

SONIA FERNÁNDEZ-VIDAL
**DESAYUNO CON
PARTÍCULAS**

La ciencia como nunca antes se ha contado



con FRANCESC MIRALLES

SONIA FERNÁNDEZ-VIDAL
FRANCESC MIRALLES

Desayuno con partículas

La ciencia como nunca
antes se ha contado

PLAZA  JANÉS

(C) Random House Mondadori
www.megustaleer.com

El papel utilizado para la impresión de este libro ha sido fabricado a partir de madera procedente de bosques y plantaciones gestionados con los más altos estándares ambientales, garantizando una explotación de los recursos sostenible con el medio ambiente y beneficiosa para las personas.

Por este motivo, Greenpeace acredita que este libro cumple los requisitos ambientales y sociales necesarios para ser considerado un libro «amigo de los bosques». El proyecto Libros Amigos de los Bosques promueve la conservación y el uso sostenible de los bosques, en especial de los bosques primarios, los últimos bosques vírgenes del planeta.

Papel certificado por el Forest Stewardship Council®



Primera edición: abril, 2013

© 2013, Sonia Fernández-Vidal y Francesc Miralles

© 2013, Random House Mondadori, S. A.

Travessera de Gràcia, 47-49. 08021 Barcelona

Quedan prohibidos, dentro de los límites establecidos en la ley y bajo los apercibimientos legalmente previstos, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, ya sea electrónico o mecánico, el tratamiento informático, el alquiler o cualquier otra forma de cesión de la obra sin la autorización previa y por escrito de los titulares del *copyright*. Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, <http://www.cedro.org>) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

Printed in Spain – Impreso en España

ISBN: 978-84-01-34813-6

Depósito legal: B-3.197-2013

Compuesto en Fotocomposición 2000, S.A.

Impreso en Liberdúplex, S.L.U.

Sant Llorenç d'Hortons (Barcelona)

L 3 4 8 1 3 6

*Este libro se lo dedicamos a mi primo
Alfonso Cabezas Fernández, a quien los médicos
diagnosticaron de pequeño que simplemente
¡era demasiado feliz! Gracias por regalarnos, con tu
presencia, tanta felicidad y amor durante estos treinta años.
Seguirás presente en cada una de nuestras sonrisas.*

Índice

| | |
|--|---------|
| 0. ¿Sabe física un león? | 13 |
| 1. Verdades provisionales | 21 |
| 2. Cuatro fábulas y un prejuicio para entender la resistencia al cambio. | 41 |
| 3. Los 29 de Solvay | 55 |
| 4. El efecto Pigmalión | 75 |
| 5. Gato de Schrödinger: se busca, vivo y muerto | 91 |
| 6. Las sombras de la realidad. | 109 |
| 7. Hasta que la decoherencia nos separe | 125 |
| 8. Tantas cabezas, tantos sombreros | 139 |
| 9. El oráculo de <i>Star Trek</i> | 155 |
| 10. Elemental, querido Quark | 177 |
| 11. Higgs-Dependence Day: la maldita partícula de Dios | 201 |
| 12. La partitura del universo | 219 |
| Generación Q | 231 |
| APÉNDICES | 235 |
| AGRADECIMIENTOS | 281 |
| CRÉDITOS DE LAS ILUSTRACIONES | 283 |

Si las puertas de la percepción se depurasen,
todo aparecería ante nosotros como realmen-
te es: infinito. Pues el ser humano se ha ence-
rrado en sí mismo hasta ver todas las cosas a
través de las estrechas rendijas de su caverna.

WILLIAM BLAKE,
Las bodas del cielo y el infierno

No dejes que esta cita literaria te despiste, tienes en las
manos un ensayo sobre física cuántica, así es.

Un momento, por favor. ¡Espera!

No permitas que esto te asuste y cierres el libro de golpe.

¿Aceptarías nuestra invitación a un desayuno?

Si te atreves a navegar entre estas páginas, descubrirás un
universo maravilloso y desconcertante.

Este peculiar ensayo —comprensible para cualquier perso-
na, independientemente de sus estudios— es un trepidante viaje
por tierras mágicas, que incluirá saltos vertiginosos en el tiempo
y una exclusiva visita a centros de investigación como el CERN,
la Organización Europea para la Investigación Nuclear. Asisti-
rás también a nuestras reflexiones y conversaciones e incluso
podrás sumergirte ¡en el mundo de los sueños!

El poema de Blake que abre esta invitación inspiró a Al-

dous Huxley —el autor de *Un mundo feliz*— para escribir su ensayo sobre la mescalina *Las puertas de la percepción*, que a su vez sirvió para bautizar la banda de Jim Morrison, The Doors.

Nuevamente... ¡que no cunda el pánico! Este libro no habla de drogas ni de experiencias psicodélicas, aunque el viaje a los confines de la cuántica tiene mucho de alucinante.

Este desayuno con partículas te dará energía para abrir las puertas de un mundo tan cotidiano como oculto y asombroso. ¿Aceptas el desafío?

Pasa, por favor... Y prepárate para lo inesperado.

¿Sabe física un león?

Hay más cosas en el cielo y en la tierra, Horacio, de lo que puede soñar tu filosofía.

SHAKESPEARE, *Hamlet*

Cuando empecé la carrera de física, una mañana escuché una reflexión brillante de un profesor sobre las dificultades que tenemos para entender la teoría cuántica.

Todos hemos disfrutado alguna vez de los fascinantes reportajes sobre el mundo animal. Una escena común en estos documentales es la de un león a la caza de una rápida gacela. Con el corazón en un puño, vemos cómo la gacela empieza a ganar distancia respecto a su depredador hasta que, finalmente, el león se detiene resignado y deja escapar a su presa.

Si nos detenemos a pensar sobre este hecho aparentemente simple, nos daremos cuenta de que, mientras el felino está en plena carrera, realiza unos cálculos nada triviales. Calcula su propia velocidad y la de la gacela, computa la resta vectorial entre ambas y, cuando se da cuenta de que el módulo —es decir, la distancia entre depredador y presa— aumenta, entonces se da por vencido y se detiene a reservar fuerzas para una caza más asequible.

No obstante, cualquier estudiante de física de bachillerato tendría dificultades para plasmar sobre el papel estos cálculos.

Y aquí surge la pregunta: ¿acaso los leones son expertos en física?

