

Elsie Burch Donald

Tu universo

Guía breve sobre la ciencia moderna

¿Qué eres? ¿Quién eres? ¿Hacia dónde vas?

Traducción de Dulcinea Otero-Piñeiro



Alianza editorial

El libro de bolsillo

Título original: *Youniverse: A Short Guide to Modern Science*
Revisión científico-técnica de la traducción: David Galadí-
Enríquez

Diseño de colección: Estrada Design
Diseño de cubierta: Manuel Estrada
Fotografía de Javier Ayuso

Reservados todos los derechos. El contenido de esta obra está protegido por la Ley, que establece penas de prisión y/o multas, además de las correspondientes indemnizaciones por daños y perjuicios, para quienes reprodujeren, plagiaren, distribuyeren o comunicaren públicamente, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica, o su transformación, interpretación o ejecución artística fijada en cualquier tipo de soporte o comunicada a través de cualquier medio, sin la preceptiva autorización.



Copyright © Elsie Burch Donald, 2021
© de la traducción: Dulcinea Otero-Piñeiro, 2024
© Alianza Editorial, S. A., Madrid, 2024
Calle Valentín Beato, 21
28037 Madrid
www.alianzaeditorial.es
ISBN: 978-84-1148-559-3
Depósito legal: M. 57-2024
Printed in Spain
Si quiere recibir información periódica sobre las novedades de Alianza Editorial,
envíe un correo electrónico a la dirección: alianzaeditorial@anaya.es

Índice

- 9 Nota de la autora
- 11 Prefacio

- I. ¿Qué eres?
 - 17 1. Génesis
 - 22 2. Materia y mortero
 - 32 3. Movimiento y temblor (energía)
 - 39 4. Un mundo nuevo (física de partículas)
 - 55 5. Llegar a ser (componentes de la vida)
 - 66 6. Actividad frenética (células humanas)
 - 75 7. Compañeros de viaje (microorganismos)

- II. ¿Quién eres?
 - 89 8. El agente secreto (genética)
 - 104 9. El busto parlante que piensa (cerebro humano)
 - 125 10. Siempre a mejor (evolución)
 - 139 11. En busca de los ancestros (protohumanos)
 - 157 12. Simios con cultura (lazos sociales y aprendizaje)

- III. ¿Hacia dónde vas?
 - 175 13. Un mundo feliz (IA y robótica)
 - 197 14. El mañana del mañana (el futuro)

- 207 Apéndice:
Bagaje: Algunos temas más amplios pero relacionados
- 221 Glosario
- 231 Bibliografía y lecturas complementarias
- 237 Agradecimientos
- 239 Índice analítico
- 245 Créditos de las imágenes

Nota de la autora

Tuniverso ofrece una breve introducción a los fundamentos de la ciencia moderna, pero también es una guía de viaje. Describe en términos sencillos, y hasta donde permite llegar el conocimiento actual, el mundo del que formas parte inseparable: qué es, cómo funciona y, lo más importante, qué lugar ocupas en él. Es el libro que me habría gustado tener cuando yo misma emprendí este viaje por primera vez.

Los temas que aborda son la Gran Explosión (*Big Bang*), la materia, la energía, la física de partículas, la biología, la evolución y el futuro de la tecnología. Emplea un lenguaje sencillo, con la información repartida en bocados digeribles y capítulos breves, y no contiene terminología científica ni fórmulas.



La ciencia abarca un territorio prodigioso en el que puedes viajar en el tiempo y en el espacio, es el mundo de lo

increíblemente grande y lo inconcebiblemente pequeño. Por eso es importante que le dediques tiempo. Este libro es breve, pero el universo no se recorre en un día. Confío en que la información que encontrarás en él te resulte clara, aunque, como sucede con cualquier guía de viajes, es mucha la que se da aquí y tal vez necesites releer algunos pasajes para retenerlos.

El cerebro humano actúa como un filtro. Cuando recibe información nueva puede plantarse como un poni temeroso que se resiste a dar un salto o cerrarse de golpe como una almeja. Así que te daré un consejo. Es mejor digerir cada capítulo de uno en uno. Si algo te parece difícil, te recomiendo hacer un descanso y que vuelvas a intentarlo más tarde. Tal vez te ayude leer el resumen sucinto que figura al final de cada capítulo y después releer la parte «difícil». La bruma se desvanecerá de golpe y la claridad será absoluta. Las palabras no habrán cambiado, pero tu cerebro sí. La relectura le habrá permitido establecer referencias, encontrar algunas conexiones y preparar la mente para asimilar lo nuevo.



