

ZIYA TONG

# La burbuja de la realidad

Mira con  
nuevos ojos  
el mundo  
que te rodea

*Ariel*

Ziya Tong

# La burbuja de la realidad

Mira con nuevos ojos  
el mundo que te rodea

Traducción de Vicente Campos

*Ariel*

Título original:  
*The Reality Bubble: Blind Spots, Hidden Truths,  
and the Dangerous Illusions that Shape Our World*

Primera edición: mayo de 2021

© 2019, Ziya Tong  
© 2021, Vicente Campos González, por la traducción

Authorized translation of the English language edition titled *The Reality Bubble*,  
published by Penguin Canada. Copyright © 2019, Ziya Tong.

Esta traducción está publicada mediante el acuerdo con  
International Editors' Co., The Cooke Agency International  
y Rick Broadhead & Associates, Inc.

Derechos exclusivos de edición en español:  
© Editorial Planeta, S. A.  
Avda. Diagonal, 662-664, 08034 Barcelona  
Editorial Ariel es un sello editorial de Planeta, S. A.  
[www.ariel.es](http://www.ariel.es)

ISBN: 978-84-344-3351-9  
Depósito legal: B. 5.319-2021

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.

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 este 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](http://www.conlicencia.com)  
o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47.

## Sumario

<i>Introducción</i> . . . . .	13
-------------------------------	----

### PRIMERA PARTE PUNTOS CIEGOS BIOLÓGICOS

1. El tarro abierto . . . . .	27
2. Bomba mental . . . . .	59
3. Al mismo nivel, que no iguales. . . . .	83

### SEGUNDA PARTE PUNTOS CIEGOS SOCIALES

4. Receta para el desastre . . . . .	115
5. Oro negro . . . . .	147
6. Basuras y tesoros . . . . .	179

### TERCERA PARTE PUNTOS CIEGOS DE LA CIVILIZACIÓN

7. Los señores del tiempo . . . . .	213
8. Invasores del espacio . . . . .	249
9. Robots humanos . . . . .	285

10. El traje nuevo del emperador .....	323
11. Revolución.....	357
<i>Agradecimientos</i> .....	377
<i>Notas</i> .....	379
<i>Índice analítico</i> .....	399

## El tarro abierto

Donde acaba el telescopio empieza el microscopio, ¿cuál de los dos ofrece una visión más grandiosa?

VICTOR HUGO

En un abrir y cerrar de ojos, Dondidier ya no estaba allí, pero su desaparición no formaba parte de un número de circo. Como informaba el *Hamilton Daily Times* el 16 de agosto de 1913, detectives y perros rastreadores fueron enviados rápidamente para buscar al artista, que se desvaneció dos días antes de la noche de estreno. Por fortuna, el espectáculo no fue cancelado. El viernes por la noche, el acróbata fue visto por un miembro del equipo, oculto dentro de la tienda principal. Y mientras el fiasco llenaba los titulares, para el público, la historia real no era su misterioso regreso, ése era su valor. La estrella del circo estaba valorada en 500 dólares, lo que en dinero actual equivale a más de 12.000; una suma absurda desde cualquier punto de vista, dado que Dondidier sólo era una pulga.

Un siglo antes de las rutilantes luces de Hollywood, el mayor espectáculo del mundo era diminuto: la pulga de circo. La pequeña actriz era una sensación internacional, y a ciudades como Nueva York, París y Londres acudían multitudes desde lugares lejanos para observar actuar a esos parásitos. Había pul-

gas bailarinas, pulgas espadachinas, pulgas bala de cañón, pulgas forzudas, pulgas equilibristas, bailarinas de tango y trapecistas. Fue ahí donde, deslumbrados por sus diminutas e intrépidas hazañas, los públicos ovacionaban a la criatura más denigrada de todas: *Pulex irritans*, la pulga humana sedienta de sangre y transmisora de enfermedades, que había sido catapultada a la fama y se había convertido en una estrella.

La popularidad del circo de pulgas se debía, en parte, a su bien guardado secreto. La gran cuestión era: ¿cómo amaestras a una pulga? Arrancados, de manera bastante literal, del sillón del *casting*, los insectos eran fugitivos habilidosos y podían bajarse del escenario y escapar. Así que, presionados, los amaestradores de pulgas, o profesores como eran oficialmente conocidos, revelaron un truco para domar a las pequeñas bestias: para mantener al animal bajo control en todo momento, los retenían en una prisión invisible.

Para hacerlo, las pulgas eran introducidas en un pequeño tarro de cristal y cuidadosamente guardadas dentro. Como bichos sin alas que evolucionaron para saltar sobre sus huéspedes para un ágape de sangre, las pulgas tienen patas con resortes que les permiten saltar más de cien veces su propia altura y poseen resistencia para saltar más de treinta mil veces. Pero dentro del tarro, su destreza física se volvía contra ellas porque cuando saltaban hacia arriba, se golpeaban el cuerpo con fuerza y repetidamente contra la tapa.

Pero —para evitar el dolor— las pulgas no tardaban en aprender: en lugar de saltar con fuerza hacia arriba, saltaban más bajo para no rebotar contra el techo. En ese momento, según los profesores, podías quitar la tapa para siempre y los bichos ya no se escaparían nunca. Para las pulgas, la libertad estaba a sólo un buen salto de distancia, pero la trampa se había fijado en sus mentes.

La historia era buena. Lo bastante buena para ahuyentar a los curiosos, pero no era verdad. Y aunque la doma de la pulga todavía podría ser de algún provecho para la sociedad humana, no servía en absoluto para las pulgas. Y eso era así

porque, entre bastidores, como los profesores bien sabían, las chupadoras de sangre no podían ser amaestradas, que si pones una pulga dentro de un tarro y quitas la tapa, la pulga, por descontado, huirá.

Pero, mirando a través de una lupa, los testigos juraban que veían a las moscas bailar y hacer malabarismos cuando se lo ordenaba su amo. Así que la cuestión permanece: ¿cómo realizaban los insectos aquellos números increíbles? Resulta que el alegre espectáculo tenía un lado oscuro. Para las pulgas, era una tortura.

Vestidos con tutús rosas y pegados a diminutos parasoles, los insectos no participaban voluntariamente. Las ataduras de cable dorado que llevaban eran arneses que servían para someterlos a aquellas terribles condiciones. Las pulgas futbolistas, por ejemplo, jugaban con una diminuta bola de algodón empapada en hierba de limón, que era tan repugnante para ellas que, al menor contacto, se la quitaban de encima a patadas. Por otro lado, a las malabaristas se las sujetaba pegándoles las espaldas al tarro y el movimiento de sus patas hacía rodar una bola de pelusa por encima de ellas. En cuanto a las intérpretes de la orquesta de pulgas, estaban sujetas a asientos en una caja de música, cada una con un instrumento en miniatura pegado a sus patas delanteras. Entonces con un toque en la cabeza de cada una —o, con más sadismo, encendiendo una llama debajo—, ellas empezaban a agitar las patas libres, produciendo la impresión de que se movían al son de la música.

Antes de dar la entrada al diminuto violín, debemos recordar que para la persona normal, la vida de una pulga carece de valor. Ni siquiera la de cien o cien mil. Ni parpadearíamos ante un Armagedón global de pulgas; es más, nos encantaría librarnos de ellas. Pero, por extraño que parezca, cuando la gente ve hoy en día pulgas forzudas en YouTube tirando de diminutos carros, o pulgas acróbatas caminando por la cuerda floja, cuando aparecen en pantalla a una escala con la que podemos interactuar, ampliadas como microes-



trellas del cine, la reacción a esos bichos cambia: «¡Le están haciendo daño a las pulgas!», «¡las correas las estrangulan!», «¡esto es crueldad animal!». Tenga en cuenta que, en sus propios hogares, lo más probable es que esa gente aplastara una pulga sin preocuparse y luego fumigara por si acaso.