La respuesta es que sí. Los leones, igual que los demás animales—incluidos los humanos—, han desarrollado a lo largo de su evolución un modo intuitivo de utilizar la física en el día a día. Sin ella, tampoco nosotros sobreviviríamos en la jungla de asfalto.

Lo que denominamos física clásica surgió de nuestra observación cotidiana del mundo que nos rodea. Podíamos prever los ciclos lunares a partir de la observación del cielo, o definir la trayectoria de un tiro parabólico al analizar lo que ocurría tras lanzar flechas y piedras.

Sin embargo, cuando nos adentramos en el mundo de la física moderna, nos alejamos de la experiencia ordinaria del ser humano. Es lógico que nos cueste entender lo que sucede si nos movemos a velocidades cercanas a la de la luz, cuando lo más rápido que se pudo llegar a principios del siglo xx era a unos 100 kilómetros por hora.

¿Cómo vamos a comprender intuitivamente el principio de incertidumbre de un electrón, si nuestros ojos no han evolucionado para percibir esta diminuta partícula?

La mecánica cuántica trata de fenómenos que están fuera del rango ordinario de la experiencia humana, alejados de nuestra visión intuitiva de la realidad.

Hasta ahora nunca la hemos necesitado para sobrevivir.

¿QUÉ ES LA FÍSICA CUÁNTICA?

Desde la noche de los tiempos, el ser humano ha sentido la necesidad de comprender el universo. La cúspide de esta búsqueda, en el campo de la física actual, se organiza en torno a dos grandes teorías que acabamos de mencionar: la cuántica y la relatividad.

Mientras la relatividad nos describe el mundo macroscópico y los movimientos de las galaxias, la teoría cuántica nos desvela la enigmática conducta de los átomos y sus diminutos constituyentes, los ladrillos que forman todo aquello que nos rodea... e incluso a nosotros mismos.

Cuando a inicios del siglo XX la comunidad científica empezó a adentrarse en el mundo de la cuántica, descubrió que estas partículas diminutas jugaban con unas reglas muy distintas a las que estamos acostumbrados a ver en nuestro día a día. A menudo hacen cosas que nos parecen imposibles: una partícula puede aparecer de la nada, estar en dos sitios al mismo tiempo, comportarse como onda o corpúsculo dependiendo de cómo se la *mire*, atravesar paredes, compartir *conexiones fantasmales* (en palabras del propio Einstein) a pesar de estar separadas, y muchas otras aparentes extravagancias.

Los físicos de hace un siglo tenían una visión ordenada del cosmos, como si fuera un preciso mecanismo de relojería. Por eso, al adentrarse en este enigmático mundo de partículas diminutas, entraron en crisis y se preguntaron: «¿Cómo puede el universo comportarse de un modo tan alocado y caótico?».

La nueva física les invitaba a desafiar sus creencias y a reformularse preguntas de gran belleza intelectual: ¿Existe una realidad única y objetiva? ¿Está la Luna ahí arriba cuando no la miramos? A Einstein le gustaba pensar que sí. ¿Seguimos un guión determinado en nuestra existencia o lo escribimos a medida que vamos viviendo?

Pese a que la física cuántica sigue inquietando a quien pretenda comprenderla racionalmente, su radio de acción supera el abstracto y alejado terreno de las ideas.

Podríamos caer en el error de pensar que esta ciencia es de dudosa credibilidad y está basada sólo en especulaciones. Pero lo cierto es que la teoría cuántica es la más precisa que jamás

haya manejado la ciencia. No se conoce, hasta la fecha, ningún experimento que la desmienta ni predicción fallida alguna.

De hecho, esta ciencia ha pasado a formar parte de nuestro día a día. Más de un tercio de nuestra economía depende actualmente de la física cuántica y lo que conocemos de ella. Al calentar por la mañana el vaso de leche en el microondas, cuando se nos abren automáticamente las puertas del supermercado, al utilizar la televisión, el ordenador, el teléfono móvil, los lectores láser, etcétera, usamos tecnología cuántica, aunque no seamos conscientes de ello.

Ante la teoría cuántica tenemos dos opciones:

1. «Calcula y calla» para obtener toda clase de avances tecnológicos.
2. Atreverse a interpretar lo que el universo y la materia nos está intentando decir.

Si optamos por la primera no viviremos la confusión inquietante en la que desemboca la física cuántica y sus paradojas. Pero si queremos ir más allá de las ecuaciones para sumergirnos en los provocadores misterios del mundo cuántico, cruzaremos las fronteras de la física para adentrarnos en el territorio de la filosofía, incluyendo la metafísica —etimológicamente: más allá de la física.

En este libro vamos a viajar juntos por un campo lleno de respuestas inquietantes que nos llevan a preguntas aún más inquietantes.

Sobre esto, cuenta una anécdota que un estudiante se atrevió a preguntar al premio Nobel Richard Feynman: «¿Qué es realmente la función de onda cuántica?». El profesor se limitó a responder: «Chis, antes cierra la puerta».

ENTONCES... ¿QUÉ NO ES FÍSICA CUÁNTICA?

La atractiva interpretación del universo que nos brinda la física cuántica se utiliza a menudo para explicar todo tipo de fenómenos paranormales y pseudocientíficos, algo muy común en los últimos años.

En algunos casos puede no haber afán de engañar, pero sí hay una confusión de los límites en los que la ciencia tiene validez. A veces se utiliza la etiqueta «cuántica» para terapias alternativas y técnicas energéticas que pueden o no funcionar —no entraremos a juzgarlo—, pero que son totalmente ajenas a lo que se estudia en una facultad de física, y nada tienen que ver con la teoría cuántica. En otros casos, hay una deliberada mala intención al utilizar la credibilidad de la ciencia para lucrarse a través de cursos engañosos que fomentan la irracionalidad y la superstición, dos fantasmas contra los que la ciencia ha estado luchando desde sus inicios.

Eso no significa que debamos otorgar la verdad absoluta a los científicos, como sucedió en la Edad Media con los sacerdotes. Al igual que la mayoría censura el fanatismo religioso, el cientifismo a ultranza pasa por alto que la física sólo puede describir una parte muy pequeña de la realidad. Colocar al científico en el altar del conocimiento absoluto es invitarle a jugar el rol de los nuevos sacerdotes, algo que definitivamente no es su labor. Encontrar el equilibrio entre el escepticismo que nos permite discernir y la flexibilidad que nos invita a abrir nuevas puertas es una tarea nada sencilla, pero es un esfuerzo que, sin duda, merece la pena.