Todos los capítulos han sido revisados por especialistas destacados en cada materia, aunque cualquier error que haya podido deslizarse es mío. He procurado presentar los temas con claridad y allanar el camino para que resulten accesibles y, además, entretenidos. La redacción de este libro, así como las indagaciones que he efectuado para confeccionarlo, me han reportado un placer inmenso que espero transmitirte y contagiarte.

Prefacio

Al principio, unos 14 000 millones de años atrás, hubo una «explosión» masiva que creó el universo o, más exactamente, puso en marcha su desarrollo. Algunos cosmólogos creen que este suceso, conocido como Gran Explosión (o *Big Bang*), no fue algo único, sino uno más de varios episodios sucesivos de este tipo con los que un universo siguió a otro y luego a otro, como una serie de explosiones a modo de muñecas rusas. Nuestro universo solo es el que existe ahora, o tal vez uno de los muchos existentes en un vasto multiverso insondable. Otras personas creen que el universo pudo renacer después de contraerse sobre sí mismo en una existencia anterior, y volver a emerger de nuevo, como una planta a partir de sus semillas o un balón descontrolado que rebota sin fin. Algunas sostienen que emergió de un agujero negro, mientras que otras defienden que lo desencadenó el dedo de Dios accionando el gatillo una o varias veces seguidas a lo largo del tiempo.

Aunque existe controversia entre la comunidad científica sobre estas primeras microfracciones de segundo del universo, en general se admite que la Gran Explosión liberó una concentración infinitesimal e hiperdensa de energía que al cabo de miles de millones de años se agregó y formó las estrellas, los planetas y las galaxias de nuestro universo y, con el paso del tiempo, también a ti.

El tema de este libro es una exposición breve de cómo sucedió todo esto: la estructura de las estrellas y la materia, la misteriosa aparición de la vida y la llegada del ser humano, la interconexión entre todas las cosas del planeta y el lugar que ocupas en él.

Para qué tomarse esa molestia, suele preguntarse la gente. Bastante cuesta ya estar al tanto de las noticias y los sucesos cotidianos. Hoy en día tenemos más información de la que podemos asimilar. El hombre del Renacimiento conocía la mayor parte de lo que había que saber porque tampoco era tanto. Ahora tenemos que recurrir a especialistas en medicina para el cuerpo, en psiquiatría y neurología para el cerebro, en mecánica para el automóvil, en informática para los aparatos electrónicos, y en astronáutica, cosmología y ciencia ficción para el espacio exterior. Lo único que no tenemos, y realmente deseamos, es un asistente doméstico robotizado.

Pero si tú has comprado este libro, lo más seguro es que lo veas de otro modo. Quizá seas una persona curiosa. La naturaleza humana nos empuja a buscar patrones y resolver enigmas. La curiosidad y el asombro son algo innato, así como el deseo de aprender. Además, nos gusta modificar y hasta dominar lo que nos rodea, ya sea animado o inanimado, y conversar, a veces incluso de manera respon-

sable, sobre asuntos polémicos. La juventud más aventurera incluso ansía empresas audaces y nuevos mundos por descubrir y hasta por conquistar. Ese es el territorio de la ciencia.

¿Te mudarías a una casa sin saber de qué está hecha o cómo funciona lo que tiene dentro, como haría un insecto o un ratón? El universo te aloja en un rincón minúsculo. Te conforma la misma materia que hay en él. Dependes de él por completo para alimentarte, calentarte, alumbrarte y reparar tu cuerpo. Cada pocos años el cuerpo se regenera con material nuevo procedente del universo que se personaliza y encaja donde debe con una precisión asombrosa, siguiendo un patrón dictado por el ADN particular de cada cual. Eres una célula del tejido universal. Y, al morir, el universo volverá a absorberte.

Pero justo ahora se da el hecho maravilloso de que eres una entidad casi independiente de esa amalgama universal. Eres un yo capaz de mirar a tu alrededor y de captar el mundo variable del que formas parte, tal vez de imprimirle algunos cambios y, al mismo tiempo, de saber algo sobre qué eres, quién eres y hacia dónde os dirigís tanto tú como tus genes. Dispones de cinco sentidos y del preciado don de la consciencia para sacarle el máximo jugo a la vida mientras puedas.