Lo que pasa es lo siguiente: en tanto gigantes, los seres humanos tienen tendencia a tratar la vida pequeña como si fuera insignificante. Como experto en pulgas y entomólogo, Tim Cockerill ha comentado: «A veces, en una ciudad como Londres, verá a la más diminuta mota volando por la habitación o posándose en la mesa, o en su cerveza en el pub, y la mayoría de la gente no pensará en ella como un ser vivo. La cogerán y le darán un capirotazo como si fuera una partícula de polvo o hollín o lo que sea, pero en realidad es una muestra de diversidad animal. Si usted se toma un momento para observar esa mota, se abre un nuevo mundo entero».

Y es verdad. De hecho, muchas especies nuevas se han descubierto de ese modo.<sup>1</sup>

Robert Hooke era un gigante intelectual, pero, lisiado por la escoliosis y la enfermedad de Pott, también era un jorobado. Considerado por algunos como el Leonardo da Vinci de Inglaterra, realizó un asombroso número de contribuciones en los campos de la astronomía, la biología, la física, la paleontología e incluso la arquitectura. Muy pronto desarrolló la teoría ondulatoria de la luz, demostró la existencia del aire, definió los límites de la visión humana, descubrió y dio nombre a la célula, dedujo que los fósiles eran restos de seres que habían vivido en el pasado y propuso la idea, inconcebible en su época, de que las especies podían desaparecer en extinciones. Pero hoy en día es más conocido por un dibujo icónico: la ilustración ampliada de una pulga.

Desplegándose en cuatro páginas, y «representada con la precisión anatómica de un rinoceronte», como escribió el historiador de Oxford Allan Chapman, la bestia ampliada

llenaba una página desplegable del gran éxito de ventas de Hooke, de 1665, *Micrographia*. Y aunque la personalidad particularmente difícil de Hooke le hizo muy impopular entre sus colegas académicos,<sup>2</sup> su libro al menos le granjeó la fama pública. En la obra, presentaba las maravillas del mundo aumentado: ilustraciones de agujones de abejas, patas de mosca, dientes de caracol (tienen más de veinte mil) e incluso ácaros en el queso. El detallismo de las imágenes todavía pasma a la mayoría hoy en día, pero para personas que veían por primera vez esos cuerpos diminutos, el libro era simplemente alucinante.

Gracias a *Micrographia*, la pulga se vio elevada a musa microscópica. E inspirado por las ilustraciones de Hooke, otro hombre se empeñó en indagar más a fondo en el mundo de lo minúsculo. Puliendo lentes cada vez más finas hasta que su visión aumentó más de 270 veces,<sup>3</sup> Anton van Leeuwenhoek era un contemporáneo de Hooke cuyos potentes microscopios caseros eran tan buenos que le hicieron merecedor del título de padre de un nuevo campo: la microbiología.

Con la capacidad de aumento hasta el nivel de una micra, o la millonésima parte de un metro, Van Leeuwenhoek podía ver mucho más allá del alcance de la simple vista. Y así, un día, mientras examinaba unas gotas de lluvia que había recogido en una olla, hizo un descubrimiento trascendental. Serpenteando ante sus ojos, a una escala tremendamente pequeña, había pequeñas criaturas nadando en el líquido. Eran más diminutas que nada que hubiera visto hasta entonces. Las llamó *animálculos*.

Es importante recordar que lo que nosotros denominamos «microorganismos» no existían oficialmente en el siglo XVI. Van Leeuwenhoek fue el primero en acceder a un mundo que había sido invisible para el ojo humano. Así que cuando en 1673 empezó a documentar sus hallazgos en una serie de cartas a la Royal Society de Londres, destacados científicos de la época no sólo se mostraron escépticos, sino que creyeron que o estaba alucinando o se había vuelto loco.

Sin embargo, lo que jugaba en favor de Van Leeuwenhoek era que se trataba de un hombre prolífico. Y al empezar a mirar más de cerca las cosas de la vida cotidiana, se transformaban en maravillas aumentadas. En 1673, centró su lente en la fuerza vital que se movía a través de todos nosotros poniendo una gota de su propia sangre bajo el microscopio. Resultó que el líquido contenía sólidos: fluyendo por nuestras venas vio células sanguíneas, que describió como «glóbulos».

En 1677, observó una forma de vida enteramente nueva y descubrió los protozoos. Unas criaturas «tan pequeñas que, al verlas, juzgué que si cien de estos minúsculos animales se colocaran uno detrás de otro, no alcanzarían el tamaño de un grano de arena gruesa». Ese mismo año, hizo su mayor descubrimiento personal cuando examinaba otro fluido corporal, su propia eyaculación. Se convirtió en la primera persona en ver células de esperma vivas, ampliadas y «moviéndose como una serpiente o como una anguila nadando en agua».

En una carta a la Royal Society del 17 de septiembre de 1683, Van Leeuwenhoek había virado su trabajo de detective hacia la higiene dental. Al observar la placa, o materia blanca, entre sus dientes, abrió de par en par una puerta a una dimensión enteramente nueva: «Y entonces contemplé, maravillado, que en la citada materia había numerosos y diminutos animáculos vivos, moviéndose con mucha elegancia. Los más grandes... tenían un movimiento muy rápido y marcado, y se precipitaban a través del agua (o la saliva) como un lucio por el agua. Los segundos... a menudo giraban como un tapón... y su número era mucho mayor».

Ahí, en su boca, había descubierto una metrópolis de vida en la frontera más remota del mundo microscópico. Todavía hoy siguen siendo los seres vivos más diminutos que conocemos. Había descubierto las bacterias.<sup>4</sup>

Pero en la comunidad científica todavía perduraban grandes dudas sobre las osadas afirmaciones de Van Leeu-

wenhoek. En una carta a Robert Hooke, el holandés escribió: «Me contradicen muchas veces y a menudo me entero de que se dice que no hago más que contar cuentos de hadas sobre los pequeños animales». Y así, la Royal Society recurrió al eminente Hooke para reproducir y confirmar los descubrimientos de Van Leeuwenhoek.

Hooke había mirado antes a través de un microscopio, pero cuando alcanzó los aumentos de Van Leeuwenhoek, lo que vio era asombroso y superaba lo creíble. Y pese a todo, era cierto. En su carta a la Royal Society informaba:

Adjunto aquí los testimonios de ocho personas creíbles, algunas de las cuales afirman haber visto 10.000, otras 30.000 y aun otras 45.000 pequeñas criaturas vivas, en una cantidad de agua tan grande como un grano de mijo (92 de los cuales equivalen al tamaño de un guisante o la cantidad de una gota de agua natural) [...]. Si, según algunos de los testimonios incluidos, en una cantidad de agua del volumen de una semilla de mijo podrían encontrarse no menos de 45.000 animálculos, se deduciría que en una gota normal de esta agua habría no menos de 4.140.000 criaturas vivas, cuyo número doblado supondría 8.280.000 criaturas vivas en una gota de agua, una cantidad que en verdad afirmo haber visto.

Bajo la lente de cristal del microscopio, se había abierto de par en par una diminuta ventana, y el universo que asomaba era gigantesco.