EL HOYO Y EL AGUA

Cuentan que a san Agustín le gustaba pasear de buena mañana por la playa y sumirse en sus reflexiones. En uno de esos pa-

seos, el místico le daba vueltas al misterio de la Trinidad. Inmerso en sus cavilaciones, recorría la orilla una vez tras otra en su intento fallido de comprender racionalmente cómo tres personas pueden formar un único dios. Una paradoja que no conseguía resolver.

Perdido en sus pensamientos, observó distraídamente a un chiquillo que jugaba en la arena. El niño excavó un pequeño agujero. Acto seguido, corrió hacia el mar con una concha marina, recogió con ella toda el agua que pudo y volvió rápidamente para verterla en el agujero. Repitió aquella operación varias veces, hasta que san Agustín, acercándose a él, le preguntó:

—¿Qué haces, niño?

—Quiero meter el océano en mi hoyo —le respondió sonriente el pequeño.

San Agustín aleccionó al chico con un tono paternal:

—Lo que pretendes hacer es imposible.

—Pues es exactamente lo que estás intentando tú —le dijo para su sorpresa el niño—: meter en tu mente finita los misterios de Dios.

Esta fábula describe muy bien la tendencia humana de relacionar la física con la mística, la nueva ciencia con las antiguas enseñanzas orientales. Sin embargo, afirmar que la física cuántica demuestra la existencia de Dios o los preceptos de los maestros orientales es como intentar meter el océano en un hoyo de la playa.

La física cuántica sólo abarca un trozo minúsculo de la *realidad* que conocemos. Por eso, fundamentar el misticismo en una ciencia que aún está en pañales no es sólo una equívocación, sino una tergiversación tanto de la cuántica como de la espiritualidad.

No es tarea de la física meterse en estos berenjenales.

En palabras del astrofísico británico A. S. Eddington: «Hay que desconfiar de cualquier intento de reducir a Dios a un

conjunto de ecuaciones diferenciales. Este fiasco debe ser evitado a cualquier precio».

Espiritualidad y ciencia no son incompatibles, es más, ambas pueden ser aproximaciones complementarias para comprender nuestro cosmos. Pero afirmar que una se deriva de la otra es, a mi juicio, un sinsentido.

Algunos de los padres de la física cuántica, como Einstein, Eddington, Schrödinger o Bohr, sin embargo, fueron personas con grandes inquietudes espirituales. ¿Por qué motivo? Quizá la imposibilidad de hallar respuesta a todo lo que se preguntaban fue lo que empujó a estos grandes científicos a ir más allá de la física.

LAS SOMBRAS DE LA CAVERNA

En un mito contenido en su diálogo *La República*, Platón describe a unos hombres que desde niños han sido encadenados en el fondo de una cueva, de espaldas a la entrada. Forzados a estar de cara a la pared, lo único que pueden ver son las sombras de animales y objetos que pasan delante de una gran hoguera.

Para ellos, aquellas sombras son los objetos reales, cuando de hecho sólo representan un reflejo limitado de ellos.

Del mismo modo, la luz de la física no explica la realidad última de nuestro mundo, sino que sólo nos ofrece algunos símbolos y sombras. La gran diferencia entre la física mecanicista y la moderna es que antes creíamos que la ciencia explicaba la realidad última y objetiva del mundo físico. Con la cuántica, nos hemos visto forzados a reconocer que nos movemos en un mundo de sombras.

De todos modos, el vasto océano por conocer no debe desanimar a los navegantes intrépidos. Aunque sólo podamos

entender ese hoyo excavado en la arena, es lícito y saludable interrogarnos sobre la inmensidad.

Este libro es una invitación a navegar por los confines de la realidad y del conocimiento humano para ampliar nuestros propios horizontes mentales.

Como decía Richard Feynman, «No tomen todo esto de manera solemne... ¡Relájense y disfruten! Simplemente, vamos a hablar sobre el comportamiento de la naturaleza (...) Si se preguntan: “¿Cómo puede ser así?”, entrarán en un callejón sin salida del que nadie ha logrado escapar hasta ahora. Nadie sabe cómo la naturaleza puede comportarse de este modo... ¡NADIE “entiende” la mecánica cuántica!».

1

Verdades provisionales

Me interesa el futuro porque es el sitio donde voy a pasar el resto de mi vida.

WOODY ALLEN

De: Francesc <francesc.desayunoconparticulas@gmail.com>

A: Sonia <sonia.desayunoconparticulas@gmail.com>

Querida Sonia:

Muchas gracias por tu estupenda charla el pasado jueves. Creo que por primera vez entendí un poco cómo funciona la física cuántica. Tal como te comenté al final de la presentación, me gustaría hacer un viaje por este fascinante mundo. Pero antes de sumergirme en los misterios de la cuántica, necesitaría comprender cómo hemos llegado hasta aquí.

Por lo que entendí de tu explicación, la física moderna nos plantea una visión distinta del mundo. Pero ¿cuál era la visión de éste que tenían los que llamas físicos clásicos? Por clásico, deberíamos remontarnos, como mínimo, a la antigua Grecia, ¿no es así? El problema es: ¿cómo entender la evolución de la ciencia desde unos filósofos de los que apenas se conserva nada? ¿Qué debían de pensar cuando levantaban la mirada al firmamento?

Un beso,

Francesc

De: Sonia <sonia.desayunoconparticulas@gmail.com>

A: Francesc <francesc.desayunoconparticulas@gmail.com>

Francesc:

Acabo de leer tu correo electrónico y tengo que darte toda la razón. El mejor modo para entender la nueva visión cosmológica de la física cuántica es hacer un viaje en el tiempo.

¿Te vendría bien pasarte mañana a las 21 h por mi casa para empezar este «viaje»? Creo que ya tienes mi dirección.

Siento no darte más detalles, pero no puedo arriesgarme a revelar cierta información por e-mail...

Mañana comprenderás por qué. No hace falta que te diga que se trata de alto secreto. Por favor, no digas nada a nadie.

Un beso,

S.

