



BRIAN
GREENE

HASTA
EL FINAL
DEL TIEMPO

Mente, materia y nuestra
búsqueda de significado en un universo
en evolución

Hasta el final del tiempo es la nueva e impresionante exploración que Brian Greene hace del cosmos y nuestra búsqueda para llegar a comprenderlo. Partiendo de que los humanos somos las únicas criaturas con conciencia de nuestra finitud, y de que también el universo morirá algún día, el autor traza un viaje que nos lleva desde nuestro conocimiento más exacto sobre cómo empezó el universo hasta el final del tiempo, explorando cómo se formaron las estructuras duraderas, cómo del caos inicial surgió la vida y cómo nuestras mentes, al llegar a comprender su propia temporalidad, han buscado diferentes maneras dar sentido a la experiencia a través de la historia, el mito, la religión, la expresión creativa o la ciencia.

A través de una serie de historias entrelazadas que explican distintas capas de realidad, Greene nos proporciona una idea más clara de cómo llegamos a ser, una imagen más precisa de dónde estamos ahora y una comprensión más firme de hacia dónde nos dirigimos. Desde las partículas hasta los planetas, desde la conciencia hasta la creatividad, desde la materia hasta el significado, Brian Greene nos permite comprender y apreciar nuestro fugaz pero absolutamente exquisito momento en el cosmos.

Para Tracy

Prefacio

«**M**e dedico a las matemáticas porque un teorema, una vez demostrado, es para siempre»^[1]. Esta declaración, simple y directa, me sorprendió. Me encontraba entonces en mi segundo año de universidad. Le había comentado a un antiguo amigo, que durante años me había introducido a las grandes áreas de las matemáticas, que estaba escribiendo un ensayo sobre la motivación humana para un curso de psicología al que me había apuntado. Su respuesta me cambió. Nunca antes había pensado en las matemáticas de aquella manera. Ni de lejos. Para mí, estas eran un maravilloso juego de precisión abstracta al cual se entregaba una peculiar comunidad de individuos que reían las ocurrencias en torno a las raíces cuadradas o la división por cero. Pero aquel comentario logró que de repente lo comprendiera. «En efecto —pensé—. Ese es el romanticismo de las matemáticas». Una creatividad sujeta a las riendas de la lógica y un conjunto de axiomas que dictan de qué manera se pueden manipular y combinar las ideas para revelar verdades inmutables. Todo triángulo rectángulo dibujado desde antes de Pitágoras y hasta la eternidad satisface el famoso teorema que lleva su nombre. Sin excepción. Podemos cambiar los supuestos y explorar espacios nuevos que violan las conclusiones de Pitágoras, por ejemplo, triángulos en superficies curvas como la piel de un balón. Pero si revisamos los supuestos y comprobamos a fondo nuestro trabajo, el resultado puede grabarse en piedra. No hace falta escalar una montaña, atravesar un desierto o triunfar sobre el inframundo. Para crear algo intemporal

basta con sentarse cómodamente en el escritorio y usar papel, lápiz y una mente aguda.

Aquella perspectiva me abrió todo un mundo. Nunca me había preguntado *por qué* sentía una atracción tan profunda por la física y las matemáticas. Resolver problemas, aprender cómo está hecho el universo, eso es lo que siempre me había cautivado. Ahora estaba convencido de que me sentía atraído hacia esas disciplinas porque se alzan sobre la naturaleza transitoria de lo cotidiano. Por mucho que mi juvenil sensibilidad exagerase aquel compromiso, de pronto estaba convencido de querer participar en ese viaje hacia descubrimientos tan fundamentales que nunca pudieran cambiarse. Ya podían ascender y caer los gobiernos, ganarse o perderse las ligas de deporte, brillar y apagarse las leyendas del cine, la televisión o el teatro. Yo quería dedicar mi vida a intentar vislumbrar algo trascendente.

Entretanto, todavía tenía que escribir aquel ensayo de psicología. Me habían encomendado la tarea de desarrollar una teoría de por qué los humanos hacemos lo que hacemos, pero cada vez que comenzaba a redactar, el proyecto se tornaba decididamente nebuloso. Me parecía que si lograba vestir unas ideas más o menos razonables con el lenguaje apropiado, podría ir desarrollado la teoría sobre la marcha. Mencioné mis tribulaciones durante la cena en la residencia de estudiantes y uno de los tutores me sugirió que le echase un vistazo a *La decadencia de Occidente*, de Oswald Spengler, un historiador y filósofo alemán que sentía un gran interés por la matemática y la ciencia, lo que sin duda fue la razón de que me recomendasen su libro.

