TERESA ARNANDIS

Lady Science

¡ERES un MILAGRO ANDANTE!

Lo que los CIENTÍFICOS saben y no te han contado sobre tu cuerpo

PAIDÓS

TERESA ARNANDIS

¡ERES un MILAGRO ANDANTE!

Lo que los CIENTÍFICOS saben
y no te han contado sobre tu cuerpo

PAIDÓS

1.ª edición, mayo de 2022

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del editor. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (Art. 270 y siguientes del Código Penal). 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.

© Teresa Arnandis Chinesta, 2022
© de las ilustraciones, Javier Pérez de Amézaga Tomás, 2022
© de todas las ediciones en castellano,
Editorial Planeta, S. A., 2022
Paidós es un sello editorial de Editorial Planeta, S. A.
Avda. Diagonal, 662-664
08034 Barcelona, España
www.paidos.com
www.planetadelibros.com

Diseño y maquetación: Eva Mutter

ISBN: 978-84-493-3938-7
Fotocomposición: Pleca Digital, SLU
Depósito legal: B. 6.360-2022
Impresión y encuadernación en Huertas Industrias Gráficas, S. A.

Impreso en España – Printed in Spain

SUMARIO

Introducción 11

Primera parte *
La arquitectura de tu cuerpo: niveles de organización 16

1. Antes De Nada: el ADN, tu huella genética 19
2. El metabolismo, un trabajador incansable 34
3. La célula, la reina del mambo 42
4. Jerarquía y alta tecnología en tejidos y sistemas 56
5. Entrada solo para miembros VIP: funciones superiores 60

**Segunda parte ** **
Tejiendo se entiende la gente: los 4 tejidos básicos 70

6. El traje y el perfume de todos los días: piel y glándulas... 73
7. Completando el puzle: tejido conectivo 85
8. ¡Que la fuerza te acompañe!: músculo..... 91
9. ¿Tu media naranja? Autonomía completa: nervios..... 102

Tercera parte * * *
Somos lo que comemos: nutrición 114

10. Metabolismo lento y tenedor rápido, ¡vaya combinación!: aparato digestivo 118
11. Respiras, luego existes: aparato respiratorio 136
12. El hilo rojo: aparato circulatorio (sanguíneo y linfático) 145
13. Tanto entra, tanto sale: aparato excretor 153

Cuarta parte ★★★★
¿Solo la puntita?
Del iceberg lo quiero saber todo:
relación y reproducción 162

14. Acaríciame con tus ojos: sistema neurosensorial 165
15. Lucharé por ti hasta el fin de mis días:
sistema inmunitario 184
16. Don Músculo quita la grasa de una sola pasada:
aparato locomotor 192
17. Calienta que sales: aparato reproductor 199

Quinta parte ★★★★★
Y no lo quita la aspirina...
Interacción con fármacos 210

18. Para el dolor de garganta un *striptease*, perdón,
Strepsils: medicamentos y terapias 213
19. Es hora de pasar a la acción: el viaje del fármaco 224
20. En un lugar de tu hígado, de cuyo nombre…
Interacciones y reacciones adversas 232
21. De heroína a villana:
tolerancia y síndrome de abstinencia 242

Conclusiones 253
Glosario 259
El Reto 263
Agradecimientos 277
Bibliografía 279

PRIMERA PARTE

La ARQUITECTURA de tu CUERPO: NIVELES de ORGANIZACIÓN

PUDE DARME CUENTA MUY CLARAMENTE DE QUE ESTABA PERFORADA, Y ERA POROSA COMO UN PANAL.

ROBERT HOOKE,
AL OBSERVAR LAS CÉLULAS DE UN TROZO DE CORCHO
EN LOS PRIMEROS MICROSCOPIOS, 1665

Te llevaste **el oro en la carrera de la vida**. Un gran triunfo en el camino por existir. Primera medalla del palmarés. ¿Sientes curiosidad por averiguar cuántas consigues? Sigue leyendo y las irás descubriendo.

La carrera comenzó con billones de competidores traídos de todos los ángulos del testículo, a cual más variopinto, con un admirable y potente tronco inferior para correr como el que más. Tú tenías confianza en ti mismo y sabías que esta hazaña épica sería un duelo a muerte: solo sobreviviría uno. Empezaste a marchar pulsátil, debatiéndote entre adelantar o seguir el ritmo. Tu cola parecía responder bien; habían sido tantos días de entrenamiento. Tu objetivo como célula sexual masculina (espermatozoide) era llegar el primero a la célula sexual femenina (óvulo).