Tendemos a olvidar que a la escala de los seres vivos, somos inmensos. Para nosotros, la realidad puede parecer que tiene un tamaño humano, pero lo cierto es que el 95 % de todas las especies animales son más pequeñas que un pulgar humano. Incluso animales diminutos como las pulgas son gigantes en comparación con las formas de vida microscópicas que las habitan. Como dice el antiguo poema «Siphonaptera»: «Las

pulgas grandes tienen pulgas pequeñas / sobre sus espaldas, que las muerden. / Y las pulgas pequeñas tienen pulgas aún más pequeñas / y así *ad infinitum*». En esencia, incluso nuestros bichos tienen sus bichos. Teniendo eso en cuenta, merece la pena dedicar un momento a reflexionar qué es exactamente un *bicho*. El término implica una criatura pequeña cuya simple existencia y modo de supervivencia es un incordio. Las pulgas no son más que una del gran número de especies que despreciamos. Y por buenas razones: como se sabe, la pulga de la rata sirvió de portadora de la bacteria *Yersinia pestis* que mató a millones de personas en todo el mundo, en especial en relación con la peste negra, la pandemia que alcanzó su punto máximo de propagación en Europa en el siglo xiv.<sup>5</sup> Debido a eso, algunos se han planteado si la existencia de la pulga tiene algún sentido. Como escribió un comentarista *online*: «Hay algunas criaturas que no sirven para nada. Las pulgas son un ejemplo. No polinizan ninguna flor, no cazan ningún insecto destructivo o dañino. Al contrario, chupan la sangre de personas y animales incautos mientras transmiten organismos dañinos a su flujo sanguíneo». Pero la pulga no es la única considerada indigna de estar viva. Tenemos actitudes similares hacia las cucarachas, los mosquitos, los ácaros, las chinches, las avispas, las hormigas, las lepismas, las arañas, las moscas y muchos otros bichos molestos que rondan cerca de nuestras casas. Decidimos qué animales deberían vivir y cuáles tendrían que morir. Dividimos los animales entre aquellos que admiramos o nos benefician —insectos que son bellos o tienen un propósito como las mariposas o las abejas— y aquellos que preferiríamos exterminar, sobre todo cuando compiten por nuestra comida en la agricultura.

Como consecuencia, hemos lanzado nuestra propia peste negra, una despiadada guerra química contra estos diminutos invasores. A escala global, los agroquímicos y los pesticidas se han convertido en una industria multimillonaria que crece año tras año.<sup>6</sup> Pero en nuestro empeño de aplas-

tar a los indeseados bichos, vertemos más de dos millones de toneladas métricas sobre nuestras plantas y suelos cada año. No es sorprendente que no sólo estemos dañando a los insectos que no nos gustan, también acabamos con los que nos gustan.

Los científicos nos dicen que asistimos a una disminución catastrófica de las poblaciones de insectos. Un estudio alemán descubrió que en las reservas naturales protegidas, el número de insectos se había desplomado un 80 %. Rodolfo Dirzo, un ecologista de la Universidad de Stanford, ha documentado un descenso de un 45 % en todo el mundo en las poblaciones de insectos a lo largo de las últimas cuatro décadas. Y la IUCN, la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, señala que de los 3.623 invertebrados a los que se hizo un seguimiento, el 42 % corren peligro de extinción.<sup>7</sup>

En nuestro empeño por exterminar a los insectos, hemos perdido de vista lo cruciales que son para la supervivencia humana, pero el efecto dominó recorre la cadena alimentaria. Como advierte el biólogo Dave Goulson, «en este momento nos hallamos rumbo a un Armagedón ecológico. Si perdemos a los insectos, todo va a desmoronarse». Eso se debe a que los insectos no sólo ayudan a la polinización, también son los basureros y recicladores de la naturaleza. Como apunta Goulson, «sin los insectos, no tendríamos la mayoría de las frutas y verduras que nos gusta comer, así como productos como el café y el chocolate. Los insectos también ayudan a descomponer las hojas, los árboles muertos y los cadáveres de animales. Ayudan a reciclar nutrientes que vuelven a estar a nuestra disposición. Si no fuera por ellos, las bostas de vaca y los cadáveres se amontonarían en el paisaje».

No seremos los únicos que sufran las consecuencias. Ya han empezado a desaparecer los pájaros que se alimentan de insectos. El número de aves en Europa se ha desplomado, disminuyendo en cuatrocientos millones durante las últimas tres décadas. Algunas aves cantoras migratorias, como la bisbita común, han perdido hasta un 70 % de su población.

No lo vemos suceder, y eso es potencialmente nuestro error fatal: tendemos a no darnos cuenta de que algo está desapareciendo hasta que ya no está.

Al final, lo que mató a la pulga de circo fue la desaparición de su estrella. La pequeña atracción reinó esplendorosa durante más de cien años pero se vio obligada a cerrar las solapas de su tienda cuando la pulga humana no fue rival, no para los insecticidas, sino para la aspiradora.<sup>8</sup> Desde el punto de vista empresarial, fue el coste de importar pulgas lo que lo volvió poco práctico. Como comentó el profesor Tomlin, uno de los últimos grandes adiestradores de pulgas: «Tengo ofertas de todo el mundo para llevar mi espectáculo, pero temo una cosa, cuando sales del país, ¿puedes encontrar pulgas? Fui a Suecia y tenía que hacer que me trajeran pulgas de Mallorca cada dos semanas».

Nos hemos librado en gran medida de la pulga humana, pero nuestros cuerpos siguen hospedando muchas especies menos conocidas. Por suerte, tanto para ellas como para nosotros, viven tranquilamente como diminutas compañeras que no sentimos ni vemos. Es posible que le entren ganas de respirar hondo mientras lee esto, pero ahora mismo su cara está atestada de ácaros *Demodex*, arácnidos de ocho patas cuyos parientes más cercanos son las arañas. Un estudio descubrió que a los dieciocho años, el cien por cien de las personas examinadas son anfitriones de los ácaros.<sup>9</sup> Acurrucadas en los lechos de nuestros poros y encajadas en nuestras pestañas, las criaturas nocturnas emergen todas las noches, moviéndose a una velocidad de ocho a dieciséis milímetros por hora, para alimentarse y encontrar parejas con las que aparearse en nuestras caras. Los científicos todavía no saben con certeza qué comen exactamente. Podría ser materia sebácea, o aceite o secreciones de los poros, o podrían darse un festín con ágapes de células muertas o de bacterias en nuestra piel. Pero una cosa sí saben los científicos: estos áca-

ros tienen bocas, carecen de anos y la acumulación de comida implica que cuando mueren explotan con un estallido de material de sus tripas que acaba sobre nuestras caras. Y esta materia fecal sirve de hogar para especies aún más pequeñas, porque haciendo dedo en las entrañas de los ácaros hay formas de vida aún más prolíficas: las bacterias.

Sin embargo, las bacterias de la cara no son nada cuando se considera que los seres humanos están cubiertos de pies a cabeza de microbios. Y la diversidad de especies es absolutamente increíble. Tomando muestras de los ombligos de sesenta sujetos, unos investigadores de la North Carolina State University que trabajaban en el «Proyecto de Biodiversidad del Ombligo» encontraron un auténtico zoo de bacterias, un total de 2.368 especies diferentes, más de la mitad de las cuales eran desconocidas hasta entonces para la ciencia. El ombligo de una persona incluso hospedaba una bacteria que se pensaba que sólo existía en Japón. La persona en cuestión jamás había puesto el pie en Japón, así que ¿cómo llegó hasta ahí? Bien, las bacterias son viajeras que recorren el mundo entero. Incluso al inhalar una sola vez, como ha observado el microbiólogo Nathan Wolfe, estamos tomando muestras en un safari de especies microbianas de todo el mundo: «El polvo de los desiertos de China se desplaza y cruza el Pacífico hasta América del Norte y por el este llega a Europa, hasta, con el tiempo, dar la vuelta al mundo. Esas nubes de polvo acogen bacterias y virus de las tierras donde se originaron, así como otros microbios que recogen del humo de los incendios de vertederos o de las nieblas sobre los océanos que cruzan».

Las muestras de aire recogidas por científicos en el Laboratorio Nacional de Lawrence Berkeley descubrieron hasta 1.800 especies bacterianas en el aire que respiramos. Estas formas de vida bacterianas no sólo están en nuestros cuerpos y a nuestro alrededor, son una parte de nosotros. Por ejemplo, los ingenieros de la Universidad de Yale han descubierto que la mera presencia de una persona en una habitación



añade unos treinta y siete millones de bacterias a la mezcla, en una sola hora. Lo que consideramos nuestros propios cuerpos son en realidad sólo la mitad nuestros. Y aunque el mito es que las células bacterianas superan el número de las humanas por diez a uno, las recientes investigaciones han demostrado que estamos un poco más cerca de igualarlas. Un cuerpo humano medio tiene treinta billones de células humanas y unos treinta y nueve billones de células bacterianas, lo que significa que apenas nos superan y que la ratio es de 1,3:1.<sup>10</sup>

Eso, claro, plantea la cuestión de quién está al mando, ¿ellas o nosotros?