REGRESO AL LUGAR DONDE SE ESCRIBIÓ EL FUTURO

Faltan diez minutos para las nueve cuando suena el timbre del portal. Sonríe al contestar por el interfono. Sabía que mi críptico correo despertaría la curiosidad de Francesc.

—Sé que todavía no es la hora... —dice mi buen amigo como excusa—. Pero no podía esperar más. ¡Me dejaste en ascuas!

—No te preocupes. Ya lo tengo todo listo. Ponte esta ropa que te he preparado.

Francesc me mira interrogativamente mientras se cubre con la túnica que le he lanzado; yo hago lo mismo.

—¿Vamos a una fiesta de disfraces? —pregunta confuso al ver que ambos vamos vestidos con túnicas propias de la antigua Grecia.

—No exactamente... Subamos al estudio.

Después de ascender por la estrecha escalera de caracol, le muestro «La Máquina» a Francesc, que verbaliza sus dudas con asombro:

—¿Qué es este armario con cables y luces?

—Cuando te escribí en mi correo que teníamos que hacer un viaje en el tiempo, lo decía literalmente.

La cara de estupor de Francesc casi consigue que se me escape una risotada.

—Lo cierto —prosigo recordando la seriedad— es que ésta debería ser la última opción de todas... Es peligroso utilizarla, cualquier error por nuestra parte podría cambiar el curso de la historia. Pero en esta ocasión creo que merece la pena, seremos prudentes.

—Sonia, no te sigo.

—Esto que tienes delante es una máquina del tiempo. He programado tres momentos de la historia que creo que es importante visitar. ¡Espero no haberme equivocado y que aparezcamos en el Jurásico! No sería nada atómico ser perseguidos por una manada de velociraptores.

Antes de que le entren más dudas, empujo a Francesc conmigo dentro de la máquina y cierro las puertas.

VIAJE A LA ANTIGUA ATENAS

Primer trayecto completado con éxito. Hemos «aterrizado» en la antigua Grecia, año 357 a.C.

—Según mis cálculos, estamos a escasos metros de la Academia —le digo a Francesc.

—¿Desde cuándo eres barbuda? —me contesta tomando una distancia prudencial.

No se ha dado cuenta de que, tras recogerme el pelo, me he puesto una barba muy resultona para el lugar adonde vamos.

—Era imposible presentarse en la Academia y participar en los diálogos siendo mujer. Desgraciadamente, por aquel entonces no estaba muy bien visto que una dama se implicara en las actividades culturales de la ciudad. Ahora ponte este aparato detrás de la oreja —le pido—; es un artilugio que traduce tanto lo que escuchas como tus propias palabras. Así podrás entenderte en griego antiguo.

Antes de que mi compañero pueda replicar, se acercan a nosotros un par de muchachos que están lanzando piedras a un perro callejero.

—Jóvenes —una voz a nuestras espaldas se dirige a los chicos—, dejen en paz a ese perro, pues reconozco en él a un viejo amigo que murió hace tiempo.

Los muchachos, al ver al anciano que acaba de hablarles, le ofrecen un saludo de respeto con la cabeza y se marchan a toda prisa.

—A Sócrates, mi maestro, le gustaba bromear sobre este tema —nos dice el viejo mientras se acerca a nosotros—. Creía que al morir podemos volver a la Tierra, ¡incluso tomando la forma de un animal!

Ambos le saludamos imitando el mismo gesto honorífico de los jóvenes.

—Sois forasteros, ¿verdad?

—Sí, señor —le contesto—; nos dirigíamos a la Academia. Nos gustaría conocer a Aristóteles.

—Dado que justamente voy hacia allí, podéis acompañarme si no os molesta mi lento caminar.

El edificio de la Academia es impresionante. En el gran pórtico de mármol se lee el lema: NO ENTRES AQUÍ SI NO ERES GEÓMETRA.

No dejaremos que eso nos frene.

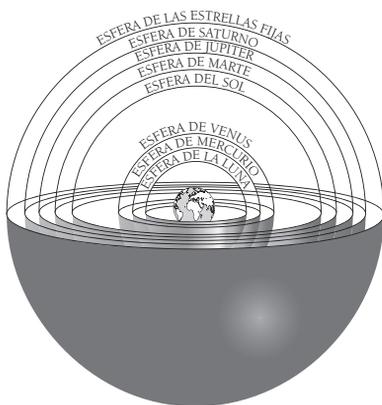
Cruzamos una gran arcada bajo la que se arremolinan jóvenes y viejos con sus túnicas. Un adolescente levanta una esfera celeste moteada con brillantes para representar las estrellas.

A su lado, un hombre grueso despliega un pergamino lleno de cálculos y añade con su plumilla algunas correcciones.

Nos mezclamos entre la multitud, conscientes del privilegio de adentrarnos en la cuna del conocimiento antiguo, la base a partir de la cual se desarrollará la civilización occidental.

Después de atravesar el espacioso salón principal, el anciano nos lleva hasta un recinto con las gradas repletas de curiosos. Nos sentamos en una de las últimas filas. Emocionados, nos damos cuenta de que aquella es el aula donde Aristóteles está impartiendo uno de sus discursos:

—Es necesario que el cielo tenga forma esférica, pues esta figura es la más adecuada a la entidad celeste y la primera por naturaleza. A la recta siempre es posible añadirle algo, pero nunca a la línea del círculo, es evidente que la línea que delimita el círculo es perfecta. Así pues, lo que gira con movimiento circular será esférico. Y también lo inmediatamente contiguo a aquello: pues contiguo a lo esférico es esférico. E igualmente los cuerpos situados hacia el centro de éstos: pues los cuerpos envueltos por lo esférico y en contacto con ello han de ser por fuerza totalmente esféricos; y los situados bajo la esfera de los planetas están en contacto con la esfera de encima. De modo que cada uno de los orbes será esférico: pues todos los cuerpos están en contacto y son contiguos con las esferas...



—Creo que hemos llegado a mitad de la lección —dice Francesc en un resoplido—. Me cuesta entender a qué se refiere.