Ciertas cuestiones responsables de la fama y escarnio del libro (predicciones de implosión política y una velada defensa del fascismo) son profundamente preocupantes y se han utilizado para apoyar ideologías insidiosas, pero yo estaba demasiado centrado en lo que buscaba como para darme cuenta. Lo que me intrigaba era la visión de Spengler sobre un conjunto global de principios que habrían de

servirnos para revelar patrones ocultos que se manifestaban en culturas dispares, al estilo de los patrones desvelados por el cálculo y la geometría euclidiana, que habían transformado nuestra comprensión de la física y las matemáticas^[2]. Spengler hablaba mi idioma. Resultaba inspirador que en una obra de historia se admirasen las matemáticas y la física como patrón de progreso. Pero entonces me encontré con una observación que me tomó completamente por sorpresa: «El hombre es el único ser que conoce la muerte; todos los demás envejecen, pero con una conciencia restringida al momento presente, que les debe parecer eterno», y este conocimiento instila el «temor esencialmente humano ante la muerte». Spengler llegaba a la conclusión de que «toda religión, toda indagación científica, toda filosofía procede de él»^[3].

Recuerdo haberme detenido en esta última línea. Aquella perspectiva sobre la motivación humana tenía sentido para mí. Quizá el encanto de una demostración matemática sea su permanencia. Quizá el atractivo de una ley de la naturaleza sea su cualidad de intemporal. Pero ¿qué nos empuja a buscar lo intemporal, las cualidades que pueden permanecer para siempre? Quizá todo se derive de nuestra singular conciencia de que somos de todo menos intemporales, de que nuestras vidas no son eternas. Aquello se hacía eco de mi recién hallada manera de pensar en las matemáticas, la física y la seducción de la eternidad; me parecía que iba bien encaminado. Era un enfoque sobre la motivación humana bien anclado en una respuesta plausible a un reconocimiento generalizado, un enfoque que no se construía sobre la marcha.

Al reflexionar sobre esta conclusión, me pareció que prometía algo de más calado. La ciencia, como Spengler observaba, es una respuesta al conocimiento de nuestro ineludible final. También lo es la religión. Pero ¿por qué pararse ahí? Para Otto Rank, uno de los primeros discípulos de Freud que se interesó vivamente por el proceso creativo

humano, de ningún modo hay que pararse ahí. El artista, en la valoración de Rank, es aquel cuyo «impulso creativo... intenta transformar la vida efímera en inmortalidad personal»^[4]. Jean-Paul Sartre fue aún más lejos al observar que la propia vida queda vacía de significado «cuando se pierde la ilusión de ser eterno»^[5]. La sugerencia que se abre camino entre estos pensadores y otros que les siguieron es que la vida impulsa buena parte de la cultura humana, desde la exploración artística hasta el descubrimiento científico, al hacernos reflexionar sobre su propia naturaleza finita.

Aquello sí eran aguas profundas. ¿Quién hubiera imaginado que un interés por todo lo físico y lo matemático pudiera enlazar con visiones de una teoría unificada sobre la civilización humana movida por la rica dualidad de la vida y la muerte?

De acuerdo. Voy a respirar hondo y recordarle a mi viejo yo de segundo de carrera que no conviene dejarse llevar. Pero lo cierto es que la emoción que sentí entonces resultó ser algo más que un transitorio sobrecogimiento intelectual. Durante las cuatro décadas que han transcurrido desde entonces, esos temas me han acompañado siempre, a menudo bullendo a fuego lento en la trastienda de mi mente. Aunque en mi profesión me haya dedicado a buscar teorías unificadas y orígenes cósmicos, al reflexionar sobre el significado más profundo de los avances científicos me he sorprendido volviendo una y otra vez a las preguntas sobre el tiempo, sobre el poco que se nos concede. Ahora bien, por temperamento y por formación soy escéptico con las explicaciones demasiado generales; el vertedero de la física está a rebosar de fracasadas teorías unificadas de las fuerzas de la naturaleza. Tendríamos que mostrar mayor cautela al aventurarnos por el complejo territorio del comportamiento humano. Y la verdad es que he llegado a concebir la conciencia de mi propio e inevitable final como algo de considerable influencia, pero que no ofrece una explicación última de todo lo que hago, e imagino que, en

mayor o menor medida, esta es una valoración habitual. Pero a pesar de todo, existe un dominio en el que los tentáculos de la mortalidad se manifiestan de manera especial.

