pero lo mejor y más correcto es denominarlas *microbioma intestinal*.

Las bacterias cumplen una infinidad de funciones en el organismo. Apoyan los procesos digestivos, producen vitaminas vitales, neutralizan sustancias tóxicas, metabolizan medicamentos, entrenan y estimulan el sistema inmunitario, y ponen a disposición del metabolismo las importantísimas sustancias energéticas y orgánicas del organismo, al igual que sus herramientas (como las enzimas).

La gran mayoría de las bacterias se encuentran en el intestino grueso. Ahí absorben todo lo que no se ha podido procesar hasta entonces. La fibra tiene un papel importante en ello. Al mismo tiempo, ese material fibroso indigerible de frutas y verduras también se encarga de que el intestino grueso tenga suficiente trabajo, e incluso nos protege de contraer cáncer de colon y diabetes (según múltiples estudios).

En cada región del intestino se alojan distintas especies de bacterias que cumplen labores diferentes. Para que no se mezclen las cepas, quedan separadas por la válvula ileocecal, un tapón hecho de membrana mucosa que divide el intestino grueso del delgado. Si no funciona al 100 %, habrá consecuencias fatales para nuestro bienestar. En ese caso, las bacterias del intestino grueso migran al delgado, pues también pueden aprovechar los nutrientes que se encuentran ahí y que deberían estar destinados a nuestro organismo. Si se produce una

colonización incorrecta del intestino delgado, a nuestro organismo solo le quedan las sobras.

Equilibrio de las bacterias intestinales

A grandes rasgos, estas bacterias se dividen en tres grupos, conocidos como *enterotipos*:

- Tipo 1. La mayoría de las bacterias provienen del género *Bacteroides*. Su labor esencial es fermentar los carbohidratos y producir las vitaminas biotina (B7), riboflavina y ácido pantoténico.
- Tipo 2. Una gran cantidad de estas bacterias pertenecen al género *Prevotella*, y descomponen los enlaces entre azúcares y proteínas. A partir de ellos, producen ácido fólico y vitamina B1.
- Tipo 3. Este tipo contiene grupos bastante grandes de bacterias del género *Ruminococcus*, especializadas en descomponer proteínas y azúcares.

En la actualidad, los científicos creen que la distribución de estos tres tipos varía en cada individuo. Es posible que nuestra alimentación determine qué tipo es el dominante. Además, se sospecha que lo mejor para la salud es una distribución equitativa.

Las famosas bifidobacterias (*E. bifidobacteria*) están muy extendidas en nuestro intestino. Fueron detectadas hace más de 100 años en las heces de niños de pecho. A partir de los 50 años, entre el 15 y el 20 % de todas nuestras bacterias pertenecen a esa especie. Se conocen como bacterias del ácido láctico, pues se añaden a ciertos productos lácteos como probióticos, es decir, como microorganismos vivos positivos para la salud. Son representantes de la flora acidificante, pues están implicadas en la producción de ácidos grasos de cadena corta, pero también en la descomposición de la fibra. Si cuentas con muy pocas bifidobacterias en el organismo, debes ingerir una mayor cantidad de fibra y carbohidratos de alta calidad, y menos proteínas y grasas.

Seguramente también has oído hablar de los famosos lactobacilos, que junto con las bifidobacterias pertenecen a la flora acidificante. Ellos también ayudan en la producción de ácidos grasos y en la descomposición de la fibra. Su cantidad queda muy reducida a causa de trastornos de la mucosa, ya sea por alergias o por neurodermatitis. Es común que ingerir muy pocos carbohidratos genere una carencia de este género de bacterias. Si comes más fibra, carbohidratos y lactosa —yogur, kéfir, mantequilla, requesón, queso...—, se puede compensar.

***E. coli*: famosa e infame**

La *Escherichia coli* (abreviada, *E. coli*) fue bautizada en honor al médico germano-austriaco Theodor Escherich (1857-1911). Sirve de parámetro para medir la impureza fecal de los alimentos o del agua, y también se considera un patógeno en muchos análisis diagnósticos de laboratorio. Así, la *E. coli* genera infecciones en las vías urinarias y en heridas, y se considera la principal causante de la diarrea.

Sin embargo, esta bacteria también forma parte de la flora intestinal de cualquier persona sana, sobre todo en el colon, donde es responsable, entre otras cosas, de la producción de vitamina K. También es una de las principales bacterias intestinales que necesitan oxígeno de manera obligada para su metabolismo.