—Aristóteles está compartiendo su teoría astronómica. Creo haberla leído en un capítulo de su obra *La esfericidad del universo*, si no recuerdo mal. Según su teoría, el cosmos se dividía en dos esferas o regiones opuestas: una perfecta, la correspondiente a las esferas celestes, y otra imperfecta, que concierne a la Tierra y todo lo que ocurre en ella. Ambas regiones están separadas por la esfera lunar. Por lo tanto, el cosmos quedaría dividido entre el mundo supralunar y el sublunar. Según su visión, la Tierra, imperfecta pero situada en el centro del universo, está compuesta por cuatro elementos fundamentales: tierra, agua, aire y fuego. Todos los movimientos que se producen en esta esfera imperfecta son rectilíneos y esporádicos. Sin embargo, las esferas celestes están formadas por un quinto elemento, el éter, también llamado quintaesencia. En las esferas celestes los movimientos son perfectos: circulares, continuos y en esferas concéntricas.

Tras esta aclaración prestamos atención, de nuevo, al discurso de Aristóteles:

—Hay tres clases de seres: lo que es movido, lo que mueve y el término medio entre lo que es movido y lo que mueve, un ser que mueve sin ser movido, ser eterno, esencia pura...

—Habla de Dios y del origen del movimiento de las cosas —me susurra Francesc—. Creo que se llama teoría del primer motor; me la tuve que empollar para un examen de filosofía. Viene a decir algo así: un objeto se mueve porque lo impulsa otro, el cual a su vez ha sido impulsado por un objeto anterior. Pero si tiramos hacia atrás... la pregunta es: ¿dónde empezó el movimiento?

—Responder a eso es tan difícil como decir qué había antes del Big Bang.

—Aristóteles pone en ese origen a Dios, el primer motor que transmite el movimiento a todas las cosas y lo hace a través de la atracción, del mismo modo que «el amado mueve al amante», creo recordar que decía.

Un joven discípulo, sentado en la grada de delante, se gira con el ceño fruncido. Es una clara invitación a que nos callemos y escuchemos al maestro, que en aquel momento cede el protagonismo al anciano que nos había acompañado.

Sorprendidos, vemos cómo aquel hombre de barba blanca y nariz prominente empieza a decir:

—Imaginad una especie de cavernosa vivienda subterránea provista de una larga entrada...

Un espectador murmura:

—¡Ya está otra vez Platón con su caverna!

Al escuchar aquel comentario, llamo la atención de Francesc con un codazo y le digo emocionada:

—El anciano con el que hemos venido era Platón.

Mi compañero me mira con cara de espanto:

—Sonia, ¡se te está cayendo la barba!

Varios hombres a nuestro alrededor empiezan a mirar con sospecha hacia nosotros.

—Salgamos pitando de aquí antes de que nos metamos en problemas... —digo atropelladamente—. Es hora de volver a la máquina.

En cuanto se abre la puerta de la máquina y aparecemos, sanos y salvos, en el estudio de casa, respiramos tranquilos.

—¡No puedo creer lo que acabamos de vivir! —exclama con entusiasmo Francesc—. Hemos ido a la Academia con Platón y asistido a una clase de Aristóteles...

—Voy a preparar un té verde. Nos ayudará a concentrarnos. Tenemos sólo unos minutos antes del siguiente viaje.

—¿El siguiente? —pregunta mi amigo mientras pongo el agua a hervir.

—Por supuesto —digo con un toque de orgullo—. No pensarás que el viaje termina aquí, ¿verdad? Gracias a este primer salto en el tiempo ya sabemos cuál era la cosmología de la antigua Grecia. Una visión que, a su manera, fue adaptada por la Iglesia católica hasta más allá del siglo XVII. Dos mundos que cumplían leyes muy distintas: el mundo terrestre e «imperfecto», donde habitaban los hombres con todas sus debilidades y pasiones, y el de las esferas celestes, que se creía «armónico y perfecto», habitado por ángeles y demonios.

—Me sitúo —dice Francesc mientras da un sorbo a la taza de té—. Lo cierto es que parece un poco extraño que personas tan sabias tuviesen una visión del mundo tan fantasiosa.

—No lo juzgues tan a la ligera. Quién sabe si nuestras «verdades provisionales» no estarán también llegando a su fin... —le contesto mientras preparo nuestro próximo disfraz—. Pero ahora sigamos con el curso de la historia. En nuestro próximo salto temporal nos remontaremos cinco siglos atrás, cuando Galileo y Kepler iniciaron una revolución que desbancó la ciencia antigua para dar lugar a la Ilustración.

Apuro a mi compañero de aventuras para que se vista con las ropas que le he dado.

—Vamos a conocer a uno de estos rebeldes que asumieron la peligrosa tarea de unir el cielo y la tierra.

Empujo de nuevo a Francesc dentro de la máquina.

EL ASTRÓNOMO ERRANTE

Disfrazados con trajes de sirvientes, aparecemos con éxito en los fríos pasillos de un castillo del siglo XVII.

—Bien, y ahora ¿adónde vamos? —pregunta Francesc.

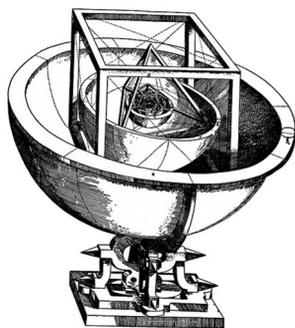
—Si mis cálculos son correctos, en cualquier momento nos podemos encontrar con Johannes Kepler y sus ayudantes.

Un ruido metálico resuena por el corredor. A lo lejos distinguo la silueta de un par de soldados que se acercan a nosotros.

Antes de que nos descubran como intrusos, apresuro a Francesc para correr en dirección opuesta. En cuanto nos encontramos la primera puerta —afortunadamente no está cerrada— nos escondemos en un rincón de la estancia para darles esquinazo.

Volvemos a respirar tan pronto como oímos pasar de largo a los soldados. Un poco más tranquilos, nos damos cuenta de que hemos entrado en lo que parece un estudio. En el centro de la habitación hay una gran mesa llena de libros y pergaminos.

Francesc curioseea los papeles que rebotan en el estudio, mientras yo me siento atraída por un artilugio abandonado en un lateral de la estancia. Lo reconozco enseguida.



—¡Ven a ver esto! ¿Lo reconoces?

—No exactamente... ¿Qué es?

—Es el modelo cosmológico que Kepler desarrolló en su obra *Mysterium Cosmographicum* (*El misterio Cósmico*) basándose en los sólidos regulares de Pitágoras. Nuestro protagonista creía en el heliocentrismo de Copérnico, es decir, que el Sol

estaba en el centro y no la Tierra. Pese a ser una idea peligrosa por la que Galileo sería condenado, Kepler la abrazó con fervor, convencido de que reforzaba su fe.