Sabías que era bella, pero no tanto. Y cuando por fin la viste girando en la autopista uterina hacia la trompa, allí estaba: brillante, irradiando luz con su corona. Fue amor a primera vista: la célula sexual femenina y masculina destinadas a unirse. Sin dudarlo, valiente, sincero, honesto y feroz, la embestiste. Lo que ocurrió a continuación en el interior del cigoto te lo puedes imaginar: fusión de núcleos, sobrecruzamiento de

material genético y una orquesta sinfónica de procesos de diferenciación. Tras 9 meses, y millones de mitosis más tarde, nacías tú. ¡El milagro de la vida en estado puro!

¡Aquí estás: genéticamente íntegro y cromosómicamente completo!

Tus cromosomas, formados por ADN fuertemente empaquetado, se unieron para formar todos los bloques de tu templo, el cual debe ser honrado y admirado, como si de un monumento se tratara. Al fin y al cabo, es tu mejor amigo para lo bueno y para lo malo, en la riqueza y en la pobreza, en la salud y en la enfermedad, todos los días de tu vida. Romantizar la relación con tu cuerpo no será una mala idea, como habrás podido deducir en las pocas líneas que llevas leídas.

Y no solo eso. El intrincado entramado de tejidos, que conforman tu cuerpo, ha adquirido tal nivel de complejidad que te has convertido en la **especie animal dominante** en la Tierra. Nada predecía que ibas a serlo, pero ¡lo conseguimos!

En este bloque vamos a recorrer los diferentes niveles de organización arquitectónica de nuestro santuario. Comenzaremos con la estructura ubicada en las profundidades de los núcleos celulares y provista de instrucciones biológicas, el ácido desoxirribonucleico o ADN, hasta el organismo como un todo con ejecución de funciones superiores.

Y pensar que todo surgió hace 13.800 millones de años a partir de una gran explosión o Big Bang de materia y energía electrodensa. Tiempo, espacio y materia nacían. Pero ¿cómo podrían estos átomos y moléculas inertes llegar a adquirir la capacidad de autoperpetuarse?

1

Antes De Nada: el ADN, tu huella genética

El misterio de la vida. Esa gran incógnita que sigue acechando nuestros pensamientos y los de miles de científicos y filósofos. ¿De dónde surgió? ¿Por qué? ¿Pura coincidencia o no? Todo podría haber dado un giro inesperado y seríamos polvo de estrellas. Pero no, aquí estamos millones de años después de la gran explosión: pieles sintiendo, corazones palpitando y cerebros soñando.

Tu cuerpo es único, nadie tiene uno como el tuyo. Está compuesto por millones de átomos venidos de todas las partes del universo. La manzana que te acabas de comer se produjo gracias al sol, al agua, al dióxido de carbono y a las sales del suelo donde estaba su manzano. Todos los glúcidos, las proteínas y las grasas de esta manzana se incorporarán a tu cuerpo y formarán las moléculas que necesitas para existir y desarrollar tus funciones vitales. Así que no te desanimes si no has estado en Japón o en Tulum, puesto que los átomos de tu cuerpo ya disfrutaron de su cultura. Además, esto significa que molecularmente hablando, tus huellas dactilares podrían tener parte de las de Mozart, tus cuerdas vocales parte de las de Freddie Mercury y tus cuádriceps parte de los del *Tyrannosaurus rex*, extinto hace miles de años. Y ¿cómo puede ser esto posible?

Toda la materia viva está compuesta de los mismos átomos y moléculas, las cuales fluyen continuamente entre toda la materia viva e inerte, formando los **ciclos biogeoquímicos**. Así, los átomos de una

semilla pueden dar lugar a un pino, pero esta también puede ser ingerida por un jabalí, que incorporará estas proteínas en su músculo. A su vez, tú podrás ingerir directamente la semilla del pino o el músculo del jabalí, y los átomos de esta se incorporarán directa o indirectamente a través del jabalí en tu templo.

De los 118 elementos que componen actualmente la tabla periódica, 5 (carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y fósforo) son característicos e indispensables en las moléculas de los seres vivos. Entre estas biomoléculas destacamos **los nucleótidos, los aminoácidos, los azúcares y los lípidos**. Pero ¿cómo aparecieron estas piezas clave para la vida?

Según los expertos, la Tierra se formó hace 4.650 millones de años, al condensarse la materia orbitante alrededor del sol debido a la gravedad que este ejercía, lo cual originó además el resto de planetas que configuran el actual sistema solar. Mientras esto ocurría, la superficie de la Tierra era bombardeada por meteoritos y cometas. Estos asteroides llevaban moléculas como el hielo, que al chocar con la superficie caliente de la Tierra, se derretía y formaban agua y vapor. El posterior enfriamiento del vapor ocasionó una lluvia continua que duró miles de años y originó los océanos. Estos constituyen el caldo de cultivo para el inicio de la vida, pero también la señal de identidad de nuestro astro, el planeta azul.

