

PNIM

PROGRAMACIÓN NEUROMOTRIZ



*Descubre cómo la fisiología
afecta a la psicología*

PEDRO VIVAR · JOSUÉ TARÍ

PNNM

PROGRAMACIÓN NEUROMOTRIZ

*Descubre cómo la fisiología
afecta a la psicología*

Pedro Vivar • Josué Tarí

**LUNWERG**
EDITORES

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 seguir desempeñando su labor. Dirígete a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesitas fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra. Puedes contactar con CEDRO a través de la web www.conlicencia.com o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47.

© Pedro Vivar, 2023

© Josué Tarí, 2023

© del prólogo, Sara Moro, 2023

© Editorial Planeta, S.A., 2023

Lunweg es un sello editorial de Editorial Planeta, S.A.
Avenida Diagonal, 662-664 – 08034 Barcelona
Calle Juan Ignacio Luca de Tena, 17 – 28027 Madrid
lunweg@lunweg.com
www.lunweg.com
www.instagram.com/lunweg
www.facebook.com/lunweg
www.twitter.com/Lunweglibros

Imágenes: Héctor D. Jordana, excepto las indicadas en la página 256
Creación y realización: Lunweg, 2023

Primera edición: junio de 2023

Depósito legal: B. 3381-2023

ISBN: 978-84-19466-60-0

Impresión y encuadernación: Gómez Aparicio

Printed in Spain – Impreso en España



El papel utilizado para la impresión de este libro está calificado como **papel ecológico** y procede de bosques gestionados de manera **sostenible**.

ÍNDICE

PRÓLOGO	8
INTRODUCCIÓN	11
SOMOS UNA MÁQUINA PERFECTA	15
LA PIEL, MECANISMO DE EQUILIBRIO Y REGULACIÓN	18
LA EFICIENCIA ENERGÉTICA	23
El metabolismo energético humano, versión simplificada	25
La configuración «modo ahorro»	28
La eficiencia en la programación neuromotriz	32
LA ADAPTACIÓN AL ENTORNO	33
Genética	33
Epigenética	37
<i>La epigenética de nuestros ancestros, 41</i>	
<i>El microbioma, 43</i>	
<i>El exposoma, 44</i>	
LAS ACCIONES CONSCIENTES E INCONSCIENTES	46
Las etapas de la competencia	48
<i>Incompetencia inconsciente, 49</i>	
<i>Incompetencia consciente, 49</i>	
<i>Competencia consciente, 49</i>	
<i>Competencia inconsciente, 50</i>	
Las bondades de la repetición y la consciencia	51
LA POSTURA ES EL REFLEJO DEL ALMA	55
LOS PATRONES DE ALTERACIÓN SOMÁTICA	59
Estructura rígida	60
Estructura densa	61

Estructura hinchada.....	62
Estructura colapsada.....	62
El diálogo entre patrones posturales.....	63

EL LENGUAJE CORPORAL 65

**EL CEREBRO SE ENTRENA CON EL MOVIMIENTO
Y EL MOVIMIENTO SE ENTRENA CON EL CEREBRO 69**

LA NEUROPLASTICIDAD Y EL EJERCICIO FÍSICO 71

EL ENFOQUE NEUROMOTRIZ 74

El sistema nervioso central.....	74
¿Alimentación o entrenamiento?.....	76

LAS INTELIGENCIAS DIVERGENTES..... 80

La inteligencia emocional y la inteligencia motriz.....	83
---	----

LA FUNCIÓN EJECUTIVA DEL CEREBRO..... 87

La toma de decisiones y los hábitos.....	89
La gratificación.....	92
Estar en el presente.....	95

EL PROCESO DE APRENDIZAJE MOTOR 99

EL APRENDIZAJE MOTOR A NIVEL FISIOLÓGICO 101

FACTORES QUE AFECTAN AL APRENDIZAJE MOTOR 103

Las fases del aprendizaje.....	103
El tipo de tarea.....	104
El <i>feedback</i>	105
Las características de la práctica del aprendizaje.....	106

La metodología del aprendizaje motor, 106

**EL DESARROLLO MOTOR Y LOS PATRONES BÁSICOS
DE MOVIMIENTO 109**

LAS ETAPAS DEL DESARROLLO MOTOR..... 109

LA PÉRDIDA DE HABILIDADES MOTORAS Y EL DESAFÍO DE RECUPERARLAS..... 112

La práctica sistemática.....	116
------------------------------	-----

La receta del éxito del entrenamiento, 118

La ergonomía, 119

La hormesis, 121

La recuperación de los patrones básicos de movimiento.....	121
--	-----

Los programas motores, 123

Apuntes para la recuperación de la práctica deportiva, 126

LA DISOCIACIÓN Y LA INTEGRACIÓN	129
LA FUERZA	129
DE LA DISOCIACIÓN A LA INTEGRACIÓN	131
El centro de gravedad y la base de sustentación.....	133
El control técnico de la marcha: ejemplo de integración.....	135
La progresión.....	135
EL AUMENTO DE LA MASA MUSCULAR	137
HÁBITOS NUTRICIONALES Y ESTILO DE VIDA	139
EL ENTRENAMIENTO	141
Variables del entrenamiento de fuerza.....	143
El riesgo de lesión.....	145
El entrenamiento concurrente y el enfoque de la PNM.....	145
La activación muscular.....	147
Los sistemas oblicuos.....	151
REVISIÓN DE LAS ESTRUCTURAS CORPORALES Y DE LAS POSICIONES FORZADAS	156
Pies.....	156
Rodillas.....	159
Muslos.....	159
Pelvis y tórax.....	161
Cuello.....	164
LA RESPIRACIÓN: MUCHO MÁS QUE INSPIRAR Y ESPIRAR	167
LA DINÁMICA Y LA ANATOMÍA DE LA RESPIRACIÓN	169
LOS MÚSCULOS DE LA RESPIRACIÓN.....	171
EL FUNCIONAMIENTO GENERALIZADO DE LA RESPIRACIÓN	171
LA EMOCIÓN Y LA RESPIRACIÓN	173
LA COLUMNA VERTEBRAL: EL ORIGEN DE NUESTRA ARQUITECTURA.....	177
LA ESTRUCTURA ÓSEA.....	179
LA ESTRUCTURA DE LA COLUMNA VERTEBRAL	184
La estabilización de la columna vertebral.....	188
Masas e intermasas.....	188
LA COLUMNA VERTEBRAL COMO MOTOR DE LOCOMOCIÓN.....	190