En este caso, la relación humanos-microbios no es tanto parasitaria como simbiótica. Pese a la mala prensa que tienen algunos gérmenes, hemos aprendido a convivir juntos, casi siempre, en relativa armonía.<sup>11</sup> Sin embargo, al nacer carecemos relativamente de bacterias<sup>12</sup> y adquirimos la mayoría de los autoestopistas microscópicos a lo largo de nuestras vidas. Por eso, si toma una muestra microbiana de gemelos idénticos, descubrirá que los microbios que los habitan tienen un ADN diferente.

Está quedando cada vez más claro que sin bacterias, nuestras vidas correrían peligro, porque lo que llamamos «buenos microbios», los probióticos, son necesarios para un sistema inmune sano. Una especie conocida como *Bacteroides fragilis*, por ejemplo, se encuentra en abundancia en las tripas de la mayoría de los mamíferos, incluidos entre el 70 y el 80 % de los seres humanos. Una molécula de la superficie de la célula, llamada «polisacárido A», estimula la producción de las células T reguladoras, que a su vez evitan la inflamación del intestino. Los científicos que trabajaban con ratones que fueron creados específicamente para carecer de gérmenes, descubrieron que éstos tenían células T reguladoras que no funcionaban bien, pero en cuanto introdujeron *Bacteroides fragilis* en sus organismos, su salud mejoró y se restauró su inmunidad.

También recurrimos a las bacterias para que nos ayuden a realizar tareas de supervivencia vitales, como comer. Si usted es un fanático de la pasta, los pasteles o las patatas fritas, entonces dese unas palmadas en el vientre en agradecimiento a *Bacteroides thetaiotaomicron*. De un modo muy similar a como las vacas tienen bacterias en sus rúmenes que las ayudan a digerir la celulosa de la hierba, los humanos dependemos de *Bacteroides thetaiotaomicron* para crear las enzimas que nos permiten procesar alimentos de plantas ricas en almidón.

Pero las bacterias no sólo están a cargo de regular nuestros cuerpos, tienen también deberes más importantes. Como ha señalado Rick Stevens, uno de los fundadores del Proyecto del Microbioma de la Tierra: «El 50 % de la vida en la Tierra es “invisible”, pero responsable de que el planeta sea habitable». Los científicos saben ahora que las formas de vida más diminutas de la Tierra son responsables de la creación de sistemas de escala planetaria, incluido el aire que respiramos y la comida que comemos. Y aunque los humanos andemos por ahí como si fuéramos las criaturas más poderosas del planeta, en realidad son los microbios quienes llevan las riendas.

Para empezar, producen el gas que es vital para la vida multicelular: el oxígeno. Y aunque se nos enseña que el oxígeno es básicamente exhalado por los árboles, de hecho, sólo el 28 % del gas emana de los bosques. La inmensa mayoría del oxígeno lo crean en el océano el fitoplancton y las algas. La fuente de esta fotosíntesis es, sin embargo, la misma dado que ambas, las plantas terrestres y las algas, tienen algo en común: fueron secuestradas por bacterias.

Hace más de dos billones de años, las cianobacterias desarrollaron un superpoder extraordinario: la capacidad para transformar la luz del sol en comida. Utilizando la energía de nuestra estrella más cercana, empezaron a convertir el agua y el dióxido de carbono en azúcares, separando el oxígeno restante como un subproducto. A lo largo del tiempo,

algunas de estas cianobacterias siguieron siendo acuáticas y permanecieron como organismos autónomos e independientes en el océano,<sup>13</sup> mientras que otras fueron absorbidas por algas y se convirtieron en residentes permanentes alojados dentro de sus orgánulos, conocidos como cloroplastos.<sup>14</sup> Cuando las especies de algas evolucionaron y migraron a tierra, se convirtieron en ancestros de las plantas y árboles modernos. Lo que significa que estos diminutos y muy antiguos ingenieros se sientan a los mandos de todas las plantas fotosintetizadoras. Y son ellos los responsables de todo el oxígeno que respiramos.

A nuestros pies se extiende otro ecosistema que solemos pasar por alto. La tierra es el hogar de un tercio de toda la vida del planeta, y bulle con su biodiversidad. Una simple cucharadita de tierra de jardín contiene una población de aproximadamente mil millones de bacterias. En términos de biomasa, eso es el equivalente de dos vacas por 8.000 metros cuadrados. Un puñado de tierra de bosque contiene más microbios que personas habitan la Tierra, y un kilogramo de suelo sano contiene más que el número de todas las estrellas de nuestra galaxia. Van Leeuwenhoek jamás habría soñado lo vasto que llegaría a ser el universo bajo el microscopio. Pero incluso hoy en día, más de tres siglos después del primer descubrimiento de Van Leeuwenhoek, gran parte de este cosmos subterráneo de bacterias, arqueas, hongos, protozoos, algas y virus permanece sin explorar. Hasta ahora, la ciencia sólo conoce el 0,001 % de las especies microbianas.

La tierra, por descontado, es crucial para la comida. Sin una buena tierra nos moriríamos de hambre. Y hoy comprendemos alguna de las funciones clave que desempeñan las bacterias en relación con el crecimiento de las plantas. Se debe a que las plantas, como todos los seres vivos, necesitan nitrógeno para su ADN. En la tierra, estas bacterias tienen la capacidad de atrapar nitrógeno atmosférico, que es un gas, y pegarlo de manera que se convierte en un compuesto, como el amoníaco, que las plantas pueden utilizar. En esen-

cia, las bacterias que fijan el nitrógeno son como diminutas bolsas solubles de fertilizante en la tierra, que alimentan a las plantas con su nutrición química y a su vez enriquecen a todos los animales en la cadena trófica.

Más allá de sus hábitats sobre la tierra y en los océanos, también se han encontrado bacterias girando en las alturas de la atmósfera. Viajando con los investigadores de huracanes de la NASA, los científicos tomaron una muestra de un metro cúbico de aire a 10.000 metros de altura y recogieron más de 5.100 especies. Nuestro planeta está literalmente envuelto en una burbuja de bacterias. Sólo desde hace muy poco estamos empezando a averiguar qué hacen ahí arriba estos seres diminutos. Algunos científicos creen que desempeñan un papel activo en la creación de nubes y la formación de lluvia, mientras que otros afirman que podrían dedicarse al reciclado de nutrientes en las alturas de la atmósfera. Hay, al menos, una cosa que sabemos con seguridad: lejos de ser insignificantes, las formas de vida más pequeñas de la Tierra desempeñan un papel crucial en el entramado de los sistemas de soporte vital del planeta. Hemos permanecido ciegos durante mucho tiempo a los servicios invisibles que proporcionan las bacterias, pero, en verdad, les debemos la vida.

Nuestro primer punto ciego es que la realidad no es de escala humana. Lo que denominamos «realidad» no es más que un diminuto fragmento en el esquema general de las cosas. Y aunque raramente pensamos sobre el tamaño, éste puede considerarse justificadamente el atributo más importante de la existencia animal: determina dónde, cómo e incluso durante cuánto tiempo vivimos en este planeta.<sup>15</sup> Sin embargo, cuando se trata de la vida en la Tierra, el tamaño tiene sus límites.