Las primeras células y, por tanto, los primeros seres vivos aparecieron hace 4.300 millones de años, gracias al registro de microfósiles encontrados en corrientes submarinas hidrotermales en Canadá. Las huellas rocosas que han dejado estos organismos rudimentarios nos han hecho formular múltiples teorías respecto a la transición químico-biológica.

Desde la Antigüedad hasta el siglo XIX se pensaba que la materia procedía de la **generación espontánea**. De este modo, un tronco sumergido en aguas turbias daba lugar a un cocodrilo, y las carnes en descomposición formaban gusanos. Louis Pasteur demostró de manera concluyente con sus experimentos que la vida solo podía proceder de otra vida preexistente. Utilizó un recipiente de laboratorio,

concretamente un matraz en forma de cuello de cisne, al que añadió caldo de carne que hirvió para esterilizar. Los matraces que mantenían el cuello en forma de S no se contaminaron, ya que permitían la entrada de oxígeno, pero retenían en los recovecos del cuello del matraz el polvo y las bacterias. Sin embargo, en los matraces con cuello fracturado o roto, el caldo se volvió turbio debido al crecimiento de microorganismos contaminantes. Demostró que **la vida solo procede de la vida**.

A mediados del siglo XX, varios bioquímicos iniciaron lo que se conoce como química prebiótica, la cual investiga el paso de moléculas inorgánicas a moléculas orgánicas típicas de los seres vivos, usando los compuestos de la atmósfera primitiva: metano, amoniaco, hidrógeno, vapor de agua y compuesto sulfúricos, entre otros. Experimentos llevados a cabo por el bioquímico Oparin, y retomados por Miller-Urey, demostraron que en las condiciones terrestres ancestrales, que incluían tormentas eléctricas y radiación ultravioleta, se generaban moléculas orgánicas como aminoácidos. Estos podrían haber constituido la simiente para la futura agregación y agrupación de biomoléculas que formarían las primeras protocélulas.

Otras teorías apuntan al uso de soportes físicos, como los minerales o las arcillas, ya que su estructura organizada podría haber servido como molde para el ensamblaje de las primeras moléculas. Dado que casi todas las biomoléculas se forman por la repetición de unidades más simples encadenadas, el mineral sería como un molde de galletas, en el que sobre cada hueco se deposita un poco de masa para formar una estructura más grande con un patrón constante.

¿Cuáles fueron entonces los primeros monómeros? Tenemos a los defensores del «modelo del ARN» (ácido ribonucleico), a los partidarios de «primero el metabolismo» y a los acérrimos de la «teoría de importación de vida» desde el espacio exterior (panspermia), entre otras. Todas estas posibilidades presentan evidencias a favor, pero ninguna resuelve con exactitud el intrigante misterio.

Aquí, el dilema del huevo o la gallina se concreta del siguiente modo: si lo primero en aparecer fueron los genes, estos necesitan proteínas

para replicarse, y las proteínas a su vez necesitan genes para producirse. Entonces ¿qué surgió primero? Y aunque ahora seguramente no podrás responder a la pregunta, espero que después de este bloque llegues a concluir este terrible dilema.

¿Qué me hace único?

¡Enhorabuena! Eres el embajador de una **combinación única de genes**, extraordinariamente irrepetible y singular, que nunca antes se había visto y nunca más volverá a darse. ¡Aquí te llevas el gran honor de haber aprobado las oposiciones al cuerpo diplomático, y sin haber estudiado! ¡Qué envidia, contigo rompieron el molde! Un contrato indefinido que firmaste al nacer y que te escogió como el mejor representante de tu ADN: el texto que contiene las instrucciones sobre cómo eres y serás.

Hasta el siglo XX se desconocía la partícula encargada de portar la información genética. No fue hasta 1953 cuando **Watson y Crick** propusieron su estructura basándose en sus modelos de predicciones de bolas y en la famosa fotografía 51, tomada por la maravillosa **Rosalind Franklin**. Sus conclusiones fueron publicadas en la revista *Nature*: **el ADN forma una doble hélice**, compuesta por 2 hebras complementarias y antiparalelas que se enrollan y se abrazan, como 2 adolescentes en plena efervescencia (¡símil final producto de la ficción!).

Ambos fueron galardonados con el Premio Nobel de Medicina y Fisiología en 1962 junto con Maurice Wilkins, el compañero de laboratorio de Rosalind Franklin. Nuestra admirada Rosy, como ellos la llamaban, se quedó sin el Nobel, pero siempre será recordada en nuestras memorias como una evidencia de la desigualdad femenina en los descubrimientos científicos. En su caso, los experimentos de difracción de rayos X que le permitieron tomar la imagen de la aclamada molécula le costaron la vida, al fallecer prematuramente de cáncer de ovario a los 37 años. Precisamente, los niveles elevados de radiación, como sucede cuando existe una exposición constante a los rayos X, ocasionan mutaciones en el ADN, las cuales podrían haber causado su tumor

ovárico. Paradojas de la vida, en su certificado de defunción consta lo siguiente: «Científica investigadora, soltera, hija de Ellis Arthur Franklin, un banquero». Paupérrima definición para una científica de tan mayúscula trascendencia.