—¿Qué tiene que ver el Sol con la fe?

—Para Kepler, igual que para los antiguos egipcios, el Sol era la perfecta imagen de Dios y debía ocupar en el cosmos un lugar central, mientras el resto de los planetas serían los que daban vueltas, en círculos perfectos, a su alrededor. Sin embargo, los datos que había recopilado de Copérnico no encajaban con su bella teoría. Por eso vino aquí, a Praga, para acceder a las mediciones del mejor astrónomo de la época, Tycho Brahe. Estaba convencido de que sus datos serían la llave que le permitiría abrir las puertas que encerraban los misterios de los cielos.

—Recuerdo haber leído algo acerca de Brahe. Creo que este noble excéntrico era famoso por haber perdido parte de su nariz en un duelo y verse forzado a llevar una prótesis de oro.

—Ese mismo. Pero Tycho no le recibió con los brazos abiertos. Al parecer recelaba del joven Kepler y, ante su corte de aduladores, se burlaba con frecuencia de aquel campesino que pretendía resolver el misterio del cosmos. Sólo muy de vez en cuando, después de alguno de los banquetes que acompañaba con abundante vino, iba soltando información con cuentagotas al joven teórico, que se apresuraba a anotarla febrilmente. Pero todo cambió al fallecer Tycho. En su lecho de muerte, como si se tratase de un mantra, el astrónomo no cesaba de repetir las siguientes palabras: «*Non frustra vixisse vidcor*». Es decir: «que no haya vivido en vano». Brahe legó el trabajo de su vida, sus valiosísimas observaciones de los planetas, a Kepler.

La puerta de la habitación se abre de sopetón. El miedo a ser pillados me ha paralizado.

—Ponte a limpiar —me susurra Francesc dándome un codazo—. ¡Disimula!

Me doy cuenta de que las tres personas que han entrado están tan enfrascadas en sus cábalas que ni siquiera se han percatado de que no somos sirvientes de la casa.

—Lo hemos conseguido —le digo disimuladamente—, el de la barba es Kepler. Escucha con atención.

—No puede ser —despotrica Kepler—, no logro comprender por qué el mayor de los geómetras ha escogido una forma tan imperfecta para el mundo celeste.

Sin que se den cuenta, le puntualizo a Francesc en un susurro:

—Kepler se refería a Dios como el Divino Geómetra...

—¿No se tratará de un error en las mediciones de Brahe? —intenta complacerle uno de sus colaboradores.

—Tycho podía ser excéntrico, pero la perfección de sus observaciones era incuestionable. Sabía muy bien que algo no encajaba, por eso insistió en estudiar la trayectoria de Marte.¹ Ahora puedes descansar tranquilo, Tycho, maestro, *non vixit in vanum*. No has vivido en vano.

Kepler se derrumba en el asiento de su escritorio y murmura:

—La verdadera naturaleza, que había rechazado y echado de casa, volvió sigilosamente por la puerta trasera y se presentó disfrazada para que yo la aceptase. Ah, ¡qué pájaro más necio he sido!

Acto seguido, se levanta de un salto y exclama:

—Ahora no puedo negar la evidencia. La trayectoria de Marte es esta forma alargada e imperfecta parecida a un óvalo: la

1. El resto de los planetas dibuja una forma mucho menos elíptica que Marte, de modo que Tycho dirigió correctamente a su discípulo al recomendarle el estudio de su órbita. Sin esa observación, quizá Kepler jamás habría formulado sus tres leyes.

elipse. Después de tanto tiempo... ¡debo conformarme con este carro de estiércol!

Dicho esto, Kepler sale de la habitación dando un portazo, seguido por sus alumnos.

Volvemos a quedarnos a solas.

—Vaya, no parece precisamente contento —dice Francesc mientras recoge los papeles que Kepler ha tirado al levantarse de golpe.

—¡Claro que no lo está! Tras muchos años de estudio, tuvo que claudicar y aceptar con valentía los hechos: su devoción por el círculo perfecto había sido una ilusión. Finalmente abandonó la idea de las órbitas circulares y, por ende, su fe en el Divino Geómetra. Este golpe en sus creencias permitió a Kepler desarrollar sus tres famosas leyes.²

—Ven, acércate a ver esto —me interrumpe Francesc señalando unos papeles—. Si no me equivoco, ¡es una carta de Galileo!

—¡Así es! Ambos fueron contemporáneos y llegaron a cartearse.

—Por lo que entiendo, parece que Galileo le envía la información para fabricar un telescopio...

—Sí, en 1609 Galileo consigue por primera vez un telescopio. Enseguida quedó fascinado por ese aparato. «Dadme un punto de apoyo y moveré el mundo», se decía en la antigüedad. Para Galileo, el punto de apoyo fue el telescopio, ya que puso en movimiento algo que hasta entonces había sido inmóvil y central: la Tierra.

—Entonces, ¿los telescopios ya existían antes de Galileo?

—Sí, pero los usaban básicamente como instrumento para la navegación. Fue Galileo quien tuvo la astucia para modificarlo y el valor de enfocararlo hacia las inmensidades del cielo.

2. Desarrolladas en el apéndice que corresponde a este capítulo.

Con ello desmontó todavía más el mito de las esferas celestes. Por aquel entonces se creía que la Luna era una bola perfecta.

—Como un queso de Edam —añade con guasa Francesc.

—Pero al enfocar con su invento mejorado nuestro satélite, descubrió rugosidades, valles y montes que contradecían la concepción aristotélica de que los cuerpos celestes eran esferas perfectas.

—Vosotros dos, ¡holgazanes! —Un soldado nos llama la atención desde la puerta.

Mi compañero palidece y yo no debo de estar mucho más tranquila, pues creo que los latidos de mi corazón se escuchan desde el siglo XXI. Nos han pillado con los papeles de Galileo en las manos.

—Puesto que sois los nuevos, os toca ir a limpiar el estiércol de los establos —ordena el soldado sin entender lo que estamos haciendo.

Tomo la mano de Francesc, que sigue paralizado, y le empujo fuera del estudio para salir pitando y dejar atrás la amenaza de las cuerdas.