A lo largo de los siglos y a través de las culturas, hemos asignado un valor considerable a la permanencia. Y lo hemos hecho de formas muy diversas: unos buscan verdades absolutas, otros se esfuerzan por dejar un legado perdurable, algunos construyen monumentos formidables, otros persiguen leyes mutables, y aún otros se entregan con fervor a una u otra versión de lo perdurable. La eternidad, como bien demuestran estas preocupaciones, ejerce una poderosa influencia sobre la mente, consciente de que su duración material es limitada.

En nuestra era, los científicos, equipados con las herramientas de la experimentación, la observación y el análisis matemático, han desbrozado un nuevo camino hacia el futuro; un camino que, por primera vez, ha revelado las principales prominencias del paisaje que, todavía lejano, nos aguarda. Aunque oscurecido aquí y allá por brumas y neblinas, el panorama comienza a ser lo bastante claro para que nosotros, mentes pensantes, podamos vislumbrar mejor que nunca cómo encajamos en la vasta extensión del tiempo.

Con este espíritu, en las páginas que siguen, caminaremos hacia atrás por el hilo del tiempo de nuestro universo y exploraremos los principios físicos que dan origen a estructuras dotadas de orden, de las estrellas y galaxias a la conciencia, dentro de un universo abocado a la decadencia. Tomaremos en consideración argumentos que establecen que, igual que los seres humanos, también los propios fenómenos de la vida y la mente gozan de un tiempo limitado en el universo. De hecho, cabe la probabilidad de que en algún momento la materia organizada, del tipo que sea, deje de ser posible. Examinaremos de qué modo unos seres que reflexionan sobre sí mismos confrontan la tensión que conlleva comprender esto. Somos el producto de leyes

que, por lo que sabemos, son eternas, y, sin embargo, existimos durante un brevísimo instante. Nos rigen leyes que operan de espaldas a cualquier destino, y, sin embargo, no dejamos de preguntarnos a nosotros mismos adónde nos dirigimos. Estamos moldeados por leyes que no parecen responder a razón alguna, y, sin embargo, no cejamos en la búsqueda de propósito y significado.

En pocas palabras, emprenderemos un viaje por el universo desde el principio de los tiempos hasta algo semejante a un final, y por el camino exploraremos las asombrosas maneras mediante las cuales las mentes inquietas e inventivas han iluminado y respondido a la transitoriedad fundamental de todo.

En esta exploración nos dejaremos guiar por las perspectivas que nos ofrecen distintas disciplinas científicas. Con la ayuda de analogías y metáforas, explicaré todas las ideas necesarias sin recurrir nunca a un lenguaje técnico, dando por supuesto solamente una formación básica. Para los conceptos más difíciles de comprender, ofrezco breves resúmenes que permitirán al lector seguir avanzando sin perder el hilo. En las notas explico algunas cuestiones algo más a fondo, presento algunos detalles matemáticos y proporciono referencias bibliográficas y sugerencias de lecturas.

Como el tema es vasto y las páginas limitadas, he decidido ceñirme al camino, pero con pausas en algunas encrucijadas que considero esenciales para reconocer nuestro lugar en el contexto más amplio de la historia cosmológica. Es un viaje impulsado por la ciencia, pero al cual da significado la humanidad, y es fuente de una vigorosa y enriquecedora aventura.

1

LA SEDUCCIÓN DE LA ETERNIDAD

Principios, finales y más allá

En la plenitud de los tiempos, todo lo que vive muere. Durante más de tres mil millones de años, mientras especies simples y complejas han hallado acomodo en la jerarquía de la Tierra, la guadaña de la muerte ha proyectado siempre una persistente sombra sobre el florecer de la vida. La diversidad creció cuando la vida se arrastró fuera de los océanos y comenzó a reptar por el suelo y a alzar el vuelo por el cielo. Pero, con el tiempo, el registro de las muertes y los nacimientos, con entradas tan numerosas como estrellas hay en la galaxia, ha ido cuadrando con desapasionada precisión. Nadie puede predecir cómo se desarrollará una vida, pero su destino último es una conclusión inevitable.

De este aciago final, tan ineludible como la puesta del sol, parece que solo nos percatamos los humanos. No cabe duda de que mucho antes de nuestra llegada, los estallidos atronadores de las nubes de tormenta, la furia de los volcanes o las violentas sacudidas de los terremotos hacían salir corriendo a todo lo que pudiera escapar. Pero esas huidas no son más que una reacción instintiva a un peligro inminente. La mayoría de los seres vivos viven el momento, y su miedo nace de una percepción inmediata. Solo los seres humanos reflexionamos sobre el pasado lejano, imagina-

mos el futuro y somos conscientes de la oscuridad que nos aguarda.