LAS CADENAS RELACIONALES.....	193
La cadena posterior dominante.....	197
¿ESTAMOS CONFIGURADOS PARA ESTAR SENTADOS O DE PIE?.....	199
LA SEDESTACIÓN Y LA RELACIÓN CON EL ENTORNO.....	199
Los riesgos de estar sentados.....	202
LA LOCOMOCIÓN BIPODAL.....	204
Los pies y las bóvedas de arco.....	206
LA ATENCIÓN ES EL BIEN MÁS VALIOSO QUE TENEMOS.....	217
EL ESFUERZO ES TU ALIADO.....	233
LOS FUNDAMENTOS DE LA PROGRAMACIÓN NEUROMOTRIZ.....	235
VALORACIÓN FUNCIONAL.....	237
AGRADECIMIENTOS.....	244
BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA.....	246
NOTAS BIBLIOGRÁFICAS.....	247

SOMOS UNA MÁQUINA PERFECTA

Habitamos un engranaje extremadamente complejo, y a menudo nos olvidamos de esta situación. Según el investigador y escritor estadounidense Bill Bryson el cuerpo humano es la mejor tecnología jamás creada. Después de dedicarse en profundidad a su estudio, considera que la vida es un verdadero milagro: «Tenemos 37 billones de células, y cada una es una entidad independiente trabajando para nosotros».

Bryson no es el único que se maravilla ante el funcionamiento de nuestro organismo. El neurocientífico Christof Koch declaró una vez que el cerebro humano es «el objeto más complejo del universo conocido». ¿Eres consciente de las hipervelocidades con las que opera? Considera lo siguiente: se producen aproximadamente 1 millón de billones de sinapsis (es decir, de enlaces entre las células nerviosas) en la capa cortical del cerebro humano, lo que significa que si intentáramos calcular todos los caminos posibles existentes que estas sinapsis podrían tomar para conectarse entre sí el número sería *hiperastronómico*. Como el biólogo Gerald Edelman conjeturó, si pudiéramos contar una sinapsis por segundo nos llevaría unos 32 millones de años completar su recuento. Este dato es clave para entender la programación neuromotriz (PNM), ya que pone de relieve la gran cantidad de conexiones entre las neuronas, y no únicamente su número.

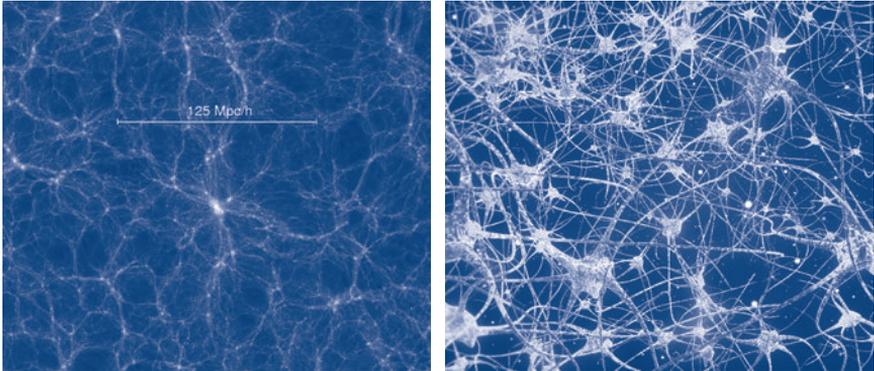
Consideremos asimismo la capacidad del cerebro para memorizar. Se trata de algo difícil de calcular de manera exacta, ya que existen recuerdos que conservan mayor número de detalles y, por tanto, ocupan más espacio,

mientras que otros recuerdos se olvidan, permitiéndonos así liberar espacio de almacenamiento. Durante años se dijo que el cerebro tenía 100.000 millones de células nerviosas o neuronas, pero una minuciosa evaluación realizada en 2015 por la neurocientífica brasileña Suzana Herculano-Houzel reveló que la cifra real ronda los 86.000 millones, lo que representa un descenso bastante sustancial. Cada neurona crea unas 1.000 conexiones con otras neuronas, lo que asciende a más de un billón de conexiones.¹ Si cada neurona pudiera almacenar tan solo un recuerdo, la falta de espacio sería un problema y no nos diferenciaríamos de un *smartphone* o de un lápiz USB. Sin embargo, las neuronas se combinan de modo que cada una contribuye con muchos recuerdos a la vez, aumentando de manera exponencial la capacidad de almacenamiento del cerebro a una cifra cercana a los 2,5 petabytes (1 petabyte = 1 millón de gigabytes). Eso significa que si tu cerebro funcionara como el grabador de vídeo digital de un televisor, 2,5 petabytes serían suficientes para almacenar tres millones de horas de programas de televisión. Vamos, que tendrías que dejar el televisor funcionando continuamente durante más de 300 años para agotar todo el contenido almacenado.