En particular, la bacteria *E. coli* de la cepa Nissle 1917 sigue siendo uno de los probióticos más recetados y administrados. Durante la Primera Guerra Mundial, el profesor Alfred Nissle la aisló en las heces de un soldado que, a diferencia de sus camaradas del hospital militar, no tenía diarrea. Eso indicaba un efecto protector singular en la bacteria, por lo que esa cepa se ha seguido cultivando durante 100 años y se ha separado en distintas secuencias con distintas funciones. Ahora se sabe que impide que los patógenos se adhieran y penetren la pared intestinal.

CIRCULACIÓN Y METABOLISMO DE TRANSPORTE:
IMPRESCINDIBLE PARA EL SUSTENTO

Cuando estás cómodamente tumbado en la playa y oyes un grito pidiendo socorro —alguien se está ahogando—, debes ser capaz de levantarte de un brinco, correr al agua y nadar: en un segundo, tu cuerpo y tu circulación deben funcionar de manera muy distinta. De pronto, tu organismo requiere la energía y los nutrientes que obtuvo de la comida gracias a la digestión.

Por lo tanto, una de las labores más importantes de nuestra circulación es garantizar que en cada momento los órganos tengan una irrigación sanguínea adecuada a la situación, para que nuestros sistemas estén lo mejor abastecidos posible. Eso incluye —y normalmente con éxito— las condiciones y los esfuerzos más extremos, que en parte conllevan una demanda variable de oxígeno y energía. Para ello tenemos una extensa red de arterias y venas que alcanza cada recoveco de nuestro cuerpo. Con ayuda de la sangre, las arterias reparten nutrientes y oxígeno desde el corazón hacia las células. Ahí se produce el metabolismo en sentido etimológico (del griego *metabolé*, «cambio»): la célula «toma» sustancias útiles y las intercambia por dióxido de carbono y residuos, que la sangre se lleva por medio de las venas.

El abastecimiento siempre depende mucho de la presión arterial y de la resistencia local al flujo. Si las necesidades de los órganos cambian —porque, por ejemplo, de pronto saltas del sofá para subir corriendo las escaleras—, entonces la adaptación rápida y efectiva depende sobre todo de que la resistencia de los vasos sanguíneos locales se reduzca. A la vez, se espera que esa resistencia local, muy variable, sea muy alta durante el reposo, para que pueda reducirse de forma considerable en caso de necesidad. Por lo tanto, para mantener la irrigación sanguínea de los órganos, el corazón debe producir una presión bastante elevada a casi cualquier hora, pues durante el reposo nos permitimos una resistencia alta.

Por cierto, en estado de descanso, los músculos esqueléticos, los

riñones y el tracto digestivo obtienen la mayor parte de la irrigación sanguínea. Pero si solo se toma en cuenta el peso de cada órgano, los riñones son, con diferencia, los órganos grandes mejor irrigados de nuestro cuerpo.

Mientras la actividad del metabolismo permanezca sin cambios, la irrigación sanguínea también se mantendrá constante. Pero como frecuentemente hay cambios ligeros en la presión, la resistencia regional o local de los vasos sanguíneos debe adaptarse a ellos para que la irrigación se mantenga constante. Es lo que llamamos *autorregulación de la irrigación sanguínea*. Lo que cambia principalmente es el radio de los vasos sanguíneos, con ayuda de la musculatura vascular (reacción miogénica). Al igual que todos los órganos «huecos» —como el tracto digestivo, las vías respiratorias y el tracto genital femenino—, los vasos sanguíneos cuentan con músculos lisos, que, a diferencia de los estriados del tejido muscular esquelético, trabajan de forma autónoma. Por lo tanto, no podemos influir en ellos de forma voluntaria. Mediante la dilatación o la contracción —la famosa *vasoconstricción*— de los vasos sanguíneos, el cuerpo regula el abastecimiento de los órganos sin que tengamos que intervenir. La irrigación de riñones, corazón y tracto digestivo en particular es muy estable, porque son casi inmunes a los cambios de presión circundantes.