Es aterrador. Aunque no es el miedo lo que nos hace estremecer o correr a buscar cobijo. Se trata más bien de un presentimiento que vive silenciosamente con nosotros, que aprendemos a acallar, a aceptar, a quitarle hierro. Por debajo de las capas que lo ocultan está siempre presente el hecho inquietante de lo que nos espera, un conocimiento que William James describió como «el gusano en el corazón de nuestras usuales fuentes de gozo»^[1]. Trabajar y jugar, anhelar y luchar, desear y amar, todo lo que nos enlaza cada vez con mayor fuerza al tapiz de las vidas que compartimos, solo para que acabe desapareciendo. Parafraseando a Steven Wright, eso asusta a cualquiera hasta medio morir-se dos veces^[2].

Como es natural, la mayoría de nosotros, por bien de la cordura, no nos obsesionamos con el fin, sino que andamos por el mundo con preocupaciones más terrenales. Aceptamos el final inevitable y dirigimos nuestras energías a otras cosas. Sin embargo, la conciencia de que nuestro final es ineludible nos acompaña siempre, y de un modo u otro participa en las decisiones que tomamos, en los retos que aceptamos, en los caminos que seguimos. Tal como sostenía el antropólogo cultural Ernest Becker, vivimos bajo una constante tensión existencial, empujados hacia el cielo por una conciencia que puede elevarse hasta las alturas de Shakespeare, Beethoven y Einstein, pero anclados a la tierra por una forma física que decaerá hasta reducirse a polvo.

El hombre está literalmente partido en dos: es consciente de su carácter único y espléndido que lo lleva a encumbrarse en la naturaleza con imponente majestad y, sin embargo, retorna al seno de la tierra para, de manera ciega y estúpida, pudrirse y desaparecer^[3].

Para Becker, esa conciencia nos empuja a negarle a la muerte la capacidad de borrarnos. Algunos alivian el ansia existencial con su compromiso con la familia, un equipo, un movimiento, una religión, una nación, con constructos que persistirán más allá del tiempo que le corresponda al individuo en este mundo. Otros dejan tras de sí expresiones creativas, artefactos que extienden la duración de su presencia de manera simbólica. «Volamos hacia la belleza —decía Emerson—, como asilo frente a los terrores de la naturaleza finita»^[4]. Otros incluso pretenden vencer la muerte con victorias o conquistas, como si el estatus, el poder o la riqueza les brindaran una inmunidad que para el resto de los mortales queda fuera de su alcance.

Una de las consecuencias de esto a lo largo de todos los tiempos es la fascinación generalizada por cualquier cosa, real o imaginaria, que tenga algo que ver con la eternidad. Desde las profecías de una vida más allá de la muerte a las enseñanzas sobre la reencarnación o las plegarias ante mandalas barridas por el viento, hemos desarrollado estrategias para enfrentarnos al conocimiento de nuestra impermanencia y, a menudo con esperanza, a veces con resignación, hacerle un guiño a la eternidad. Lo que es una novedad de nuestra época es la notable capacidad de la ciencia para tejer un relato lúcido no solo del pasado hasta el Big Bang, sino también del futuro. Tal vez la propia eternidad quede siempre más allá de nuestras ecuaciones, pero nuestros análisis ya han revelado que el universo que conocemos es transitorio. De los planetas a las estrellas, de los sistemas solares a las galaxias, de los agujeros negros a las nebulosas espirales, nada perdura para siempre. Por lo que sabemos, no solo es finita cada vida individual, también lo es la propia vida. El planeta Tierra, que Carl Sagan describió como «una mota de polvo suspendida en un rayo de sol», es un estallido evanescente en un cosmos exquisito que al final quedará vacío y estéril. Las motas de polvo, cer-

canas o lejanas, bailan apenas un instante bajo los rayos de sol.

A pesar de ello, aquí en la Tierra hemos salpicado nuestro instante con asombrosas proezas de conocimiento, creatividad e ingenio cada vez que una generación se erigía sobre los logros de quienes los precedieron, intentando clarificar cómo había llegado a ser todo, buscando coherencia en el destino que aguarda a todo y ansiando una respuesta sobre el significado de todo ello.

Ese es el relato que cuenta este libro.