**El órgano que más huella deja, y sobre el que más huella dejamos,
es el cerebro.**

Para que te des cuenta de las extraordinarias posibilidades de nuestro cerebro, te dejamos aquí otro dato: el espacio interior del cerebro humano coincide con el espacio exterior del universo; tiene un alcance casi infinito. Como cuenta Bill Bryson: «Estamos hechos de los mismos elementos que se encuentran en el suelo: aluminio, cobre, oxígeno y helio. Solos no hacen nada, pero aquí en la Tierra se juntaron para formar vida», lo que significa que hay suficiente material en el cuerpo como para ir a los confines del sistema solar y, por eso, en el sentido más literal, los humanos somos en realidad seres cósmicos.

Además del cerebro, nuestro cuerpo está dotado de otras muchas características excepcionales. Presentamos a continuación algunas curiosidades de esta máquina perfecta que habitamos:



Vista dinámica del universo y vista de un conjunto de neuronas con sus conexiones sinápticas.

- **Una huella única.** Es conocido por todos que cada ser humano se diferencia por tener una huella dactilar única. El sistema dactilar de identificación se remonta a hace más de 4.000 años, cuando los babilonios ya lo utilizaban para firmar contratos. Se tiene constancia de que en el siglo XI a.C., en China, se sabía de la unicidad de algunos de nuestros caracteres dactilares. Esta información viajó a Persia con la dinastía de Tamerlán, en el siglo XIV. En esa época, el historiador Rashid al-Din Tabib afirmaba que no hay dos personas cuyos dedos sean exactamente iguales. Sin embargo, no fue hasta mediados del siglo XIX cuando surgió el sistema moderno de las huellas dactilares.
- **Un corazón incansable.** El corazón humano late aproximadamente 100.000 veces al día. El de un adulto promedio lo hace entre 60 y 80 veces por minuto, pudiendo llegar a los 200 latidos por minuto en situaciones de altas demandas, lo que significa que en una existencia promedio late 3.500 millones de veces. El corazón bombea unos 8.000 litros de sangre al día. De ellos, un 22% va a los riñones y entre el 15% y el 20% se dirige al cerebro. El resto de la sangre es enviada a todos nuestros órganos y tejidos, excepto a la córnea, ya que si llegara allí impediría que los rayos de luz penetraran en el interior del ojo y no podríamos ver.
- **Una sangre rica en componentes.** Dentro de una diminuta gota de sangre hay 5 millones de glóbulos rojos, 300.000 plaquetas y 10.000 glóbulos blancos. Un glóbulo rojo tarda aproximadamente un minuto en circular

alrededor de todo el cuerpo y realiza aproximadamente 250.000 viajes antes de regresar a la médula ósea, donde nació, para morir.

- **Unos pulmones infatigables.** Los pulmones procesan más de 8.000 litros de aire al día. En reposo, el cuerpo de un adulto inhala y exhala unos 6 litros de aire por minuto y, en ese minuto, respira de 12 a 15 veces. Los capilares de los pulmones, que son los pequeños vasos sanguíneos que rodean los alvéolos y permiten la difusión entre el aire y la sangre, forman un sistema tan complejo que si los colocáramos uno detrás del otro medirían 1.600 kilómetros.
- **Una capacidad asombrosa para filtrar agua.** Según escribe Peter Stark en *Último aliento: Historias acerca del límite de la resistencia humana*, un hombre que pese 70 kilos contendrá algo más de 40 litros de agua. Si se limita a permanecer sentado y respirar, perderá alrededor de 1,5 litros de agua diarios mediante una combinación de sudor, respiración y micción. Pero si hace un esfuerzo, esa tasa de pérdida puede dispararse hasta los 1,5 litros por hora, un ritmo que pronto puede volverse peligroso. En situaciones extenuantes, por ejemplo, caminar bajo un sol abrasador, se puede llegar a sudar fácilmente de 10 a 12 litros de agua en un día y, aunque parezca algo anecdótico, es precisamente esta capacidad de filtrar agua lo que marca la diferencia del ser humano con otros seres vivos.

LA PIEL, MECANISMO DE EQUILIBRIO Y REGULACIÓN

Es el viejo, humilde y poco atractivo sudor el que ha hecho de los humanos lo que hoy son.

Nina Jablonski

El fisiólogo de Harvard Walter Bradford Cannon (1871-1945) acuñó el término *homeostasis* para explicar el conjunto de mecanismos de autorregulación que tiene como objetivo mantener el equilibrio en el interior del cuerpo de forma automática. Que esto sea posible se debe en gran medida a uno de los órganos más importantes y menospreciados de nuestro cuerpo: la piel.

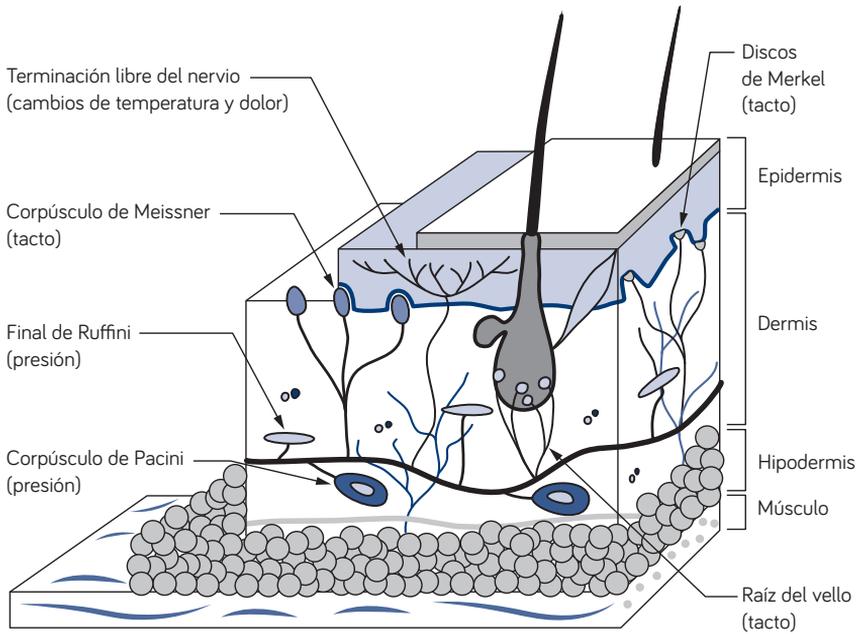
El nombre formal con el que se denomina la piel es *sistema cutáneo*. Su tamaño es de unos 2 metros cuadrados y su peso total suele oscilar entre los 4,5 y los 7 kilos, aunque variará en función de nuestra estatura y peso, en definitiva, según la cantidad de tejido que necesite envolver. La piel se adapta dependiendo de lo que recubre, por lo que es más fina en los párpados (con solo unos 0,025 milímetros de grosor) y más gruesa en la palma de las manos y la planta de los pies. A diferencia de órganos como el corazón o los riñones, la piel nunca falla.