Este mecanismo funciona bien hasta que tienen lugar cambios patológicos en los vasos. Por desgracia, estos no son raros a partir de los 40 o 50 años: entonces aumenta significativamente la arteriosclerosis, que son sedimentos en los vasos sanguíneos. Eso genera una peor irrigación de los órganos y, sobre todo, un debilitamiento de la reacción, y con él, de la adaptación a cambios de presión ante el esfuerzo. Por eso podemos suponer que, con la edad, la irrigación de los órganos, generada por cambios en los vasos sanguíneos, ya no es óptima y los órganos cada vez están peor abastecidos. Muchos autores incluso describen que la resistencia de los vasos sanguíneos aumenta ya desde los 40 años, lo que merma el abastecimiento y todas las funciones del metabolismo.

Cómo prevenir la arteriosclerosis

Cuando se forman sedimentos en los vasos sanguíneos, las venas se vuelven cada vez más rígidas, a la vez que disminuye su diámetro. Eso aumenta la presión sanguínea. Como las paredes de los vasos de todos modos aumentan su grosor con la edad, tiene mucho sentido prevenir un grosor adicional a causa de la arteriosclerosis. Eso se puede lograr, por un lado, con una dieta mediterránea baja en sal, que mantenga en jaque el colesterol, y, por otro, haciendo ejercicio aeróbico. Este último vuelve más eficiente el corazón, disminuye la presión, mantiene flexibles los vasos sanguíneos y procura una mejor irrigación en general. Los cambios entre frío y calor, como en una sauna o una ducha heteroterma, también mantienen en forma los vasos sanguíneos.

La linfa: el sistema circulatorio que pasa desapercibido

Conoces los ganglios linfáticos y, seguramente, también has oído hablar del líquido linfático. Pero no sabes nada del sistema linfático y sus funciones, ¿correcto? Sin embargo, junto con la circulación sanguínea, se trata del segundo órgano circulatorio del cuerpo, y muy poca gente sabe que pertenece a una de nuestras estructuras metabólicas más importantes y que hace una valiosa aportación a nuestra salud: la linfa es indispensable para el metabolismo de transporte, el abastecimiento de nutrientes, el desecho de residuos, el equilibrio de líquidos y también para el sistema inmunitario.

Nuestro organismo produce más de 5 litros de linfa al día, y ese líquido acuoso y lechoso recorre todo nuestro cuerpo en sus propios vasos. El sistema linfático corre en paralelo a las arterias y venas del cuerpo, pero no es un sistema cerrado como el sanguíneo, sino que empieza directamente en los tejidos. En las venas subclavias, la linfa se mezcla con la sangre. Como hay un intenso intercambio entre linfa

y sangre, no es de sorprender que la linfa esté formada por los mismos componentes que el plasma sanguíneo, aunque en otra proporción: es más pobre en proteínas disueltas (entre un 1 y un 5 %), más rica en urea (0,06 %) y, sobre todo, más rica en lípidos (entre un 3 y un 6 %).

Durante su trayecto, la linfa pasa por muchos ganglios y se rebaja en unos 2 litros. Los ganglios linfáticos más conocidos, con los que quizá ya hayas tenido un contacto incómodo, son sin duda los del cuello, las axilas, las corvas y las ingles. Sin embargo, nuestro organismo tiene muchos más: entre 600 y 700, de entre 3 y 30 milímetros de diámetro cada uno.

Entre las células suceden muchas cosas

Las labores primarias de nuestro sistema linfático son el transporte de desechos y nutrientes, pero también el drenaje de tejidos; por ello, pertenece directamente a nuestro metabolismo de transporte. Pero ¿cómo funciona?

De los vasos sanguíneos más finos se fuga constantemente el plasma hacia el espacio entre las células (el espacio intercelular) y las baña por completo para que los nutrientes necesarios puedan entrar a ellas. Lo que las células no utilizan o ya no necesitan y desechan, lo expulsan como residuos y líquidos usados en ese mismo espacio intercelular. Por supuesto, la «basura» no se puede quedar ahí. Con ayuda de la sangre, los capilares recogen una parte de los residuos del tejido. Sin embargo, las paredes de nuestros vasos sanguíneos delgados son bastante impermeables, y solo dejan pasar partículas muy pequeñas. El resto —como las grasas, las proteínas, los metabolitos como la urea, los trozos de células o los glóbulos usados— va a parar a los vasos linfáticos. Para eso, tienen una pared externa delgada y permeable, que les permite recibir directamente los fluidos celulares, junto con bacterias o moléculas más grandes provenientes del tejido.