¿Cómo se guarda la información responsable de lo que soy?

Los 4 puntos cardinales, los elementos primitivos, los 4 fantásticos, las tortugas Ninja, los Beatles, ABBA, Queen… ¿Pura coincidencia? ¡Todo lo grande parece estar formado por 4 componentes! Y el abecedario de la biología también se suma a la tendencia, ya que solo contiene 4 letras: ¡A, C, G, T!

La molécula de ADN consta de 2 cadenas que forman una doble hélice a modo de escalera de caracol. Cada una de las cadenas está constituida por **nucleótidos como unidad básica** funcional encadenados de la misma forma que las cuentas de un collar. Cada cadena tiene una parte periférica constante (la barandilla) formada por un grupo fosfato y un azúcar, al cual se engancha a una de las siguientes 4 bases nitrogenadas (los escalones de la escalera): adenina (A), citosina (C), guanina (G) y timina (T). Las 2 cadenas de la doble hélice se mantienen unidas por enlaces entre las bases; la adenina se enlaza con la timina (A-T), y la guanina con la citosina (G-C). ¡Cuántos estudiantes han recurrido a los **A**gentes de **T**ráfico (A-T) y a los **G**uardias **C**iviles (G- C) para acordarse de estos famosos emparejamientos!

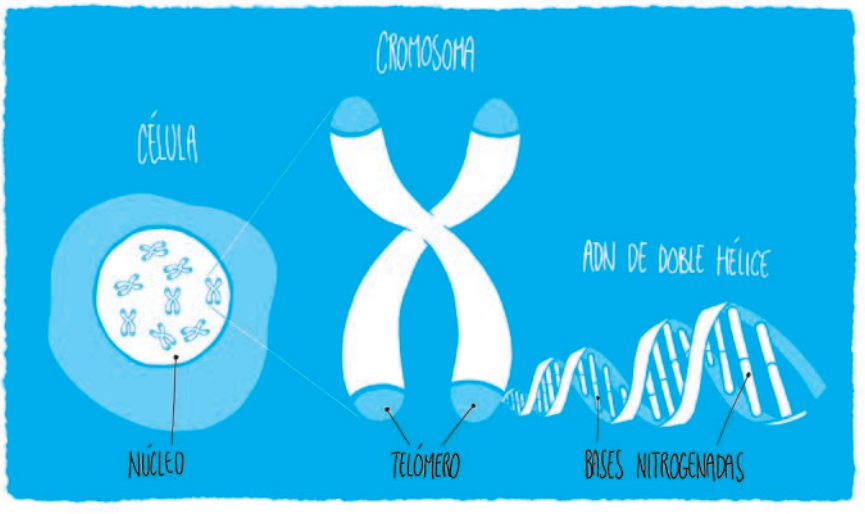
Las instrucciones para formar todas las especies que pueblan la Tierra, incluido tú mismo, dependen del orden de estas 4 letras. Tu legado genético heredado de tus padres se encuentra escrito en esta secuencia de bases y está presente en el núcleo de todas tus células. Más de 3.000 millones de bases a los que hay que añadir los 16.569 pares de bases que contienen **las mitocondrias heredadas exclusivamente de tu madre**. El ADN mitocondrial es bicatenario, circular y cerrado, igual que el que se encuentra en las bacterias, lo cual evidencia nuestro humilde pasado bacteriano.

Para que la célula se divida, el ADN debe duplicarse a lo largo del ciclo celular, lo cual tiene una duración de **varias horas**. La enzima encargada de su duplicación, la ADN polimerasa, añade los nucleótidos a una velocidad de **50 bases por segundo** y, si haces cálculos, copiar los 150 millones de bases de cada cromosoma costaría aproximadamente **1 mes**. Esto es gracias a que existen múltiples burbujas de replicación que inician el copiado en varios puntos de la hebra de ADN. De hecho, sin estos orígenes múltiples de replicación, las madres tendrían que estar embarazadas durante 540 años antes de dar a luz a un bebé sano. Además, para más perfección, tenemos un conjunto de **proteínas** que repasan las hebras copiadas en busca de errores y los **corrigen** antes de que pueda ser demasiado tarde. El corrector de Google se queda corto ante nuestra capacidad de enmienda y revisión de textos.