Puede que resulte sorprendente, pero nuestra piel es nuestro mayor órgano y, posiblemente, el más versátil. Nos protege del exterior, amortigua los golpes, nos proporciona el sentido del tacto —brindándonos placer, calor, dolor y casi todo lo que nos convierte en seres vitales—, produce melanina para protegernos de los rayos del sol, es determinante en la regulación de nuestra temperatura corporal y se repara cuando la maltratamos. En definitiva, cuida de nosotros.

La piel está formada por una capa interna llamada *dermis* y una externa que recibe el nombre de *epidermis*. La superficie más externa de la epidermis, la denominada *capa córnea*, está compuesta íntegramente de células muertas. Resulta una idea fascinante que nuestra capa más superficial y aquello que vemos y podemos tocar de otras personas esté muerto. Allí donde el cuerpo se encuentra con el aire, todos somos cadáveres. Esas células externas de la piel se reemplazan de forma constante, aproximadamente cada mes. Perdemos piel continuamente: unos 25.000 «copos» por minuto, es decir, más de un millón cada hora. Si pasas el dedo por un estante polvoriento, en gran medida estarás abriendo camino a través de fragmentos de tu antiguo yo.

**Según el Génesis «polvo eres y en polvo te convertirás» (3, 19),
pero no esperamos a morir para convertimos en polvo.**

Debajo de la epidermis se encuentra la dermis, una capa más fértil donde residen todos los sistemas activos de la piel: vasos sanguíneos y linfáticos, fibras nerviosas, las raíces de los folículos pilosos, los depósitos glandulares del sudor y el sebo... Debajo de esta hay una capa subcutánea, que técnicamente no



Receptores cutáneos y capas de la piel.

forma parte de la piel, donde se almacena la grasa. Aunque no pertenezca al sistema cutáneo, es una parte importante del cuerpo, dado que almacena energía, produce hormonas, proporciona aislamiento y mantiene unida la piel al cuerpo que hay debajo.

Los folículos realizan una doble función: hacer brotar pelos y secretar sebo (en las glándulas sebáceas), que, mezclado con el sudor, forma una capa oleosa en la superficie. Esto contribuye a mantener la piel suave y a la vez hacerla inhóspita para muchos organismos extraños.

La dermis también contiene una serie de receptores que nos mantienen literalmente en contacto con el mundo. Cuando sentimos el viento en nuestra cara, son los corpúsculos de Meissner los que nos lo hacen saber. Estos receptores, que reciben su nombre del anatomista alemán Georg Meissner, detectan el más ligero roce y son particularmente abundantes en nuestras zonas erógenas y otras áreas de sensibilidad acrecentada: las yemas de los dedos, los labios, la lengua, el clítoris, el pene, etc. Cuando nos quemamos la

mano porque hemos tocado una taza de café caliente, son los corpúsculos de Ruffini los que ponen el grito en el cielo; las células de Merkel responden a la presión constante; los corpúsculos de Pacini, a la vibración.

Podemos sentir el mundo gracias a todos estos receptores. Un corpúsculo de Pacini puede detectar un movimiento de solo 0,00001 milímetros, que en la práctica viene a ser como no moverse en absoluto. Es más: ni siquiera requiere contacto físico con el material que está interpretando. Como señala David J. Linden en su libro *Touch*, si hundes una pala en grava o en arena puedes percibir la diferencia entre ambas, a pesar de que lo único que tocas es la pala, del mismo modo que un sordo es capaz de tocar el piano percibiendo a través de sus dedos cada una de las notas en función de la frecuencia de vibración de cada tecla.

La cuestión del color de la piel es, en cambio, científicamente mucho más compleja de lo que nadie imaginaba, ya que en palabras de Nina Jablonski «hay más de 120 genes involucrados en la pigmentación de los mamíferos, por lo que resulta realmente difícil desentrañarlo todo». Lo que sí sabemos es que la piel obtiene su color de una serie de pigmentos, el más importante de los cuales es una molécula denominada formalmente *eumelanina*, pero conocida universalmente como *melanina*. «La melanina es un excelente protector solar natural —explica Jablonski—. Se produce en unas células llamadas *melanocitos*. Todos nosotros, sea cual sea nuestra raza, tenemos el mismo número de melanocitos. La diferencia está en la cantidad de melanina que producen.» La melanina suele responder a la luz solar de manera bastante irregular, lo que da lugar a las pecas, técnicamente denominadas *efélides*.

El color de la piel constituye un ejemplo clásico de lo que se conoce como *evolución convergente*, es decir, la existencia de resultados evolutivos similares en dos o más ubicaciones distintas.