La avispa parásita llamada «fairyfly», por ejemplo, mide sólo doscientos micrones. Ése es el tamaño aproximado de una ameba, lo que significa que una familia de cinco disminu-

tas avispas de esta clase cabría cómodamente en el punto que hay al final de esta frase. Pero lo increíble de la *fairyfly* es que, a diferencia de una ameba, no es un organismo unicelular. Es una compleja forma de vida multicelular que ha conseguido introducir apretadamente una cantidad increíble de material biológico en un envoltorio inimaginablemente diminuto. Dentro de sus cuerpos, estos animales contienen la arquitectura biológica básica de un corazón latente, alas, patas, un sistema digestivo y un cerebro que funciona. ¿Y cómo cabe todo? Para la *fairyfly* ser pequeña tiene un alto precio, que paga en células cerebrales.

Los científicos han descubierto que cuando se hacen adultas, las *fairyflies* han sacrificado los núcleos del 95 % de sus neuronas, que es donde se almacena el material genético en la célula. Lo que implica, para los insectos, es que hacerse más pequeños se vuelve prácticamente imposible. Para las bacterias sin cerebro, todavía hay margen para encogerse. Mientras que sólo cinco *fairyflies* cabrían en un punto al final de una frase, cientos de miles de bacterias unicelulares podrían ocupar el mismo espacio. Por tanto, cuando hablamos de tamaño, las bacterias custodian esta última frontera. La vida multicelular no puede empequeñecerse más porque no hay espacio suficiente para sus ingredientes esenciales: proteínas y ADN. Lo que significa, de forma casi literal, que ahí no puede embutirse la vida.

En el extremo opuesto del espectro están los gigantes: los animales multicelulares que funcionan con nuestro tamaño y los pocos que son todavía mayores. Bien, ¿cuáles son los límites de las formas de vida grandes? ¿Por qué no existen king kongs en la vida real?<sup>16</sup> ¿Por qué no hay tampoco godzillas ni mujeres de quince metros de alto? La primera persona que abordó la cuestión fue, apropiadamente, un Goliat en sí mismo: el famoso astrónomo y revolucionario científico Galileo Galilei.

Galileo se dio cuenta de que el tamaño no sólo importa, sino de que puede ser una cuestión de vida o muerte. En sus

*Discursos y demostraciones matemáticas en torno a dos nuevas ciencias*, escribió: «¿Quién no sabe que un caballo que caiga de una altura de tres o cuatro codos se romperá varios huesos, mientras que un perro que caiga desde esa misma altura o un gato de una altura de ocho o diez codos no sufrirán ningún daño? Igualmente inofensiva sería la caída de un saltamontes de una torre o la de una hormiga desde la Luna». En esencia: ¿por qué un animal grande moriría en la caída mientras que un pequeño saldría bien parado?

El genio de Galileo consistió en comprender que si se seguía aumentando el tamaño de un animal llegaría cierto punto en que empezaría a quebrarse bajo su propio peso. Del mismo modo que un árbol no sería capaz de soportar el peso de unas ramas inmensas, un gigante de quince metros no podría dar un paso sin que se le fracturaran los huesos de sus extremidades.<sup>17</sup> Por tanto, para los seres descomunales de la Tierra son las leyes de la física, y la gravedad en particular, lo que pone un límite a las cosas.

Sin embargo, un observador entre ustedes debe estar pensando: ¿y qué pasa con los dinosaurios o las ballenas? Los mayores saurópodos alcanzaban la altura de un edificio de cinco plantas y las ballenas azules miden aproximadamente lo mismo que tres autobuses escolares aparcados uno detrás de otro. Así que ¿cómo es posible que sean tan grandes? Pues resulta que esos animales inmensos desarrollaron unas impresionantes soluciones alternativas.

Los dinosaurios salvaron el problema de los pesados huesos volviéndose neumáticos. Los titánicos reptiles, como sus descendientes actuales, las aves, tenían huesos ligeros, huecos, con grandes bolsas de aire en su interior. De hecho, el 10 % del volumen corporal de *Tyrannosaurus rex* era aire, y al estudiar los esqueletos de los saurópodos, los científicos han descubierto que el volumen de sus huesos era hasta un 90 % aire. Las ballenas resolvieron el problema evolucionando en el agua. Como todos los seres vivos, las células de una ballena contienen una solución salina. Dicho en los tér-

minos más simples, estar básicamente compuestos de agua salada y nadar en agua también salada permite a estos leviatanes crecer hasta alcanzar tamaños masivos y pesar hasta 144 toneladas métricas porque, viviendo en el océano, son esencialmente ingravidos.<sup>18</sup>

Sin embargo, hay otro medio invisible que puede afectar al tamaño del animal y, como el agua en el caso de las ballenas, se trata de algo en lo que apenas reparamos: el aire. Ese cóctel vaporoso que todos respiramos ha cambiado significativamente a lo largo del tiempo. Y, con él, también ha cambiado el tamaño de lo vivo.

Si pudiera saltar en el tiempo y hacer retroceder el dial entre cien y cuatrocientos millones de años, como Alicia, emergería en un País de las Maravillas colosal. Porque ésa fue la era de los gigantes. En ese mundo antiguo, las setas se alzaban a la altura de casas actuales; las libélulas, del tamaño de halcones, surcaban los cielos, e incluso las pulgas de los dinosaurios eran diez veces más grandes que sus equivalentes modernos.

Los invertebrados crecían holgadamente porque para ellos no suponía ningún problema el peso de los huesos. Pero había otra cosa que limitaba su crecimiento. Kirkpatrick Sale, autor de *Human Scale*, describe así el problema: «Si una lombriz de tierra fuera diez veces más grande, su peso sería mil veces mayor, y su necesidad de aire también mil veces mayor, pero la superficie en la cual absorbe oxígeno sólo lo sería cien veces, así que sólo conseguiría un 10 % del aire que necesita y moriría inmediatamente». De manera que ¿cómo aumentaron de tamaño las lombrices prehistóricas y se las apañaron para sobrevivir? Por la concentración de oxígeno. Hoy día, en nuestra atmósfera el oxígeno supone el 21 % del aire, pero durante el periodo Carbonífero<sup>19</sup> su concentración era mucho mayor, del 35 %. Para animales como las lombrices, que no respiran por la boca, sino a través de los poros de su piel, cada respiración era un verdadero golpe y estaba cargada del suficiente oxígeno para que sobrevivieran.<sup>20</sup>

En la actualidad podemos considerarnos afortunados de que no haya cucarachas del tamaño de perros escabulléndose por nuestras cocinas. Eso se debe a que el gigantismo de los insectos llegó a su fin cuando otro animal pasó a ocupar un lugar prominente. Hace ciento cincuenta millones de años, los dinosaurios evolucionaron hacia un nuevo tipo de depredador volador: las aves. Entre los insectos que intentaban fugarse de ellas rápidamente, les fue mejor a los ligeros y aerodinámicos que a los grandes y pesados. La evolución favoreció un tamaño corporal más pequeño para la huida y los insectos empezaron a encogerse.<sup>21</sup>

El tamaño de una especie no es accidental. Es una interacción afinada —con avances y retrocesos— entre una especie y el mundo que habita. A lo largo de periodos prolongados, las fluctuaciones del tamaño, del enanismo al gigantismo, han señalado con frecuencia importantes cambios en el entorno. Sin embargo, en términos generales, durante los últimos quinientos millones de años, la tendencia ha sido hacia el aumento de tamaño de los animales. Eso es especialmente notable en los animales marinos, cuyo tamaño corporal medio se ha multiplicado por 150 en este tiempo.<sup>22</sup>

Pero de nuevo estamos empezando a ver grandes cambios. Los científicos han descubierto que muchos animales se están encogiéndose.<sup>23</sup> Alrededor del mundo, se ha descubierto que especies de todas las categorías —peces, aves, anfibios, reptiles y mamíferos— están empequeñeciéndose, y uno de los culpables principales parece ser el calor.<sup>24</sup> Animales que viven en los Alpes italianos, por ejemplo, han visto cómo las temperaturas aumentaban entre tres o cuatro grados Celsius desde la década de 1980. Ahí, incluso a altitudes de sólo mil metros, las olas de calor han disparado las temperaturas alpinas hasta extremos como los 30 °C. Para evitar el sobrecalentamiento, los rebecos se pasan la mayor parte del día descansando en lugar de buscando pasto, y como consecuencia, en sólo unas décadas, las nuevas generaciones de rebecos alpinos son un 25 % más pequeñas, casi enanos en



comparación con sus antecesores. También bajo el agua han empezado a aumentar las temperaturas, y una de las consecuencias es que el agua contiene menos oxígeno y se vuelve más anóxica. Los científicos que estudian seiscientas especies de peces afirman que grandes cambios en el tamaño están al caer y que en 2050, los peces se habrán encogido un cuarto.