—La próxima vez que vengamos aquí, propongo que nos disfrazemos de reyes, Sonia.

De nuevo en el estudio de casa, nos quitamos las aparatosas ropas del siglo XVII y Francesc se ofrece a preparar otro té.

—Genial, nos vendrá bien —acepto mientras me siento a la mesa—. Así tendremos tiempo para hacer un breve repaso de lo vivido. Hemos estado en el período de tiempo en que «nacía» la física en el sentido moderno del término.

—¿A qué te refieres?

—Para Galileo era esencial demostrar las teorías científicas mediante experimentos y cálculos precisos. Como él mismo diría en una de sus obras, «la Naturaleza está descrita en

lenguaje matemático». Desde entonces, la puesta a prueba de las predicciones teóricas ha sido un signo de buena ciencia: el método científico.

—Vaya, pensaba que la ciencia siempre había seguido esa metodología.

—¡Qué va! Este modo de pensar desafiaba las ideas de la filosofía aristotélica, que perduraban en la Italia renacentista. Los científicos de la «Edad de Oro» podían discutir teorías confrontadas hasta el agotamiento: nunca llegaban a un consenso. Aceptaban todo aquello que parecía intuitivo y racional. Por ejemplo, era obvio que la Tierra estaba quieta porque nadie podía sentir el movimiento bajo sus pies.

—Comprendo su modo de pensar, tiene lógica.

—De hecho, seguimos diciendo que el Sol sale por el este y se pone por el oeste. Nuestro lenguaje todavía pretende que la Tierra no gira. Y eso que Galileo se metió en un buen lío por su «y sin embargo se mueve». También Kepler, como hemos visto hace un rato, tuvo que claudicar de su amado círculo para aceptar lo que decían los datos experimentales: que las órbitas son elípticas.

—Ya lo decía Pope: «Errar es humano, rectificar es de sabios y perdonar es divino» —añade Francesc.

—Al parecer, la tumba de Kepler fue destruida durante la guerra de los Treinta Años. En ella se podía leer el epitafio que él mismo escribió: «Medí los cielos y ahora mido las sombras. Mi mente tenía por límite los cielos, mi cuerpo descansa encerrado en la Tierra». Si se reconstruyese su tumba podría cambiarse esa frase, ya que coincido con las palabras que Carl Sagan le dedicó en honor a su coraje científico: «Prefirió la dura verdad a sus ilusiones más queridas».

Me levanto para preparar nuestro próximo disfraz.

—¿Cuál es nuestra siguiente parada? —pregunta Francesc mientras recoge las tazas de la mesa.

—Vamos a cerrar esta revolución con una visita a un científico que nacería el año de la muerte de Galileo: Isaac Newton. Como hemos visto, Kepler ya había descubierto que los planetas describen órbitas elípticas en vez de círculos. Su coetáneo Galileo, al observar las irregularidades de la Luna, ayudó a desmontar el mito de que los cuerpos celestes eran esferas perfectas.

—¿Qué más quedaba por decir? —pregunta Francesc.

—Algo no menos transgresor. Newton, con su teoría de la gravedad, demuestra que la misma fuerza que hace caer una manzana del árbol es la que mueve las estrellas y hace orbitar la Luna alrededor de la Tierra. Parece un obviedad a día de hoy, pero supuso un tsunami para las creencias de su época. Para asombro de sus colegas y alumnos de Cambridge, demostró que las leyes que rigen los movimientos «imperfectos» de nuestro mundo no son distintas de las que gobiernan los divinos cuerpos celestes.

—Así se logró unificar, por fin, Cielo y Tierra.

—Exacto. Dios dejaba de ser necesario en un universo donde la ciencia y la razón ocupaban ahora el lugar de lo divino.

EL CIENTÍFICO MÁS BRILLANTE DE LA HISTORIA

La Naturaleza y sus leyes permanecían en la oscuridad.

Dios dijo: «¡Hágase Newton!» Y la luz se hizo.

ALEXANDER POPE

Sin pensarlo dos veces, nos metemos en la máquina del tiempo rumbo al siglo XVIII. En un abrir y cerrar de ojos, aparecemos en los jardines de una gran mansión inglesa.

Todavía queda más de una hora para el crepúsculo.

Se nos acerca un ama de llaves con cara de mal humor y nos entrega una bandeja con pastas y humeante té negro.

—Vosotros dos, llevadle esto al señor. Los cocineros han echado a perder la cena y tengo que ir a encargarme del estropicio.

Asentimos obedientemente.

—¿Por qué siempre nos disfrazas de sirvientes, Sonia?

—Es el mejor modo de pasar inadvertidos. Cualquier error por nuestra parte afectaría al curso de la historia, ya te lo dije...

Sentados a una mesa del jardín, bajo la sombra de unos frondosos árboles, distinguimos a Isaac Newton y a otro caballero. Están enfrascados en una animada conversación.

—Si no he hecho mal mis cálculos —le susurro a Francesc—, nos encontramos en el 15 de abril de 1726. El tipo que está con Newton es William Stukeley, su biógrafo.

—Yo tenía veintitrés años y estaba estudiando en Cambridge cuando se desató una gran plaga que obligó a cerrar el campus —explica Newton—. No tuve otra opción que recluirme en mi ciudad natal, Woolsthorpe.

—Sin embargo —le responde su entrevistador—, y por lo que tengo entendido, no fue precisamente tiempo perdido para usted.

—Durante aquel intervalo de tiempo —le explico a mi amigo—, con su cabeza como única herramienta, Newton desarrolló el cálculo diferencial e integral. Asimismo, llegó a entender que la luz blanca está compuesta por diferentes colores. También fue entonces cuando estableció las bases de la teoría de la gravitación universal.

—¡A eso se le llama sacar partido de las horas! Tengo entendido que también fue el inventor de la gatera.

—Buena puntualización, ¡eso se me había escapado! En cualquier caso, ese período se ha equiparado en la historia de la ciencia con 1905, el llamado «año milagroso» de Einstein.

—¡Ay! —grita Francesc de repente, interrumpiendo la conversación entre ambos hombres.

Una manzana ha caído directamente sobre la cabeza de Francesc.