Sin embargo, no es el color de nuestra piel lo que nos hace especiales como especie, sino su capacidad de regular y mantener nuestra temperatura corporal. Una de las capacidades del ser humano más infravaloradas es la de filtrar fluido acuoso sobre la piel casi desnuda, que enfría el cuerpo al evaporarse. A lo largo de la evolución, perdimos la mayor parte de nuestro pelo corporal y adquirimos la capacidad de disipar el exceso de calor a través de la

sudoración ecrina, lo que ayudó a hacer posible el drástico aumento de nuestro órgano más sensible a la temperatura, el cerebro. Por lo tanto, la capacidad de sudar fue determinante para hacer de nosotros unos seres cerebrales.

Nuestra temperatura corporal varía ligeramente a lo largo del día (es más baja por la mañana y más alta al final de la tarde o por la noche), se mantiene dentro de un margen restringido de unos 36-38 °C. La desviación en cualquier dirección de esta temperatura es una invitación a padecer múltiples problemas. Por ejemplo, bajar un par de grados la temperatura normal, o incrementarla cuatro grados, predispone al cerebro a sufrir una crisis que puede provocar rápidamente la muerte y daños irreparables en la salud de una persona. Para evitar consecuencias nefastas, el cerebro dispone de su propio y fiable centro de control, el hipotálamo, que indica al cuerpo que tiene que enfriarse sudando, o que debe calentarse tiritando y desviando el flujo de sangre de la piel hacia los órganos más vulnerables. En esto, a diferencia de otras especies, somos expertos. Animales como los chimpancés solo tienen la mitad de las glándulas sudoríparas que nosotros, por lo que no pueden disipar el calor tan deprisa como los humanos. La mayoría de los cuadrúpedos se enfrían jadeando, lo que resulta incompatible con mantener una carrera sostenida y respirar profundamente a la vez, sobre todo para las criaturas peludas en los climas cálidos. Lo que permitió a nuestra especie sobrevivir cuando no disponía de los medios de los que dispone ahora es precisamente la capacidad de sudoración y transpiración, ya que podía perseguir a otras especies hasta su extenuación.

Puede que esta no parezca una forma demasiado sofisticada de abordar un asunto tan diferencial como especie, pero lo cierto es que lo es. En un conocido experimento mencionado por el académico británico Steve Jones, un sujeto corrió una maratón en una cinta rodante mientras la temperatura ambiente se iba elevando de manera gradual de -45 a 55 °C, aproximadamente los límites de la tolerancia humana en ambos extremos. Pese al esfuerzo que realizaba el sujeto y de esta amplia variación de la temperatura exterior, en el transcurso de todo el ejercicio su temperatura corporal interna se desvió menos de un grado.

Esta prueba se parece a una serie de experimentos de hace más de doscientos años llevados a cabo por un médico británico llamado Charles Blagden

para la Real Sociedad de Londres. Blagden construyó una «cámara caliente», básicamente un horno en el que se podía entrar, donde él y sus colaboradores se dispusieron a permanecer todo el tiempo que pudieran soportar. Blagden logró aguantar diez minutos a una temperatura de 92,2 °C. Su amigo el botánico Joseph Banks aguantó hasta los 98,9 °C, aunque durante tres minutos. Para demostrar que no había falacia en el grado de calor mostrado por el termómetro dejaron unos huevos y un bistec sobre una superficie en el interior de la cámara, que se cocinaron en el tiempo que permanecieron dentro.

Podríamos haber reducido notablemente nuestras necesidades energéticas si hubiéramos optado por ser de sangre fría. De media, un mamífero consume a diario unas 30 veces más energía que un reptil, lo que significa que nosotros tenemos que comer cada día lo que un cocodrilo necesita en un mes. Lo que ganamos a cambio es la capacidad de levantarnos de la cama por las mañanas, en lugar de tener que permanecer tumbados sobre una roca hasta que el sol nos caliente, además de poder desplazarnos de noche o en climas fríos, y en resumidas cuentas ser en general más vigorosos y estar dotados de una mayor capacidad de respuesta que nuestros homólogos reptilianos.

Nuestra existencia tiene lugar dentro de un umbral de tolerancias extraordinariamente fino, pero gracias a nuestros mecanismos de eficiencia de energía y adaptación al entorno nos hemos convertido en la especie dominante en la naturaleza.

LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

El mundo está lleno de energía y potencia, y con una pequeña parte de esa potencia se puede llegar muy lejos.

Neal Stephenson

Que algunas personas pospongan el despertador para quedarse más tiempo en la cama, se tiren horas viendo Netflix en el sofá o coman incluso cuando no tienen hambre no es algo negativo de por sí. Debemos entender que gracias a los mecanismos de ahorro y eficiencia de energía el ser humano ha

sobrevivido millones de años como especie y ha alcanzado la cúspide de la cadena alimentaria.

Desde un punto de vista estrictamente biológico, el ser humano, como cualquier ser vivo de este planeta, busca dos cosas: sobrevivir y reproducirse. Siempre en ese orden, aunque la mantis religiosa y la viuda negra se lo ponen difícil a su pareja, y seguramente entre la especie humana tú también conozcas algún ejemplo que hace tambalear esta afirmación. Bromas aparte, el organismo busca primero la supervivencia del individuo para garantizar, después, la supervivencia de la especie.

En el contexto actual, reflexionar sobre este tema puede parecernos una perogrullada o incluso una ridiculez. Ahora es muy fácil obtener la energía necesaria para garantizar nuestra supervivencia, contar con un refugio para resguardarnos e incluso, con un poco de suerte, llegar a reproducirnos. Hoy en día conseguimos todo esto sin necesidad de realizar un esfuerzo exacerbado.

Sin embargo, esta situación es bastante reciente. En el mundo occidental, por lo general, dejamos de luchar para sobrevivir hace menos de 100 años, mientras que en algunas zonas de nuestro planeta aún existen personas que no tienen garantizada su supervivencia a prácticamente ninguna edad. Si nos remontamos al origen de la especie humana y al entorno donde vivió durante cientos de miles de años, nos daremos cuenta de que obtener la energía necesaria mediante alimentos y contar con un refugio apropiado eran tareas arduas, a tiempo completo y usualmente peligrosas, por lo que la reproducción no siempre estaba garantizada.