Un gen es un segmento de longitud variable de ADN que contiene la información necesaria para la **síntesis de una proteína**, formada por una secuencia variable de aminoácidos. Las proteínas son, por tanto, polímeros de aminoácidos (monómero) que realizan una actividad y función específicas en el organismo. Los genes se hallan dispuestos en un orden y posición fijos a lo largo de un cromosoma, y determinan la aparición de los caracteres hereditarios en los seres vivos: la altura, el color de ojos, la predisposición a los resfriados, etc. Así, cada cromosoma contiene unos cuantos cientos o miles de genes, uno detrás de otro, en hilera. Por ejemplo, el cromosoma 2 alberga 1.300 genes, y si lo estiras, llega a medir 8 centímetros. El ADN de todos los cromosomas de una célula estirados y en línea llega a medir 2 metros, y si se junta todo el ADN de tus 30 billones de células, la longitud equivaldría a ir y volver 600 veces de la Tierra al sol.

Además, tu genoma es como un vasto océano con grandes zonas de ADN no codificante que, aunque parezca que no desempeñen un papel, son fundamentales tanto en el encendido y apagado de los genes como en la protección de las secuencias que sí codifican proteínas. Por ejemplo, los extremos de los cromosomas contienen secuencias repetitivas de ADN no codificantes llamadas «telómeros», cuya principal función es proteger al ADN codificante. Su estudio es esencial en procesos

degenerativos y de envejecimiento, ya que, con cada división celular o mitosis, estos telómeros se van acortando, lo cual merma su función protectora.



Te voy a poner un ejemplo para que entiendas todo esto de un modo muy gráfico. Imagina que viajas a Nueva York (la ciudad es tu cuerpo) y quieres visitar los diferentes barrios (diferentes tipos de tejidos): Brooklyn, Bronx, Manhattan, Queens y Staten Island. Cada barrio tiene muchas manzanas (tus células), y estas a su vez tienen, cada una, 46 bloques de edificios (los 46 cromosomas). En cada bloque hay muchos apartamentos (los genes de cada cromosoma) y dentro de cada apartamento conviven varias personas (los nucleótidos de cada gen).

En cada apartamento, las personas deciden realizar un trabajo en grupo: construyen puentes, vigilan la salud de las personas, velan por la formación de los niños, entretienen, cobran impuestos, etc. Hay apartamentos donde no se realiza ninguna función, pero sirven para proteger espacialmente la estructura del bloque. Este pequeño bullicio local en cada manzana —en cada una de tus células— es el que determina el funcionamiento del barrio y, por último, de la ciudad.

¿Qué es lo que me diferencia de un ratón?

Cuando te lanzaste a nadar en forma de espermatozoide, solo tenías 23 cromosomas, los cuales nadaron raudos y veloces hacia los 23 que contenía el curvilíneo óvulo de tu madre, con lo cual acabaron sumando un total de 46. Con mucha honra los luces, distribuidos en 22 pares de cromosomas (44 autosomas), que junto con los 2 cromosomas sexuales, XX para mujeres y XY para hombres, constituyen **tu genotipo**. En el *Homo sapiens*, estos cromosomas albergan un total de 20.000 a 25.000 genes, descifrados exitosamente en el Proyecto Genoma Humano (PGH) el 14 de abril de 2003.

El **Proyecto Genoma Humano** constituye uno de los mayores retos científicos de la humanidad y, hasta el presente, la mayor iniciativa colaborativa internacional de la historia. Oficialmente se lanzó en 1990, y su objetivo fundamental era secuenciar y cartografiar todos los genes del hombre desde un punto de vista físico y funcional.

Entre las principales conclusiones del estudio figuran las siguientes:

- Cada persona **comparte un 99,9 por ciento del material genético con el resto de los seres humanos**, un 98 por ciento con los chimpancés, un 90 por ciento con los ratones, un 61 por ciento con la mosca de la fruta y un 60 por ciento con las bananas. La diferencia radica en la secuencia de las bases, así como en variaciones en las posiciones y en los números de cromosomas y genes.
- Este 0,1 por ciento de diferencia entre personas se explica por **cambios en alguna de las bases**. Si estos cambios predominan en un porcentaje de población mayor o igual al 1 por ciento, se les llama «polimorfismos nucleótidos únicos» (*Single Nucleotide Polymorphism*, SNP). Estas variaciones determinarán que una persona sea alérgica a un determinado alimento, susceptible a las adicciones, o tenga predisposición a sufrir una determinada enfermedad.

- Algunas enfermedades son causadas por **defectos genéticos** (anemia falciforme, fibrosis quística, hemofilia, etc.), mientras que otras se deben a mutaciones de los genes que aparecen con determinados **factores ambientales y con la edad** (enfermedades autoinmunes, cáncer).
- Aunque algunos rasgos solo vienen definidos por **un único gen** (por ejemplo, el gen ABO determina exclusivamente tu tipo sanguíneo), la mayoría de las características vienen determinadas por **varios genes** (poligénicas) y **alteradas por factores ambientales** (multifactoriales). Tus genes determinan tu posible altura, pero esta solo se alcanza si a lo largo de la niñez se dan las condiciones idóneas para que todos los tejidos se estilicen adecuadamente. Lo mismo ocurre con la inteligencia.