Stukeley le pregunta educadamente a mi amigo si se encuentra bien mientras, para nuestra sorpresa, Newton cuenta la siguiente anécdota:

—Precisamente la caída de una manzana, como la que ha ido a parar a la cabeza de este buen hombre, fue lo que abrió mi mente a la idea de la gravitación. ¿Por qué esta manzana cae hacia el suelo? ¿Por qué no se desplaza hacia un lado o hacia arriba y va siempre hacia el centro de la Tierra?

Stukeley toma apuntes en su libreta para no perderse ni un detalle de su explicación.

—Si se necesita una fuerza para una aceleración horizontal —prosigue Newton—, por ejemplo, al lanzar una flecha, también tiene que existir una fuerza para la aceleración vertical de la manzana. Y si esta fuerza empuja la manzana hacia el suelo, ¿por qué no afecta también a la Luna? Y si es así, ¿por qué no nos cae la Luna encima?

—Así fue como concibió sus dos grandes ideas —le alaba Stukeley—, la ley del movimiento y la fuerza de la gravedad.

—Lo publiqué en mi obra *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, tras la insistencia de mi buen amigo Halley —reconoce Newton satisfecho—. La naturaleza no actúa de cualquier modo, sino que es tan predecible como un mecanismo de relojería.

—Halley ha predicho incluso el retorno de un cometa —añade su entrevistador.

El ama de llaves aparece en ese momento para anunciar que la cena está lista. Mientras los dos caballeros se levantan y toman el sendero que lleva a la casa, oímos las últimas palabras de Newton:

—No sé qué opina el mundo de mí, pero yo me siento como un niño que juega a la orilla del mar y se divierte descubriendo de vez en cuando un guijarro más liso o una concha más bella de lo corriente, mientras el gran océano de la verdad se extiende ante mí, todo él por descubrir.

UN UNIVERSO MECÁNICO

Salimos de la máquina del tiempo con las últimas palabras de Newton resonando en nuestras cabezas.

—Éste era el último viaje que tenía programado —le digo satisfecha a mi compañero de aventuras.

—¡Como si fuera poco! Hemos sido testigos de momentos cruciales de la historia y, además, ahora tengo claro cómo ha ido cambiando nuestra concepción del cosmos, desde Platón hasta Newton.

—En la visión mecanicista del mundo que surgiría después de esta revolución, la razón acabó ganando el pulso a la religión.

—¿Es eso lo que se conoce como física clásica?

—Exacto, este término lo utilizamos para referirnos a los físicos desde Newton hasta finales del siglo XIX. Para ellos, el universo era lo más parecido a un gran mecanismo de relojería. Todo aquello que no tuviese que ver con la «Gran Máquina» quedaba fuera del campo de la física. Las cuestiones como el libre albedrío o la consciencia quedaban para la filosofía.

Antes de seguir fijo mi mirada en un viejo mapa que adorna mi estudio.

—¿Conoces la anécdota de Laplace?

—¿Quién era?

—Un físico y matemático francés muy importante del siglo XVIII. Dicen que Napoleón, al conocer su obra *Exposition du système du monde*, le dijo: «Me cuentan que ha escrito usted

este gran libro sobre el sistema del universo sin haber mencionado ni una sola vez a su creador», a lo que Laplace contestó: «*Sire*, nunca he necesitado esa hipótesis». Cuando Napoleón le narró la conversación al matemático Lagrange, éste le argumentó: «¡Ah! Dios es una bella hipótesis que explica muchas cosas». Tras reproducir Napoleón estas palabras a Laplace, éste ingeniosamente replicó: «Aunque esa hipótesis pueda explicar todo, no permite predecir nada».

—En algún sitio he leído que se establecieron cuatro postulados de las ciencias clásicas —añade mi amigo.

—Quizá fueran más, pero vamos con ellos. El primero es que el universo se comporta como una gran máquina en un espacio y tiempo absolutos. Todos los fenómenos físicos podrían reducirse y comprenderse como movimientos más simples, producidos por los pequeños engranajes de la máquina, aunque fuesen tan pequeños que no se pudiesen ver.

—Entonces, en ese universo el nuevo oficio de Dios era el de Maestro Relojero.

—Sí, pero un relojero retirado, pues una vez estaba todo en marcha, ya no tenía función alguna.

—¡Jubilaron a Dios! Bueno, sigue con la lista.

—Segundo: el universo es determinista. Si conocemos el estado de un objeto en movimiento en un instante dado, podemos predecir su estado futuro y pasado. Todo tiene una causa y un efecto, eso nadie lo cuestionaba.

—Yo tampoco lo cuestiono.

—Tercer postulado: la energía se explica mediante dos modelos físicos distintos: o partículas (como diminutas bolas de billar) u ondas (como las olas de la playa). Ambos modelos se excluyen entre sí. O bien eres partícula, o bien onda.

—Como esta mesa, que está hecha de partículas, o la luz y el sonido, que son ondas, ¿no es así?

—Y, finalmente, la joya de la corona de la ciencia: la obje-

tividad. Desde su altar de conocimiento, los científicos podrían observar la naturaleza y estudiarla. Se partía de la certeza de que existe una realidad única y objetiva ahí fuera. Lo que en filosofía se entendía como materialismo.

—¿Y cómo afectó esa visión del mundo a la vida cotidiana de la gente que no sabía física?

—De mil maneras. El legado de Newton permitió que los ingenieros creasen las primeras máquinas, iniciándose una revolución industrial que desembocó a su vez en una revolución social. Empezaron las migraciones de los campos a las ciudades, produciéndose también una revolución económica. Adam Smith, usando una analogía newtoniana, daba a entender que una «fuerza invisible» equilibraría la economía y la política para un bien global.

—Ya se ha visto que no siempre es así —comenta Francesc mientras mira de reojo un periódico sobre la mesa; en portada, el gobierno propone nuevos recortes.

—El mecanicismo se extendió hasta todas las esferas del conocimiento... Hasta que todos estos postulados que te he numerado, uno a uno, se tambalearon hasta caer con el nacimiento de la física cuántica.

El pájaro mecánico de un reloj de cuco canta las ocho de la mañana.

—¡Vaya por Dios! —exclamo—. Qué tarde se nos ha hecho... ¡Ya es de día! Creo que por hoy es suficiente.

—Es cierto lo que decía Einstein de que el tiempo es relativo: estas horas me han pasado volando. ¿Qué te parece si te invito a un desayuno con partículas?