Es bajo este entorno salvaje que se forjaron los genes humanos. En ese contexto, nuestra genética aprendió que la energía era un bien demasiado preciado como para ser desperdiciado sin una causa de fuerza mayor, así que nuestro organismo debía ser muy cuidadoso en su uso. Se trataba de no malgastar energía y, a la vez, de no restringir su consumo cuando realmente se necesitaba. Para lograrlo, desarrollamos la capacidad de conseguir las herramientas y medios necesarios para sobrevivir usando los mínimos recursos energéticos posibles. Nos referimos a esta capacidad como eficiencia energética.

Para alcanzar dicha eficiencia energética, la presión evolutiva llevó a cabo muchas adaptaciones y modificaciones en nuestra especie, a partir de los ancestros primitivos del *Homo sapiens*. Las más significativas son:

- Cambio de las dimensiones del sistema digestivo.
- Cambio de las dimensiones del cerebro.
- Cambio de las dimensiones de la estructura del aparato locomotor.
- Cambio en la gestión del metabolismo energético.

Mediante estas modificaciones la naturaleza fue encontrando la forma de mantener de manera eficiente a una especie cuyo cerebro puede llegar a consumir hasta un 20%² de la energía total del día, siendo un órgano que no llega al 5% del peso total de un humano promedio. No existe tejido humano que consuma más energía que el cerebro, por lo que se tuvieron que desarrollar diferentes mecanismos de control y gestión energética dentro del organismo. A diferencia de los músculos, que pueden incrementar el gasto energético cuanto mayor sea la intensidad y/o la duración de la actividad que realicen,³ el elevado gasto metabólico del cerebro es asombrosamente constante, independientemente de las actividades físicas y mentales que llevemos a cabo. Por lo tanto, si quieres perder peso, de nada sirve que le des muchas vueltas a la cabeza, es más efectivo que des unas vueltas a la manzana.

Si quisiéramos analizar todos los mecanismos de gestión energética necesitaríamos un libro entero dedicado en exclusiva a la microbiología y la bioquímica humana, ya que se trata de procesos complejos, cuyos detalles ni siquiera se conocen en su totalidad. Sin embargo, a lo largo de este libro describiremos los más relevantes, que nos permitirán entender mejor nuestro funcionamiento y qué está en nuestras manos para mejorarlo.

El metabolismo energético humano, versión simplificada

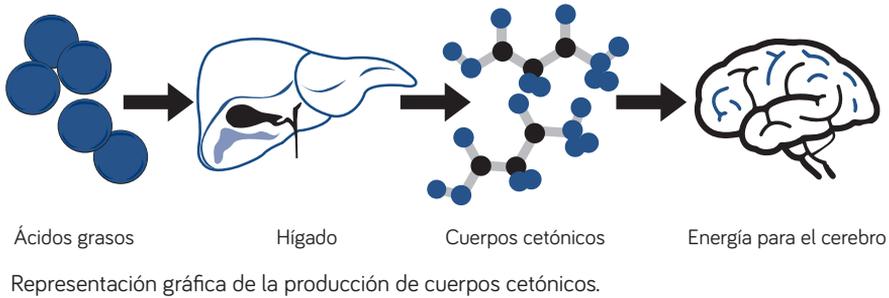
La principal fuente de energía en el planeta Tierra es el Sol. Las plantas, mediante el proceso de fotosíntesis, combinan agua (H₂O) y dióxido de carbono

(CO₂) para convertir la energía solar en glucosa. Esta glucosa pasa a los animales que se alimentan de plantas —terrestres o acuáticas—, que a su vez servirán de alimento para otros animales, transfiriendo entonces la energía en el proceso. Así funciona la cadena alimentaria.

Cuando necesitamos comer podemos recurrir, por ejemplo, a una manzana. Sin embargo, las células de nuestro cuerpo no «comen» manzanas, sino que necesitan desglosar el alimento para poder usarlo como energía. En este proceso, las células usan el oxígeno de la respiración y la glucosa del alimento para generar energía, con lo que producen CO₂, que se libera con la respiración, y H₂O, que se expulsa principalmente en la transpiración y la orina, completando entonces el ciclo para que las plantas obtengan nuevamente materia prima.

También podemos obtener energía desde alimentos de origen animal, que previamente se alimentaron de plantas o de otros animales que consumen plantas. En estos casos la energía proviene principalmente de los ácidos grasos, e incluso podría provenir de los aminoácidos de la proteína, pero en menor proporción. Adicionalmente en el propio organismo humano se pueden llegar a generar cuerpos cetónicos para proveer de energía alternativa a muchos de los tejidos, pero esta adaptación ocurre ante la ausencia o disminución significativa de glucosa en sangre, en cuyo caso el cuerpo humano puede producir su propia glucosa a partir de triglicéridos (grasa) y aminoácidos (proteína). Por lo tanto, aunque obtener glucosa de la dieta no es imprescindible, se trata del sustrato energético preferido por muchas células humanas.

De esta forma, el ser humano obtiene energía principalmente de los alimentos (también la podría obtener degradando sus propios tejidos, pero esto eventualmente llevaría a la muerte del individuo, si se sostiene en el tiempo). La glucosa es, pues, la molécula energética principal. Hay que destacar que la selección de fuente alimenticia es un tema complejo que da para un extenso debate, pero lo que buscamos destacar es que efectivamente el ser humano, por su alta capacidad de adaptación, puede ir alternando entre fuentes o rutas energéticas, en función de la disponibilidad de alimentos y las necesidades de gasto del individuo. A este hecho se lo conoce con el nombre de **flexibilidad metabólica**.