¿Qué hace un gen para que yo tenga los ojos marrones?

La síntesis de una proteína a partir de un determinado gen requiere de un intermediario, el ácido ribonucleico mensajero (ARNm). Metafóricamente hablando, el gen es la receta de cocina para realizar un delicioso *brownie*, el ARNm es la masa intermedia, y la proteína es el producto final que sale del horno, en este caso de los ribosomas.

Acabas de descubrir el **dogma central de la biología molecular**: **ADN → ARNm → proteína**.

En ocasiones, un gen genera más de una proteína, debido a que el ARNm sufre un procesamiento alternativo o diferencial. Siguiendo con el ejemplo anterior, sería como usar los ingredientes del *brownie* para hacer otro producto final, ya sea un *coulant* o un bizcocho de chocolate. Y, por supuesto, hay genes que ni siquiera codifican proteínas; en su lugar, generan moléculas de ARN con actividad funcional propia.

Las proteínas son las principales responsables de tu apariencia. Son las que **ponen en práctica la información** teórica contenida en los genes. Forman parte de los tejidos del cuerpo y determinan cómo serán tus ojos, tu pelo, tu color de piel y cualquier rasgo que puedas imaginar.

El color de los ojos resulta de la pigmentación de una estructura del ojo llamada «iris», el cual rodea a la pupila —es el agujero negro central— y puede variar en un continuo desde el azul muy claro, pasando por el verde y el avellana, hasta el marrón oscuro. El color de los ojos es un rasgo multigénico, lo que significa que viene determinado por más de 10 genes que están sobre todo involucrados en la producción, el transporte o el almacenamiento de un pigmento llamado «melanina», producido por los melanocitos responsables también del color de la piel y el pelo.

Esto significa que para que tengas los ojos marrones debe haber una perfecta síntesis de todas las proteínas de la vía generadora de la melanina en el iris. Los ojos marrones contienen una gran cantidad de melanocitos y melanina, mientras que los ojos azules tienen poca cantidad de este pigmento protector, con lo que tendrán una mayor propensión a la fotosensibilidad, es decir, a sufrir molestias o irritación inducida por la luz del sol.

El color azul de los ojos aparece por la dispersión de la luz que causan las fibras de colágeno blancas que hay en el iris. Las diferentes tonalidades de marrón, azul y verde vienen entonces determinadas tanto por la cantidad de melanina como por el grosor y la densidad de las fibrillas de colágeno blanco en el iris.

Cualquier alteración en las proteínas que forman la melanina puede causar trastornos oculares. Por ejemplo, el albinismo ocular resulta de mutaciones en genes implicados en la producción y el almacenamiento de melanina, lo cual da lugar a ojos muy claros con problemas de visión. La heterocromía, es decir, la presencia de ojos de diferentes colores en el mismo individuo puede estar causada por cambios genéticos o por un problema durante el desarrollo, o incluso por una lesión. Que se lo digan a David Bowie, famoso icono de la heterocromía, poseedor de un ojo azul y otro marrón oscuro. En realidad, lo que sufría era una dilatación permanente de la pupila como consecuencia de un puñetazo que recibió con 15 años. Esta condición de diferente tamaño pupilar entre los dos ojos se llama «anisocoria».

¿Cómo han aprendido las células a leer el ADN?

Si el ADN y el ARNm están formados **por 4 letras diferentes** y las proteínas **contienen 20 aminoácidos**, ¿cómo hacen las células para poner en práctica la información de los genes en las proteínas? Este proceso se lleva a cabo gracias al **código genético**, el más intrigante de los misterios de la biología, que no fue descubierto hasta el siglo XX por varios científicos, incluyendo el grupo de Ochoa, Nirenberg y Khorana.

Se halló y definió el significado de todas las posibles combinaciones de 3 letras (tripletes o codones) del ADN, para constituir posteriormente el código genético. Por ejemplo, las letras TAC se leen y se traducen a aminoácido como Tirosina, sin embargo, las letras TAA se traducen como «fin de la proteína», con lo que no se incorpora ningún aminoácido más a la proteína en síntesis. Como ves, una mutación en una sola letra puede hacer que la proteína se complete o aparezca truncada, y por tanto carezca de función. Este gran descubrimiento los llevó a una gran recompensa, ganar el Premio Nobel de Medicina y Fisiología.

El código genético **es universal.** Todas y cada una de las especies que pueblan la Tierra se rigen por el mismo código genético, desde las bacterias que campan por las profundidades oceánicas hasta las salamandras de las rocas de Ibiza o las células de tus orejas.