Este encogimiento señala potencialmente un problema más grave si cabe: una caída en picado de la población. Observando los datos de la caza comercial de ballenas durante cuatro décadas, los investigadores documentaron que los cachalotes se empequeñecieron sustancialmente —entre cuatro y cinco metros— en los años previos a que su población se desplomara. Para los biólogos, por tanto, la reducción de tamaño es un sistema de alarma temprana que nos alerta de que una especie podría enfrentarse a graves problemas.

Pero no todos los animales se encogen. Las especies domésticas que criamos como alimento, como, los cerdos y las vacas, están creciendo más rápido y alcanzando un mayor tamaño que en cualquier otro momento de la historia. Desde la década de 1930, los pavos han doblado con creces su tamaño, y desde la de 1950, los pollos lo han cuadruplicado.

Para seguir los cambios, investigadores canadienses han continuado criando linajes de pollos sin modificar y los han medido comparándolos con nuestros modernos frankensteins. Como cápsulas de tiempo vivas y activas, estas cepas de referencia todavía se crían. Esto permite a los investigadores medir las razas seleccionadas comercialmente, como la Ross 308 Broiler de 2005, comparándola con las variedades genéticas más antiguas. Alimentada con la misma comida y medida a la misma edad, la variedad de 1957 pesaba 905 gramos; la de 1978, 1.808 gramos; mientras que la 2005 pesaba 4.202 gramos. La diferencia es enorme. Comparados con las aves de la década de 1950, los pollos modernos tienen pechugas un 80 % más grandes y han incrementado su tamaño total un 400 %.

Eso tiene una consecuencia. Como hemos criado deliberadamente animales más grandes como alimento, también ha aumentado nuestro apetito. En 1960, el americano medio comía 12,7 kilos de pollo al año, hoy la cifra se ha disparado a 40,8 kilos, más del triple.<sup>25</sup> Como era de esperar, en tanto beneficiarios de toda esa carne barata, los humanos también han empezado a cambiar de tamaño. A lo largo de los últimos 150 años —lo que es, en términos relativos, un periodo breve—, la altura humana ha aumentado drásticamente. En los países industrializados, donde la comida es abundante, somos diez centímetros más altos. Pero no sólo nos hemos expandido hacia arriba, sino también hacia fuera, y todos los países de la Tierra han visto cómo aumentaban sus tasas de obesidad.<sup>26</sup> En total, 2.200 millones de personas de todo el mundo entran en la categoría de obesas o con sobrepeso, y es el triple de probable que los adultos sean hoy obesos de lo que lo eran en 1975. En la actualidad, los animales salvajes de todo el mundo se están encogiendo, pero los seres humanos y nuestros animales domesticados están disparando su tamaño.

Galileo fue la primera persona de la Tierra que atisbó la colosal escala de la realidad.<sup>27</sup> Hoy conocido como el padre de la ciencia, no sólo fue la primera persona en abrir de par en par los cielos con un telescopio, sino también fue el primer hombre en mirar por un microscopio y documentar a la humilde pulga. Galileo tuvo la buena suerte de vivir en una época en la que floreció la fabricación del vidrio, sobre todo el oficio de confeccionar gafas. Entonces, como ahora, al pasar la gente de los cuarenta años desarrollaba presbicia, una enfermedad en la que el cristalino del ojo pierde flexibilidad con la edad, haciendo que leer resulte más difícil. En la cercana Holanda, los artesanos se habían convertido en maestros en el pulido de lentes para fabricar gafas para leer, y fueron estos fabricantes de gafas quienes

manufacturaron los primeros y rudimentarios instrumentos que nos permitieron enfocar escalas que eran previamente invisibles.

Su intención puede que fuera remediar la mala visión, pero los fabricantes de gafas hicieron involuntariamente mucho más. Al mejorar nuestra vista, revelaron que la humanidad había permanecido ajena a dos inmensas escalas que coexistían secretamente con la nuestra. Los mundos micro y macro se volvieron visibles, y con esta visión nueva y mejorada llegó la conciencia de que habitamos no una única realidad, sino tres.

Por primera vez en la historia podíamos ampliar nuestros sentidos. Y por eso, los primeros microscopios y telescopios fueron considerados invenciones casi mágicas. La fabricación de gafas era un oficio secreto y competitivo, y las reclamaciones sobre la patente de esas primeras invenciones todavía se cuestionan. Sin embargo, el diseño de los primeros microscopios simples y compuestos suele atribuirse al fabricante de lentes Zacharias Janssen, que empezó a desarrollar sus nuevos instrumentos en 1590, y la primera patente del catalejo o telescopio la presentó dieciocho años más tarde, en 1608, el maestro pulidor de lentes y fabricante de gafas Hans Lippershey.<sup>28</sup>

Galileo era científico y no fabricante de gafas, pero una vez su genio dominó cómo se confeccionaban los instrumentos, rápidamente mejoró ambos diseños. En 1609 creó un dispositivo llamado «occhiolino», «ojito», un microscopio que podía aumentar lo enfocado hasta treinta veces, diez veces más que el diseño de Janssen. Y ese mismo año construyó su primer telescopio, un catalejo de tres aumentos que rivalizaba con el invento de Lippershey. En agosto de 1609, lo mejoró aún más con nuevo prototipo, un instrumento que aumentaba lo visible ocho veces, y lo presentó ante el Senado veneciano. Y en octubre o noviembre había construido un telescopio de veinte aumentos, que fue el que preparó para observar los cielos.

Puede que la visión humana sea muy limitada, pero es increíble cuando se piensa en lo que el ojo puede ver a simple vista, sin ayuda de instrumentos. En una noche clara, una persona con buena vista puede detectar el parpadeo de una única llama de una vela<sup>29</sup> a 2,76 kilómetros de distancia.

Pero, dependiendo del tamaño de un objeto, o de su brillo, podemos ver mucho más lejos. La Luna, por ejemplo, está a 385.000 kilómetros, y nuestro propio Sol es tan brillante que incluso a una distancia de 150 millones de kilómetros puede cegarnos. ¿Cuál es el objeto más lejano que podemos ver sin un telescopio? Saturno, que se encuentra a 1.500 millones de kilómetros. Incluso podemos ver una galaxia fuera de la nuestra: Andrómeda, que resplandece con la luz de un billón de estrellas. Ahí, en la remota lejanía, titila como una vela a 2,5 millones de años luz, o veinticinco trillones de kilómetros de distancia.

Y todo eso se vuelve normal con nuestra visión básica, que comprobamos mirando una pirámide de letras negras conocida como la tabla de Snellen. Una buena agudeza visual es la capacidad para ver con precisión las letras diminutas de la octava fila de la tabla, lo que denominamos «visión 20/20». Incluso en la antigüedad se le concedía gran valor a la agudeza visual. No hace falta decir que al seleccionar a los mejores guerreros y cazadores era crucial descartar a quienes no podían divisar al enemigo o a la presa. Pero nuestros ancestros tenían un tipo distinto de prueba visual, que no se desarrollaba en la consulta de un óptico, sino al aire libre, por la noche, bajo el dosel de estrellas.