¿Qué eres?

1. Génesis

*Son los astros, los astros sobre nosotros,
los que rigen nuestras circunstancias.*

Shakespeare, *El rey Lear*

Unos 13 800 millones de años atrás, el universo en ciernes era una mancha diminuta del tamaño de una fracción de una partícula nuclear. Tenía una densidad extrema y una temperatura increíblemente elevada. De repente, a partir de ese nanohuevo sobrecalentado estalló una bola de fuego que en un abrir y cerrar de ojos dobló su tamaño diez mil billones de billones de veces y creó los elementos constitutivos esenciales que conforman todos los objetos del universo, así como el tiempo y el espacio.

Una diezmilésima parte de un segundo después de la Gran Explosión, cuando la temperatura de la bola de fuego en expansión empezó a descender, el universo se había convertido en una masa caótica de radiación (luz) y partículas subatómicas en colisión que se aniquilaban entre sí en una violenta pugna que duró los siguientes 380 000 años.

Para entonces, cuando todo se había calmado hasta situarse a la temperatura actual de la superficie del Sol, las partículas diminutas se estabilizaron y empezaron a aglutinarse, lo que dio inicio a la formación de las estrellas y los planetas.

Estrellas

Las primeras estrellas emergieron unos 200 millones de años después de la Gran Explosión. Se formaron en el interior de densas nubes de gas hidrógeno y helio, el caldo primordial del universo primitivo. Tardaron millones de años en surgir, pero pocos minutos después de la Gran Explosión, grandes cantidades de gas hidrógeno se convirtieron en helio en un proceso que liberó, como residuo, energía en forma de luz y calor. Este mecanismo de fusión nuclear es el mismo que calienta las estrellas y las hace brillar, pero también permite crear bombas nucleares.

Las estrellas permanecen estables equilibrando el empuje hacia fuera que ejerce la energía nuclear y el empuje hacia dentro debido a la atracción gravitatoria. Pero cuando se agota el hidrógeno que propulsa las estrellas, ese equilibrio empieza a desaparecer. Al final se impone la gravedad, y la estrella se contrae sobre sí misma (se colapsa) o, si es realmente grande, explota.

Las primeras estrellas del universo eran descomunales, cientos de veces más grandes que nuestro Sol. Pero fueron muy efímeras debido a su inestabilidad, e inmensamente beneficiosas. La mayoría de los elementos que conforman el universo se cocinó en el interior de estos astros. Al es-

tallar lanzaron al universo los materiales necesarios para gestar varias generaciones de estrellas nuevas, junto con los elementos esenciales que te forman a ti y todo lo que te rodea: carbono, nitrógeno, oxígeno y hierro.

Las estrellas son las madres del universo. Y tú también eres polvo de estrellas.



El *Sol* es uno de los más de 100 000 millones de estrellas que pueblan nuestra Galaxia. Unos 5000 millones de años atrás una acumulación de nubes de gas y polvo empezó a girar cada vez más deprisa por efecto de la gravedad y se aplanó hasta adoptar la forma de un disco. La mayor parte del material que gravitó hacia el centro del disco se acumuló como se ha descrito más arriba y dio lugar al Sol. El material sobrante que siguió girando alrededor de la estrella recién formada se convirtió en los planetas, los satélites y los asteroides del Sistema Solar, objetos demasiado pequeños para emitir luz y que se conformaron con la gloria de limitarse a reflejarla.

El núcleo fundido del Sol actual se encuentra casi a la misma temperatura que tenía el universo de unos pocos minutos de edad. Gran parte de lo que ocurre en su interior también es igual. La fusión nuclear mantiene los gases calientes y sometidos a una presión inmensa. Esto libera radiación en forma de luz. La luz tarda miles de años en viajar desde el núcleo del astro hasta la superficie en un recorrido zigzagueante en el que experimenta numerosas colisiones. Pero una vez que los rayos se abren camino hasta el exterior, alcanzan la Tie-

rra, situada a 150 millones de kilómetros de distancia, en tan solo ocho minutos.