El **ARN** es el **intermediario común en todas las especies** para traducir los genes a proteínas. Además, tiene un dinamismo y una versatilidad que lo convierten en una de las moléculas más importantes para las teorías del **inicio de la vida**, ya que él mismo puede catalizar su propia replicación. Esto ha propiciado que, hoy en día, se considere al ARN como una de las moléculas que con mayor probabilidad habría formado los primeros seres vivos de la Tierra. De hecho, hay organismos como determinados virus muy rudimentarios que solo contienen ARN, lo que evidencia su sencillez y los convierte en auténticos fósiles vivientes.

¿Se puede saber quién es el padre de un niño a partir de un cepillo de dientes?

El descubrimiento de la estructura del ADN, su secuenciación y la interpretación del código genético ha supuesto una revolución en la biología del siglo XXI. Identificar la huella genética ha permitido el desarrollo de la ingeniería genética, la medicina personalizada y forense, la filogenética y la bioinformática, entre otras. Desde el año 1985, ante cualquier delito, las huellas dejadas por el infractor identifican de forma inequívoca al mismo y permiten exonerar a los inocentes. En estudios antropológicos, el ADN se usa para establecer el origen, la evolución y las migraciones de grupos humanos.

Lo mismo sucede en el caso de las pruebas de paternidad: hay varios padres posibles, pero solo uno será el biológico, ya que habrá aportado los otros 23 cromosomas al óvulo. Para realizar una prueba de paternidad mediante el análisis de ADN, tan solo se necesitan muestras biológicas del hijo y del presunto padre. Tradicionalmente, se utilizan raspados de la mucosa bucal o muestras de sangre. Sin embargo, hoy en día también se pueden usar: pelos con raíz, cepillos de dientes, colillas de cigarro, pañuelos con mucosidades, chupetes, preservativos, cordón umbilical, semen, líquido amniótico, biopsias u otros restos orgánicos presentes en todo tipo de prendas u objetos.

¿Para qué sirve conocer mi secuencia genética?

Conocer la secuencia de nuestro material genético tiene unas aplicaciones inimaginables, y cada día aparecen nuevos hallazgos que permiten incluso lo impensable: **editar nuestro ADN**. Básicamente, un CTRL+X y CTRL+V en toda regla, gracias al desarrollo de tijeras moleculares basadas en **la tecnología del CRISPR-Cas9**, galardonada con el Premio Nobel de Química en 2020. Esta técnica de cirugía genética usa una proteína programable llamada Cas9 que corta el ADN en un punto concreto gracias a la presencia de un ARN guía, el cual contiene secuencias

cortas llamadas CRISPR (del inglés *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*) que hibridan de forma complementaria en la región diana del ADN que editar. El corte de la doble hebra de ADN permite el reemplazo de genes defectuosos por genes funcionales.

De hecho, con esta tecnología **pueden erradicarse enfermedades genéticas** como las causantes de la distrofia muscular, varios tipos de anemias, la hemofilia, la fibrosis quística y muchos otros trastornos genéticos. Incluso la aplicación de esta tecnología de forma tópica o externa en organismos adultos ha mostrado resultados prometedores: una inyección directa en el oído interno de ratones Beethoven, que tienen un gen defectuoso que causa sordera progresiva, como la que aquejó al gran compositor Beethoven a los 30 años, revierte la audición.

Un hallazgo histórico, no solo por su infinita trascendencia biológica, sino también por ser la primera vez en la historia que dos mujeres científicas comparten de manera exclusiva un Premio Nobel de ciencias: **Emmanuelle Charpentier y Jennifer Doudna**. Una historia poco convencional grabada en sus nombres: las «carpinteras» (*charpentier* en francés) del ADN (DouDNA, *DNA* en inglés). La microbióloga Emmanuelle Charpentier empezó estudiando cómo dos moléculas de ARN interaccionaban formando un sistema antiviral en bacterias, lo que le llevó a la publicación de un artículo en *Nature* en 2011, cuya primera firmante era una estudiante de máster (¡ni siquiera los doctorandos o estudiantes posdoctorales apoyaban su idea!). Ese mismo año conoció a Jennifer Doudna, una reputada bióloga estructural que trabaja precisamente en ARN. A partir de ahí empezaron a colaborar, y un año después publicaron juntas en *Science* el trabajo que les llevó al Nobel.

¡Enhorabuena, chicas, es **increíble lo que pueden hacer dos mentes femeninas unidas**!

Pero, como en todo premio, siempre hay un perjudicado y esta vez le tocó al brillante microbiólogo español **Francisco Mojica**. Fue el primero en descubrir y publicar las secuencias CRISPR del ARN guía, halladas en bacterias de las salinas de Santa Pola ya en el año 1993. También fue el primero en descubrir que estas secuencias forman parte del

sistema inmunitario bacteriano. Aunque ambos trabajos son la base de todo, le costó muchísimo publicarlos. ¡Creo que es justo incluirle como héroe dentro de la saga tan exitosa de CRISPR-Cas9!