El grupo de estrellas denominado Big Dipper se encuentra en la constelación de la Osa Mayor. Consiste en siete puntos de luz estelar y dibuja lo que a nosotros nos parece un cucharón gigantesco en el cielo. Si enfoca la visión a la segunda estrella desde la izquierda del mango verá Mizar, titilando desde setenta y ocho años luz. Pero emparejada a Mizar hay otra estrella más tenue que se encuentra a tres años luz por detrás. La denominamos Alcor, pero los astró-

nomos sufíes la conocían como Al-Suha o «la olvidada». Para el ejército persa de la antigüedad —y, según algunos, en el otro lado del mundo, también para los nativos americanos—, Alcor era la tabla de Snellen de la naturaleza, y la capacidad para distinguir entre las estrellas dobles ópticas era la prueba de la visión perfecta.<sup>30</sup>

Siendo la buena visión tan apreciada por los ejércitos, no fue ninguna sorpresa que el catalejo de Lippershey fuera un éxito instantáneo en el ejército holandés. También Galileo tenía planes empresariales para su telescopio, que presentó a los venecianos: «El poder de mi *cannocchiale* para mostrar objetos con la misma nitidez que si estuvieran cerca debería darnos una ventaja inestimable en cualquier acción militar en tierra o en el mar», le aseguró al Dogo. «En el mar, podremos divisar sus banderas dos horas antes de que ellos nos vean, y cuando hayamos establecido el número y el tipo de los navíos enemigos, podremos decidir si seguir adelante y entablar batalla o huir. De manera similar, en tierra sería posible observar, desde posiciones elevadas, los campamentos enemigos y sus fortificaciones.»

Al final, no fueron las ideas de Galileo para la estrategia militar, sino un hecho fortuito que ocurrió una noche mientras estaba sentado descansando al aire libre lo que cambió la forma en que vemos el universo. En lugar de dirigir su telescopio hacia los capiteles de la ciudad, Galileo trazó un arco y lo apuntó hacia el cielo. A través de la lente, empezó a examinar el objeto mayor y más luminoso del cielo nocturno, la Luna. Y lo que vio nada tenía que ver con lo que había esperado. La Luna, aquella esfera perfecta de los cielos no era sólo un globo liso y resplandeciente. Observándolo más de cerca, pudo ver que tenía cráteres. Tenía montañas. Tenía valles y accidentes geográficos similares a los que hay en la Tierra. La Luna, le sorprendió descubrir, tenía un paisaje. Y para Galileo eso fue una revelación absoluta.

Apuntando hacia arriba cada noche infinitamente asombrado, no tardó en enfocar los cuerpos celestes. Fueron sus

observaciones las que cambiaron nuestra concepción del lugar que ocupamos en el universo. Reparó en que Venus tenía una sombra y que, de manera similar a las fases de la Luna, pasaba de ser un disco creciente a otro lleno y brillante cuando encaraba el Sol. Para Galileo, eso sólo podía significar una cosa. Venus no era sólo una «estrella errante»,<sup>31</sup> tenía un camino marcado. Además, este camino no orbitaba alrededor de la Tierra, sino del Sol.

Fue, en todos los sentidos de la palabra, un descubrimiento revolucionario. Hasta ese momento, habíamos creído que el universo giraba a nuestro alrededor. La prueba de Galileo hizo trizas esa idea y demostró la teoría copernicana del heliocentrismo,<sup>32</sup> que situaba al Sol en lugar de la Tierra como centro del universo. Pero el descubrimiento no se anunciaría a bombo y platillo. Para la Iglesia, la observación era peligrosa. En la Biblia, Dios había situado claramente a la humanidad en el centro del universo. Creer a Galileo implicaba que las palabras de las Sagradas Escrituras eran falsas.

De manera que en 1616, el astrónomo fue convocado por la Inquisición romana e investigado por herejía. El libro de Nicolás Copérnico, *Sobre las revoluciones de las esferas celestes*, ya había sido prohibido, y se falló que Galileo también debía ser silenciado. No podría volver a hacer ninguna insinuación, hablada ni por escrito, de que la Tierra se moviera alrededor del Sol. Fue un momento notable porque, aunque siempre hemos creído que ver es creer, la Iglesia se empeñó en que desconfiáramos de lo que podíamos ver con nuestros propios ojos. Galileo había descubierto un punto ciego, pero la Iglesia quería que la gente siguiera ciega. En un principio, Galileo accedió, pero dieciséis años más tarde fue juzgado de nuevo.

Desde los tiempos de nuestros primeros telescopios, nuestra visión científica se ha agudizado tremendamente, y hoy podemos ver tan lejos que somos capaces de retrotraernos en el tiempo hasta los principios del universo. A lo largo del planeta, cientos de observatorios salpican el globo, observando

la noche como grandes ojos robóticos. Los hemos construido en ciudades, en cimas de montañas, en remotos desiertos e incluso hemos enviado telescopios al espacio. Lo que este extraordinario nivel de visión significa es que sólo necesitamos escoger un punto en el cielo y entonces simplemente esperar.

En septiembre de 2003, los astrónomos de la NASA hicieron justamente eso. Apuntaron el Campo Ultraprofundo del Hubble hacia un tramo cercano a la Luna que parecía completamente vacío, sin una estrella visible a simple vista. Sin embargo, las imágenes que devolvió eran simplemente alucinantes: el vacío estaba saturado con decenas de miles de esferas de luz, y cada una de ellas era una galaxia como nuestra Vía Láctea, que acoge a cientos de miles de millones de estrellas que giran. Aumentando esa porción de la noche, los científicos han calculado que hay, al menos, cien mil millones de galaxias en nuestro universo, llenas con mil trillones de estrellas.<sup>33</sup> Piensen en lo que increíble que es: estamos rodeados de 1.000.000.000.000.000.000.000 de gigantes estelares, pero son demasiado débiles para que nuestros ojos los vean.<sup>34</sup>

Aunque llevamos mirando las estrellas desde hace milenios, sólo recientemente hemos sabido que estos titilantes agujeritos de luz son en realidad inmensos reactores nucleares, pelotas de gas luminoso caliente que son altos hornos de fusión atómica, y que, de acercarse, incluso Alcor, apenas visible como «la olvidada», empequeñecería nuestro propio Sol y, con su brillo trece veces mayor, quemaría todo nuestro cielo. Así que es casi un número de ilusionismo cósmico el que, desde nuestra privilegiada perspectiva, los cuerpos más inmensos nos parezcan como si el cielo fuera una placa de Petri, y las estrellas, meras motas.

El tamaño es un rasgo físico, pero también es un constructo mental con el que forcejeamos. El problema radica en que no somos muy buenos cuando se trata de procesar lo inmensamente grandes o pequeñas que son las cosas más allá

de los límites de nuestra percepción. Como ha comentado la escritora inglesa Helen Macdonald: «Somos muy malos con las escalas. Las cosas que viven en el suelo son demasiado pequeñas para que nos importen; el cambio climático es demasiado grande para imaginarlo». Por el contrario, al imponer escalas, las cosas, los objetos, los números, tienden a difuminarse en lo que los investigadores denominan «ceguera de escala». La inmensidad del universo y el mundo cuántico infinitesimal pueden ser fundamentales para nuestra existencia, pero pasamos nuestras ideas ajenos de las escalas mayores o menores en que vivimos.

Para ilustrar a lo que me refiero, tómese un momento para imaginar una solitaria magdalena. Tendría que ser fácil. Ahora, imagínese diez. Siga incrementando el número para comprobar si puede ver cincuenta magdalenas, o cien. La resolución de las magdalenas se difuminará, pero su volumen debería ser visible todavía. Pero ahora amplíe el campo: intente imaginar mil magdalenas, o cien mil. A medida que aumenta el número, sobre todo hasta un millón o mil millones, nuestra capacidad de visualizar la escala, y más aún las magdalenas individuales, desaparece por completo. Esto puede parecer algo muy secundario, y lo es cuando el tema es trivial, como las magdalenas, pero las implicaciones son mayores cuando el tema es grave.