El Sol ya ha consumido la mitad de su combustible de hidrógeno. Esto significa que ha llegado a la mitad de su existencia. Cuando ya no consiga mantener el equilibrio entre el empuje del hidrógeno y el de la gravedad, sufrirá una implosión. Cuando esto suceda, los materiales que contiene serán devueltos al espacio, reciclados, para formar estrellas nuevas, aunque no habrá nadie para presenciarlo.

Enigma

En 1998 se logró un descubrimiento extraordinario. Los cosmólogos observaron de manera inesperada que el universo se estaba expandiendo a gran velocidad. Es más, el ritmo de la expansión se estaba acelerando: las galaxias se alejaban cada vez más unas de otras. En resumen, la gravedad no estaba haciendo su trabajo: las cosas se separaban en lugar de tender a juntarse. Aquello desconcertó a los científicos. ¿Estaría actuando alguna otra fuerza o potencia más intensa? Nadie tenía ni idea, pero algo estaba venciendo la fuerza dominante de la gravedad.

La misteriosa fuerza, apodada «energía oscura», se sumó a la propuesta previa de que existe una materia oscura igualmente misteriosa que es invisible porque no emite luz. Del mismo modo que la energía oscura explicaría que el universo se está separando, es posible que la materia oscura contribuyera a compactarlo en sus inicios.

Poner nombre a las cosas infunde una sensación mayor de control. Pero lo cierto es que, a pesar de todo lo que he-

mos descubierto sobre el universo hasta ahora (que alberga billones de estrellas y galaxias, de qué están hechas, cómo se comportan y mucho más), ahí fuera hay algo extraño y completamente distinto a lo que se conoce. Y es inmenso.

Esto ha llevado a una revisión radical de la composición del universo: ahora se estima que el 73 % del universo es energía oscura, y el 23 %, materia oscura. En otras palabras, solo conocemos el 5 % del universo. Como nosotros mismos estamos hechos de materia ordinaria, la energía y la materia oscuras se encuentran por ahora fuera de nuestro alcance en todos los sentidos.

En resumen:

- El universo conocido consiste en unas 3/4 partes de hidrógeno y alrededor de 1/4 parte de helio. Sin embargo, solo conocemos el 5 % de todo lo que conforma el universo.
- Las estrellas son hornos nucleares propulsados con hidrógeno. La mayoría de los elementos del universo se cocinó en su interior a lo largo de millones de años.
- Cuando una estrella fenece, los elementos forjados con su temperatura interior salen despedidos hacia el universo y se reciclan.
- Las estrellas crearon otras estrellas y casi todo lo que hay en el universo, o sea, también a ti.
- La energía oscura y la materia oscura conforman la mayoría del universo. En tiempos recientes se ha cartografiado dónde se encuentra la materia oscura, pero aún no sabemos qué es.

2. Materia y mortero

*Cuando el obispo Berkeley decía:
«la materia no existe», y lo demostraba,
dejaba de importar sobre qué materia hablara.*

Lord Byron

Si tenía algún sentido la afirmación del obispo Berkeley, no era ese precisamente. (Pero volveremos a esta cuestión más adelante). La materia, tal y como la conocemos, es la sustancia que compone todas las cosas que hay en el universo: microbios, insectos, plantas, animales, personas, máquinas, montañas, océanos, planetas, galaxias, todo lo físico. La materia es material. Es todo lo que tiene masa y ocupa espacio. Pero, ¿qué es eso, si hay materia de tantos tipos diferentes?

En el siglo IV a. C., el filósofo griego Demócrito proclamó que todo en el universo consiste en combinaciones de una sola mota indivisible que él llamó *átomo*: «indivisible». (Es posible que adquiriera la idea durante su visita a la India)*. Decía Demócrito que los átomos solo

* El concepto, atribuido al sabio hindú Aruni, aparece en los textos Upanishad del año 800 a. C.

tienen la cualidad de la forma. Se empujan y tiran continuamente unos de otros y se unen de maneras diferentes para crear cosas distintas. Son como un alfabeto, donde la combinación de las mismas letras de maneras diversas da lugar a innumerables relatos y expresiones.

Dos mil años después, el joven Albert Einstein confirmó la teoría de Demócrito en un acto brillante de pensamiento matemático. Según él, todo se compone de hecho de partículas diminutas que forman los elementos constitutivos esenciales del universo.