¿Por qué un gemelo parece más joven que el otro?

Tu cuerpo es único. Nadie tiene un cuerpo como el tuyo, siempre y cuando no tengas un gemelo.

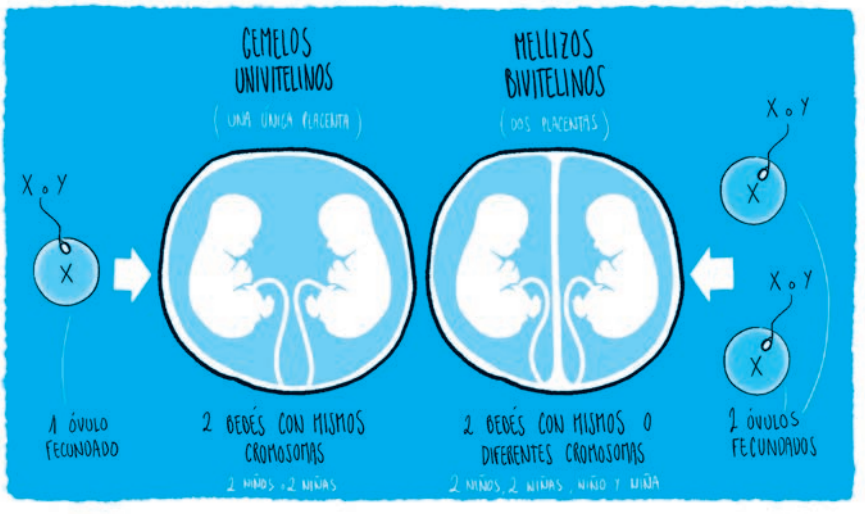
Los **gemelos o univitelinos** vienen de la fecundación de un mismo óvulo y, por tanto, de **un único cigoto**. Lo que ocurre es que a lo largo del proceso de desarrollo embrionario se divide en 2 pequeñas masas de células que se convertirán en 2 bebés con la misma carga genética y del mismo sexo (2 niños o 2 niñas). Si un par de gemelos se casa con otro par de gemelos, sus respectivos hijos, aunque primos filogenéticamente hablando, podrían considerarse hermanos por parentesco genético.

Otra historia son los **mellizos o bivitelinos**, que vienen de la fecundación de **2 óvulos y de 2 espermatozoides diferentes**, y que por diversos motivos (predisposición genética a ovular más de un óvulo al mes, implantación de varios embriones debido a técnicas de fertilización in vitro, etc.) coinciden en tiempo y espacio en el útero materno, con lo que **son como hermanos, pero nacidos a la vez.**

Los conocimientos actuales concluyen que hasta los gemelos con la misma información genética acaban siendo diferentes tanto física como psicológicamente. Y esto se debe a **la epigenética** (la regulación que existe «por encima» de la secuencia genética) **y los factores ambientales que la modifican**.

Tu apariencia se verá moldeada por el lugar donde estés, el tipo de luz al que te expongas, el ejercicio que realices, lo que comas, lo que te estreses e incluso el tipo de pensamientos que tengas. Además, recientemente se ha descrito que los gemelos tienen en común un 30 por ciento de su microbiota, por lo que las bacterias que constituyen el 70 por ciento restante serán responsable de las diferencias observadas a nivel de

metabolismo y procesado de alimentos entre otros procesos. Esto significa que hasta comiendo las mismas cantidades del mismo alimento absorberán diferentes nutrientes.



Los telómeros, las regiones de ADN repetitivo que protegen los extremos de los cromosomas, se van acortando con la edad y nos predisponen a enfermedades. Sin embargo, todo lo que hacemos influye en su longitud. Cuando más largos sean, más joven te mantienes. Se ha demostrado que **los telómeros se pueden alargar** si eres capaz de tener una **visión positiva** de ti mismo, un **diálogo interno compasivo** y **bajos niveles de estrés**.

Uno de los mejores trucos para disminuir la cantidad de cortisol, la hormona del estrés, ante situaciones difíciles o problemas es cambiar nuestra perspectiva: si **en vez de un «problema» tengo un «reto»** que afrontar, la amenaza pasa a ser divertida y desafiante, con lo que el cuerpo responde de forma más favorable. ¡Optimiza tu respuesta ante los problemas, al tiempo que alargas tus telómeros!

De hecho, con la lectura de este libro vas a maravillarte tanto por todo lo que hace tu cuerpo, que el cambio en tu diálogo interno hacia la amabilidad y el agradecimiento ya empieza a jugar a tu favor y ¡está alargando tus telómeros! ¡Enhorabuena, no pares, sigue, sigue!