Es posible que vivamos en un mundo de *big data*, pero estamos cegados a los grandes números. Y las cifras con que nos bombardean las noticias cada día son, en su mayor parte, incomprensibles. Tanto si se trata de los dieciocho millones y medio largos de hectáreas de bosque que se deforestan cada año,<sup>35</sup> los 20 billones de deuda nacional de Estados Unidos, los 1,676 billones de dólares americanos gastados anualmente en armas y equipos militares, cuando abordamos grandes números, el resultado es el mismo: nuestros ojos se velan y nos sentimos perdidos en esas magnitudes. Como se dice que afirmó Iósif Stalin: «Una muerte es una tragedia; un millón, una estadística».



Como consecuencia, la ceguera de escala puede ser monstruosa porque no podemos sentir una vez perdemos nuestro sentido de la escala, y, si no podemos sentir, perdemos la capacidad para reaccionar apropiadamente. Un equipo de investigadores estadounidenses que examinaba este sentido de escala quiso comprobar los efectos de poner un precio de mercado en la escala de daños a la vida. En concreto, querían saber cuál sería el coste percibido de recuperar a miles de aves marinas tras un derrame de petróleo.

Para ver cuánta gente estaba dispuesta a pagar para resolver el problema, la magnitud del hipotético desastre se aumentó por un factor de diez cada vez. El equipo descubrió que si el número de aves manchadas de petróleo era tanto de dos mil, de veinte mil o de doscientos mil, la oferta económica de ayuda venía a ser aproximadamente la misma. Lo que significaba que la escala no se tenía en cuenta. De media, los sujetos mostraron una disposición a pagar unos 80 dólares para ayudar a dos mil aves marinas, pero cuando el número de aves se elevó a veinte mil, se ofrecieron a donar 78 dólares, es decir, dos dólares menos, y cuando el número se incrementó cien veces, hasta las doscientas mil aves, el valor de lo ofrecido sólo se elevó a 88 dólares; es decir, 198.000 aves más, pero sólo una diferencia de 8 dólares.

Si podemos confundirnos tan fácilmente por un cambio de escala de un factor de 10, imagínense la confusión que tiene lugar cuando cambiamos por un factor de un millón. Hoy, nuestros microscopios son ya tan potentes que podemos ampliar los objetos más de cien millones de veces, permitiéndonos ver y mover las mismísimas piezas básicas del universo: los átomos.<sup>36</sup> Sin embargo, los físicos saben que incluso ese horizonte sigue cambiando y que existen muchas cosas más allá de lo que incluso nuestras tecnologías más avanzadas pueden ver. En la actualidad, lo que se cree es el final más lejano del universo subatómico —al menos 0,000000009 yoctómetros— es lo que se conoce como la longitud de Planck: un espacio que es  $10^{-35}$  más pequeño, o treinta y cinco órdenes

de magnitud más pequeño, que nuestra escala actual, o lo que consideramos nuestra realidad cotidiana. Por expresar la escala de este diminuto abismo de otro modo: un único átomo de hidrógeno tiene el largo de diez billones de billones de la longitud de Planck. Comparado con lo que mide una única longitud de Planck, un átomo es colosal.

Pasando al extremo opuesto de la escala, el universo observable se extiende hasta los  $10^{26}$  metros, o 92.000 millones de años luz. Esta distancia es igualmente inconcebible para nosotros. Para dar cierta perspectiva, un año luz supone casi diez billones de kilómetros. Y simplemente en contar hasta mil millones, y mucho más hasta noventa y dos, tardaría más de treinta años. «El sentido común funciona bien para el universo al que estamos acostumbrados», afirmó Carl Sagan, «para escalas temporales de décadas, para un espacio entre un décimo de un milímetro y unos cuantos miles de kilómetros, y para velocidades mucho menores que la de la luz. Una vez abandonamos esos dominios de la experiencia humana, no hay motivos para esperar que las leyes de la naturaleza continúen obedeciendo nuestras expectativas, dado que éstas dependen de un conjunto limitado de experiencias.»

Nuestras experiencias nos dicen que la realidad es de tamaño humano, pero nuestra tecnología nos dice que no. En la verdadera escala de las cosas, somos gigantes microscópicos, inmensos y diminutos a la vez. Y pese a todo, incluso en este ámbito inimaginablemente ilimitado, tenemos un lugar sorprendente. Situados entre estas realidades micro y macro, usted está más próximo en escala a las magnitudes más lejanas del universo conocido que a la longitud de Planck.

La próxima vez que esté solo en una habitación, tómese un momento para reflexionar en que cuanto le rodea, cada superficie, cada respiración, cada centímetro de su piel desnuda, está vivo y bulle de vida invisible. Y entonces recuerde

que desde las alturas del cielo, pongamos que observado por un avión que pasa por encima, usted también es simplemente una mota invisible.

El genio de Galileo consistió en darse cuenta de que lo que los humanos podían percibir era sólo una mera porción de la realidad. Y aunque fue el primero en ver más allá de la vieja concepción del mundo, le preocupaba la resistencia de los demás a abrir los ojos.<sup>37</sup> En 1632, en los *Diálogos sobre los dos máximos sistemas del mundo*, escribió:

A largo plazo, mis observaciones me han convencido de que algunos hombres, razonando ridículamente, primero establecen una conclusión en sus mentes que, ya sea porque es suya o porque la han recibido de otra persona que cuenta con su total confianza, los impresiona tan profundamente que resulta imposible quitársela nunca de la cabeza. Esos argumentos en apoyo de su idea fija, mientras se les ocurren o los oyen expuestos por otros, tanto da lo simples y estúpidos que sean, consiguen su aceptación y aplauso inmediatos. Por otro lado, sea lo que sea lo que se plantee contra ellos, sin importar lo penetrante y concluyente, lo reciben con desdén o con rabia, si es que no los pone enfermos. Además con pasión, algunos no se contentarán ni siquiera para intrigar con la intención de eliminar y silenciar a sus adversarios.

Galileo pinchó la burbuja de la realidad y fue castigado por hacerlo. Después de la primera orden restrictiva emitida en su contra en 1616, ya no pudo sostener, defender ni enseñar astronomía copernicana. En 1633, volvieron a juzgarlo, esta vez la Inquisición romana, y se le declaró culpable. Sin embargo, debido a su fama y a su edad avanzada, el gran astrónomo se vio eximido del castigo a los herejes: tortura y muerte. En lugar de eso, Galileo fue condenado a pasar el resto de su vida en arresto domiciliario.

A poco que se piense, es muy llamativo que dos de los mayores hombres de ciencia —Van Leeuwenhoek, el padre

del microscopio, y Galileo, el padre de la astronomía moderna— se pasaran años siendo objeto de burla por ver la verdadera naturaleza de la realidad. Al final, los dos dijeron la última palabra: Van Leeuwenhoek fue reconocido por la Royal Society y se convirtió en alguien eminente entre sus colegas; Galileo es considerado hoy en día uno de los grandes pensadores que ha vivido jamás. Pero Galileo, también conocido como el padre de la ciencia moderna, dejó tras de sí algo más que un mero legado científico.

El 12 de marzo de 1737, noventa y cinco años después de su muerte, la tumba de Galileo fue asaltada. El ladrón fue Anton Francesco Gori, un profesor que cortó tres dedos de Galileo cuando su cuerpo era trasladado de una tumba temporal a la Basilica di Santa Croce en Florencia. La práctica de amputar dedos y otras partes del cuerpo a los santos muertos era común, pues se creía que las reliquias tenían poderes sagrados. Gori estaba honrando a Galileo como mártir, un santo secular de la ciencia que hizo saltar por los aires las viejas creencias y nos liberó con su pensamiento.

Casi dos siglos después, en 1927, se encontró el primero de los dedos de Galileo. Hoy se exhibe en el Museo Galileo de Florencia. El simbolismo, para quienes conocen la historia, es difícil de pasar por alto. Ahí, sellado en un tarro de cristal, señalando desafiante los cielos, está el dedo corazón de Galileo.