Entonces, desde el punto de vista puramente energético, cuando hay ingesta de alimentos que proporcionan glucosa el organismo pasa a usarla como fuente principal de energía, guardando cualquier exceso en forma de glucógeno (la reserva de glucosa en ciertos tejidos) y también en triglicéridos que se almacenan en el tejido adiposo, es decir, en la grasa. Por otro lado, cuando hay ausencia de glucosa en sangre, el organismo degrada glucógeno para liberar sus propias reservas, y también libera ácidos grasos desde el tejido adiposo en forma de triglicéridos, para convertirlos en cuerpos cetónicos y también en glucosa. También puede producirla a partir de aminoácidos propios o dietéticos, pero esto supone procesos más complejos que ocurren en condiciones específicas.

Es importante destacar que el cuerpo humano no elige el «combustible» que usa, sino que emplea las diferentes fuentes de energía de manera simultánea y variando la proporción de cada una de ellas, en función de las reservas que se tengan, pero también del requerimiento de los tejidos, órganos o sistemas con mayores demandas.

No existe un interruptor de «encendido» y «apagado» para escoger fuentes energéticas.

Gracias a esta versión resumida del funcionamiento del metabolismo, nos damos cuenta de cómo la vida humana ha fluctuado siempre entre usar la energía de los alimentos y almacenar cierto exceso como reserva, para después utilizarla hasta que se volviera a reponer mediante la alimentación.

Sin embargo, como se ha expuesto anteriormente, para una gran parte de la población mundial hoy en día es demasiado fácil disponer de energía alimenticia, hasta tal punto que en la mayoría de los países la estadística muestra que alrededor de un 50% de la población tiene sobrepeso u obesidad. Hay, por lo tanto, un exceso de energía y un exceso de reservas. Pero no debemos olvidar que en el 99% del tiempo en la Tierra la condición habitual era justamente la contraria: obtener alimentos requería un gran esfuerzo e inversión energética, así que las reservas solían ser las justas para sobrevivir durante un corto período de tiempo. Aquí es donde entra en juego la eficiencia energética o «modo ahorro», de los que hablaremos a continuación.

La configuración «modo ahorro»

Como hemos comentado en la introducción de este apartado, para conseguir reproducirnos, primero había que mantenerse con vida. Para ello, antes había que alimentarse y, para conseguir el alimento, antes había que moverse.

Los procesos de conservación de los alimentos, además de los pesticidas y demás técnicas que permiten que el ser humano pueda superproducir alimentos y conservarlos más allá de las necesidades del presente, supusieron un cambio de paradigma para nuestra especie. Esta facilidad para obtener alimentos no ha existido durante la mayor parte de nuestra evolución, cuando se dio forma y función a las células y genes de nuestro cuerpo.

Ante la dificultad para obtener alimento, el sistema músculo-esquelético desarrolló su propio sistema de almacenamiento energético: el glucógeno muscular. Mediante este sistema, la glucosa de alimentos que no se usa inmediatamente se almacena principalmente en el músculo (y también en el hígado) antes de servir como reserva a otros tejidos, con la condición particular de que una vez dentro de la célula muscular no puede salir. Las células musculares o miocitos no disponen de la enzima necesaria para revertir el proceso y sacar glucosa a la sangre. Por lo tanto, una vez dentro, ese glucógeno debe ser usado por el propio músculo, mediante los mecanismos contráctiles que posee.

Pero no toda la energía muscular se utiliza en movimientos vigorosos o intensos. Por supuesto que un trabajo de fuerza o velocidad (como levantar un gran peso o correr con gran rapidez) van a requerir mucha energía; sin embargo, el músculo esquelético mantiene siempre una ligera contracción conocida como tono muscular. Esto es lo que permite que nuestras estructuras óseas se mantengan alineadas y seamos capaces de permanecer erguidos. Si perdiéramos el tono muscular, el conjunto de componentes que conforman el cuerpo humano se desplomaría contra el suelo como un saco de huesos, vísceras y piel.

La energía invertida en mantener nuestro tono, aunque es menor que la requerida en un esfuerzo muscular intenso, representa un gasto continuo importante. De hecho, este gasto es de los más sustanciales en el cuerpo, ya que el 40% del peso corporal en un hombre promedio es músculo, como explica Bill Bryson en su libro *El cuerpo humano*. Es relevante conocer este dato, ya que, aunque dedicamos poco tiempo al día a correr o mover cargas pesadas, sí que estamos (o deberíamos estar) una gran parte del día erguidos, caminando o realizando pequeños movimientos conscientes.

No quemamos las calorías como queremos, sino como aseguran nuestra supervivencia.

Tan solo para mantener el tono muscular ya necesitamos energía, por lo que el cerebro va a buscar la manera de que el sistema muscular consuma lo menos posible mientras está en reposo. Evitará, por lo tanto, que derrochemos energía que podríamos necesitar más adelante para realizar una actividad vigorosa, lo que en un entorno salvaje puede significar la diferencia entre la supervivencia o la muerte.

Con la misma finalidad, el cerebro también establece los recursos motrices más eficientes, generando las conexiones neurales que permitan tomar decisiones que prioricen el ahorro de cualquier tipo de esfuerzo innecesario. Por lo tanto, el cerebro es experto en aprender algo muy rápido y ejecutarlo de forma inconsciente, lo que requiere menos energía que realizarlo de forma consciente. Pensar en hacer las cosas genera más gasto energético que

simplemente hacerlas en piloto automático, desde el inconsciente. Esta es una de las razones por las cuales generamos hábitos y lo que explica que ganemos habilidad en lo que repetimos continuamente. Es por este motivo por lo que resulta mucho más fácil seguir haciendo lo que siempre hemos hecho, y a su vez cuesta tanto esfuerzo eliminar un comportamiento e incorporar otro nuevo. Adquirir nuevos hábitos requiere de mucha energía, no solo metafóricamente hablando.