Relatos sobre casi todo

A nuestra especie le encantan las historias. Observamos la realidad, notamos pautas y las unimos en relatos que pueden cautivar, informar, sorprender, entretener y emocionar. El plural —relatos—, es absolutamente esencial. En la biblioteca del pensamiento humano no hay un solo volumen unificado que transmita nuestro conocimiento último. Al contrario, hemos escrito muchas historias, encajadas las unas en las otras, para sondear distintos dominios de la experiencia y la indagación; relatos que, a la postre, analizan los patrones de la realidad con la ayuda de distintas gramáticas y vocabularios. Los protones, neutrones, electrones y otras partículas de la naturaleza son esenciales para el relato reduccionista, para analizar la constitución de la realidad, de los planetas a Picasso, en función de sus componentes microfísicos. El metabolismo, la replicación, la mutación y la adaptación son esenciales para explicar la historia del origen y desarrollo de la vida mediante el análisis del funcionamiento bioquímico de algunas moléculas notables y de las células que gobiernan. Las neuronas, la información, el pensamiento y la conciencia son esenciales para la historia

de la mente, y, con ellos, los relatos proliferan: del mito a la religión, de la literatura a la filosofía, del arte a la música, los relatos nos hablan de la lucha de la humanidad por sobrevivir, de su voluntad por comprender, de su anhelo por expresarse y de su búsqueda de significado.

Todos estos relatos son historias inacabadas que siguen desarrollando pensadores de una gran variedad de disciplinas. Es comprensible. Una saga que se extiende de los quarks a la conciencia es una crónica mayúscula. Con todo, las historias se entrelazan. *Don Quijote* nos habla del deseo de la humanidad por lo heroico a través del frágil Alonso Quijano, un personaje creado por la imaginación de Miguel de Cervantes, un conjunto de huesos, tejidos y células que vivió, respiró, pensó, percibió y sintió, y que, durante su vida, sustentó procesos orgánicos de transformación de energía y excreción de productos de desecho que, a su vez, dependen de movimientos atómicos y moleculares perfeccionados durante miles de millones de años de evolución en un planeta forjado con detritos de explosiones de supernovas dispersos por una sección del espacio que surgió del Big Bang. Y, sin embargo, leer las penurias de don Quijote nos permite una comprensión de la naturaleza humana que se mantendría opaca en una descripción de los movimientos de los átomos y moléculas del caballero errante o en una exposición de los procesos neuronales de la mente de Cervantes mientras escribía la novela. Conectados como sin duda están, los distintos relatos, contados con distintos lenguajes y centrados en distintos niveles de la realidad, proporcionan entendimientos muy diferentes.

Quizá algún día seamos capaces de transitar libremente entre estos relatos, de conectar todos los productos de la mente humana, de la realidad y la ficción, de la ciencia y la imaginación. Quizá algún día recurramos a una teoría unificada de los ingredientes particulares para explicar la sobrecogedora visión de un Rodin o la multitud de respuestas que suscita la visión de *Los burgueses de Calais*. Tal vez lo-

gremos comprender por completo de qué modo algo aparentemente mundano, un destello de la luz que se refleja en un plato que gira, puede agitar la mente de un Richard Feynman y compelerlo a reescribir las leyes fundamentales de la física. Más ambicioso aún es imaginar que algún día lleguemos a comprender el funcionamiento de la mente y la materia de una forma tan completa que todo quede revelado, desde los agujeros negros hasta Beethoven, desde la extrañeza cuántica hasta Walt Whitman. Aunque no poseemos una capacidad ni remotamente cercana, es mucho lo que podemos ganar sumergiéndonos en esos relatos científicos, creativos o imaginativos, apreciando cuándo y cómo surgieron de quienes los precedieron y cómo se manifestaron en la línea del tiempo cósmica, y reconstruyendo los procesos, controvertidos o concluyentes, que los alzaron hasta la posición destacada que hoy ocupan por su valor explicativo^[5].

En toda la colección de relatos hallaremos de manera muy clara dos fuerzas que comparten el papel de protagonista. En el capítulo 2 nos encontraremos con la primera: la «entropía». Aunque familiar para muchos por su asociación con el desorden y la tan citada aseveración de que este siempre aumenta, la entropía posee algunas cualidades sutiles que permiten que los sistemas físicos se desplieguen de muy diversas maneras, en ocasiones incluso nadando contra la corriente de la entropía (aunque solo en apariencia). Hallaremos ejemplos importantes de esto en el capítulo 3, cuando veamos de qué manera, tras el Big Bang, las partículas, en apariencia desobedeciendo el impulso hacia el desorden, evolucionaron hacia estructuras organizadas como las estrellas, las galaxias y los planetas, y, en último término, hacia configuraciones de la materia animadas por la corriente de la vida. Preguntarnos cómo se puso en marcha esa corriente nos lleva a la segunda de nuestras influencias generales: la «evolución».