Eso ocurrió en 1905. Desde entonces hemos afinado la vista para ver más allá y, aunque los átomos siguen siendo los elementos constitutivos universales, lo cierto es que no son indivisibles. Ahora sabemos que cada átomo está compuesto por tres partículas subatómicas: *protones*, *neutrones* y *electrones*. Los protones y los neutrones están ligados entre sí dentro de un núcleo central muy reducido, tal como se muestra en la figura. Y están formados a su vez por tres partículas aún más pequeñas llamadas *cuarks*. Los singulares electrones, más ligeros pero de una trascendencia enorme, rodean el núcleo atómico.

Los átomos suelen contener el mismo número de protones y de electrones.



El mundo atómico es microminúsculo. En promedio, el átomo es un millón de veces más fino que un cabello humano. Y, por si te lo estabas preguntando, se estima que en la cabeza de un alfiler caben 5 billones de átomos de

Átomo

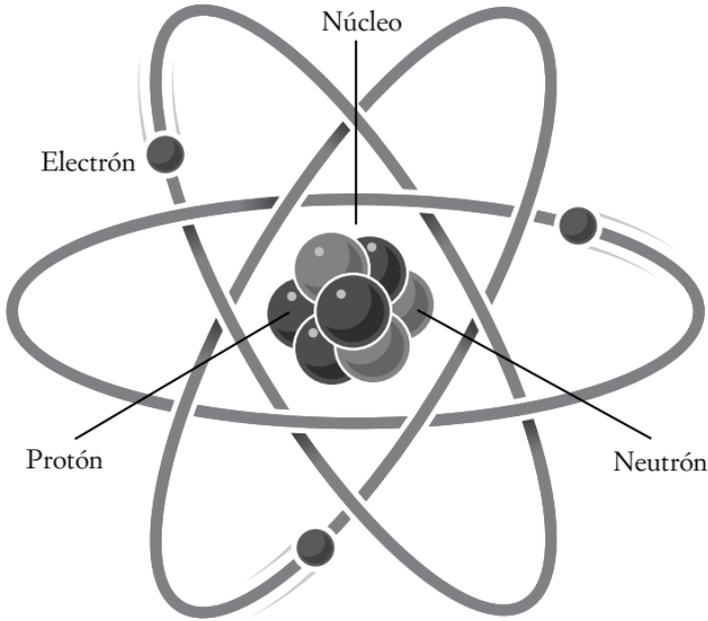


Figura 1. El átomo, el elemento constitutivo más esencial de la materia, consiste en un núcleo rodeado de las partículas conocidas como electrones.

hidrógeno. Es más, si se ampliara un átomo hasta el tamaño de un campo de fútbol, el núcleo sería como un guisante. Sin embargo, a diferencia de los estadios de fútbol, el 99.9 % de los átomos es espacio vacío.

Lo más importante es que los átomos tienen una vertiente eléctrica. Los protones tienen carga positiva, y los electrones, carga negativa. Los neutrones, como su nombre indica, son neutros. Añaden masa. Como las cargas positivas y negativas se anulan mutuamente, el átomo de

por sí es neutro y, por tanto, estable. Puede interactuar con otros átomos y crear estructuras mayores.



Todos los elementos atómicos de construcción necesitan un mortero que los mantenga unidos. Este trabajo lo realizan las *cuatro fuerzas fundamentales* (que se cree que aparecieron poco después de la Gran Explosión).

Y no hay más. Básicamente, todo lo que hay en la Tierra es un conglomerado de protones, neutrones y algunos electrones volantes que se mantienen unidos gracias a cuatro fuerzas fundamentales. Eso eres, en resumidas cuentas. Sin embargo, en todo su conjunto, tu cuerpo consiste en varios miles de billones de billones de átomos que, no lo olvidemos, están vacíos en un 99.9 %. Y la mayoría de ellos se reemplaza cada año.

Construcción de materia desde cero

¿Cómo es posible que unas pocas partículas simples sean las artífices de las complejidades de un cuerpo humano y, no digamos ya, de cada uno de los objetos que hay en el universo?

El asunto es como sigue. Hay átomos de distintos tipos. Cada conjunto formado por un solo tipo de átomo recibe el nombre de *elemento*. El número de protones determina qué elemento es ese átomo y, por tanto, qué material formará. Por ejemplo, si un átomo tiene 6 protones es el elemento carbono, por lo que creará sustancias car-