Es importante entender que lo que obstaculiza a nuestro cerebro en la realización de una actividad o tarea no es tanto su dificultad, sino lo familiarizados que estemos con ella. Salir a correr solo es complicado para quien no sale a correr nunca, de la misma forma que, para quien no esté acostumbrado a escalar, salir a practicar escalada puede ser extremadamente demandante. El matiz es importante, ya que no depende tanto de la fatiga corporal, como podríamos pensar en primer lugar, sino de la pereza que nace de no estar acostumbrados a realizar esa actividad. Tocar el piano o salir a correr puede ser muy exigente para ciertas personas, mientras que para otras es un chute de energía. La dificultad para emprender cualquier tarea, por lo tanto, tiene más que ver con la resistencia al cambio y la falta de hábitos que con nuestras facultades reales.

No nos atrevemos a muchas cosas porque son difíciles, pero son difíciles porque no nos atrevemos a hacerlas.

Séneca

Por lo tanto, nuestro cerebro nos recompensará siempre con cierto placer cuando realicemos una tarea que no genere fatiga, ya que prefiere el descanso y poder activar su «modo ahorro». Aunque durante el día no gastemos energía de forma vigorosa y las reservas de glucógeno muscular e incluso de grasa en el tejido adiposo estén bastante llenas, el cerebro nos gratificará igualmente al descansar. Nuestro organismo es experto en adaptarse para sobrevivir y ahorrar energía es una forma de conseguirlo, por eso busca ser eficiente: mejorar en lo que repite constantemente.

Conociendo todo esto, desde la programación neuromotriz ponemos mucha atención, a la hora de realizar ejercicio físico, en la consciencia corporal. La

propiocepción, es decir, la capacidad del cerebro para saber la posición exacta de todas las partes de nuestro cuerpo en cada momento, nos permitirá entender si estamos luchando contra la gravedad y apoyando nuestro peso sobre el tono muscular activo o si estamos en una posición pasiva, apoyando nuestro peso sobre estructuras osteoarticulares o pasivas. Aunque, como hemos dicho, tener una posición pasiva es eficiente para el ahorro energético, también implica una reducción del tono muscular. Dicha pasividad no es mala *per se*, lo importante es ser conscientes, cuando realizamos entrenamientos o cualquier movimiento, de si estamos en una posición activa o pasiva, y de ese modo aprender a autorregularnos para ser cada día un poquito más autónomos.

Sin embargo, la pérdida progresiva de masa muscular, conocida como sarcopenia, está asociada a la falta de estímulos que promueven la síntesis proteica —como son la inactividad y una dieta pobre en proteínas— y puede tener consecuencias nefastas. En nuestro cuerpo, con el paso del tiempo, perdemos aquello que no usamos.

«Use it or lose it» (úsalo o piérdelo) es el lema principal de la biología.

Si un tejido ya no se usa no se destinarán recursos, es decir, energía y nutrientes, para mantenerlo. Por lo tanto, una de las mejores maneras de preservar nuestra masa muscular a lo largo de los años es poniendo en funcionamiento nuestros músculos (y, como entenderás más adelante, también nuestro cerebro) por encima de una intensidad umbral. Y esto se consigue entrenando la fuerza.

En un entrenamiento de fuerza, cada esfuerzo muscular que realicemos con ejercicios resistidos enviará una señal al organismo de que ese tejido contráctil es necesario, por lo que debe mantenerse. Precisamente así lo demuestran diferentes estudios en los que se han realizado tomografías de las piernas a personas de 40 y 70 años, ambas físicamente activas, donde no se evidencia una pérdida de masa muscular significativa, por lo que se indica que una persona activa de 80 años tendrá condiciones físicas similares a una persona sedentaria de 50. Según otro estudio, el metabolismo basal, es decir, la cantidad de energía necesaria para mantener los procesos vitales estando

en reposo, prácticamente no varía de los 20 a los 60 años, siempre que la persona se mantenga físicamente activa.⁴ Ya no es válido el argumento de que con la edad es más difícil mantenerte en un peso o composición corporal saludable.

Conviene, por lo tanto, evitar todo lo posible la pérdida de masa muscular, ya que se relaciona con una gran parte de las enfermedades metabólicas, como la obesidad, la diabetes y la hipertensión arterial.

La eficiencia en la programación neuromotriz

Desde la perspectiva de la programación neuromotriz el debate no es si está bien pasarse 12 horas diarias sentado o estar constantemente al sol en movimiento. No defendemos ni una cosa ni la otra, sino que creemos en la coherencia de cara a los objetivos del individuo.

Por ponerte un ejemplo, si alguien está trabajando como camionero para hacer el mayor número de kilómetros en el menor tiempo posible es muy eficiente que pase 12 horas sentado. Ocurre lo mismo, si una persona se ha propuesto escribir un libro en el plazo de dos meses: para ella no es una buena opción pasarse los días realizando ejercicio y actividades al sol y en la naturaleza, ya que no le dejarían suficiente tiempo para la escritura. Por muy beneficiosa para su cuerpo que sea la actividad física, en ese momento vital se sentirá mucho más alineada consigo misma dedicándole el mayor número de horas de calidad posible, sentada y concentrada en las tareas de documentación, investigación, redacción y síntesis que le permitan escribir algo acorde con sus criterios y valores.

Sin embargo, eso no significa que no tengamos que prestar atención a cómo nos afectan nuestras acciones, ni que estos comportamientos nos beneficien a largo plazo. Será imposible alcanzar ciertas metas si no somos conscientes de cómo nuestra postura, nuestro entorno, la comida y el uso de nuestro tiempo están afectando, potenciando, limitando o impidiendo que alcancemos nuestros objetivos.