

HIPERESPACIO

Una odisea científica a través de universos paralelos,
distorsiones del tiempo y la décima dimensión

MICHIO
KAKU



¿Hay otras dimensiones más allá de las de nuestra experiencia cotidiana? ¿Hay puertas de acceso a universos paralelos? Muchos físicos creen que existen otras dimensiones más allá de las cuatro de nuestro espacio-tiempo, y que puede alcanzarse una visión unificada de las diversas fuerzas de la naturaleza, si consideramos que todo lo que vemos a nuestro alrededor son vibraciones en el hiperespacio. La teoría del hiperespacio —y su derivación más reciente, la teoría de supercuerdas— es el ojo de esta revolución.

Michio Kaku nos muestra un panorama fascinante, que cambia por completo nuestra visión del cosmos, y nos lleva a un deslumbrante viaje por nuevas dimensiones: agujeros de gusano que conectan universos paralelos, máquinas del tiempo y «universo bebé» van surgiendo en unas páginas en las que todo se explica con una elegante sencillez y donde la formulación matemática es reemplazada por imaginativas ilustraciones que permiten visualizar los problemas.

*Este libro está dedicado
a mis padres*

PREFACIO

Las revoluciones científicas, casi por definición, desafían el sentido común. Si todas nuestras nociones de sentido común acerca del universo fueran correctas, hace años que la ciencia habría resuelto los secretos del universo. La ciencia se propone quitar la capa de la apariencia de los objetos para revelar su naturaleza subyacente. De hecho, si apariencia y esencia fuesen lo mismo, no habría necesidad de ciencia.

Quizá la noción de sentido común más profundamente arraigada acerca de nuestro mundo es que éste es tridimensional. No hace falta decir que longitud, anchura y altura bastan para describir todos los objetos en nuestro universo visible. Experimentos con animales y niños pequeños han demostrado que nacemos con un sentido innato de que nuestro mundo es tridimensional. Si incluimos el tiempo como una dimensión más, entonces cuatro dimensiones son suficientes para registrar todos los sucesos del universo. En cualquier lugar que hayamos explorado con nuestros instrumentos, desde el profundo interior del átomo a los más lejanos confines del cúmulo galáctico, sólo hemos encontrado evidencia de estas cuatro dimensiones. Afirmar públicamente otra cosa, afirmar que pueden existir otras dimensiones o que nuestro universo puede coexistir con otros, es una invitación a un sarcasmo seguro. Pero aun así, este prejuicio profundamente arraigado acerca de nuestro mundo, sobre el que por primera vez especularon los antiguos filósofos griegos hace dos milenios, está a punto de sucumbir ante el progreso de la ciencia.

Este libro trata de una revolución científica creada por la teoría del hiperespacio^[1], que afirma que existen otras dimensiones además de las cuatro de espacio y tiempo comúnmente aceptadas. Existe un reconocimiento creciente entre físicos de todo el mundo, incluyendo varios premios Nobel, de que el universo puede existir realmente en un espacio de dimensiones superiores. Si se demostrara que esta teoría es correcta provocaría una profunda revolución conceptual y filosófica en nuestra comprensión del universo. Científicamente, la teoría del hiperespacio lleva los nombres de teoría de Kaluza-Klein y supergravedad. Pero en su formulación más avanzada se denomina teoría de supercuerdas, que incluso predice el número exacto de dimensiones: diez. Las tres dimensiones usuales del espacio (longitud, anchura y altura) y una de tiempo son ahora ampliadas con otras seis dimensiones espaciales.

Advertimos que la teoría del hiperespacio no ha sido todavía confirmada experimentalmente y, de hecho, será extraordinariamente difícil probarla en el laboratorio. Sin embargo, la teoría ya ha barrido los principales laboratorios de investigación física del mundo y ha alterado irrevocablemente el paisaje científico de la física moderna, generando un espectacular número de artículos de investigación en la literatura científica (se estiman en más de 5.000). Sin embargo, casi nada se ha escrito dirigido a la audiencia profana para explicar las propiedades fascinantes del espacio multidimensional. Por ello, el público general apenas es consciente, si lo es, de esta revolución. De hecho, las ocasionales referencias a otras dimensiones y universos paralelos en la cultura popular son a menudo equívocas. Esto resulta lamentable, porque la importancia de la teoría reside en su poder para unificar todos los fenómenos físicos conocidos en un marco sorprendentemente simple. Este libro hace disponible, por primera vez, un informe científicamente respetable pero accesible de la actual, y fascinante, investigación sobre el hiperespacio.

Para explicar por qué la teoría del hiperespacio ha suscitado tanta excitación dentro del mundo de la física teórica, he desarrollado cuatro temas fundamentales que atraviesan este libro como un hilo conductor. Estos cuatro temas dividen el libro en cuatro partes.

En la Primera parte, desarrollo la primitiva historia del hiperespacio, resaltando el tema de que las leyes de la naturaleza se hacen más simples y más elegantes cuando se expresan en dimensiones superiores.

Para comprender cómo la adición de dimensiones superiores puede simplificar los problemas físicos, consideremos el siguiente ejemplo: para los antiguos egipcios, el clima era un completo misterio. ¿Cuál era el origen de las estaciones? ¿Por qué hacía más calor a medida que se viajaba hacia el sur? ¿Por qué los vientos soplaban generalmente en una dirección? El clima era imposible de explicar desde el limitado punto de vista de los antiguos egipcios, para quienes la Tierra parecía plana, como un plano bidimensional. Pero imaginemos ahora que enviáramos a los egipcios en un misil al espacio exterior, donde pueden ver la Tierra entera y simple en su órbita alrededor del Sol. De golpe, las respuestas a aquellas preguntas se harían obvias.

Desde el espacio exterior, resulta evidente que el eje de la Tierra está inclinado alrededor de 23 grados respecto a la vertical (siendo la «vertical» la perpendicular al plano de la órbita de la Tierra alrededor del Sol). Debido a esta inclinación, el hemisferio norte recibe mucha menos luz solar durante una parte de su órbita que durante la otra parte. Por ello, tenemos invierno y verano. Y puesto que el ecuador recibe más luz solar que las regiones polares norte y sur, hace más calor a medida que nos acercamos al ecuador. Análogamente, puesto que la Tierra gira en sentido contrario a las agujas del reloj para alguien que esté en el polo norte, el aire polar frío se desvía a medida que se mueve en dirección sur hacia el ecuador. El movimiento de las masas de aire frío y caliente, debido al giro de la Tierra,

nos ayuda así a explicar por qué los vientos soplan generalmente en una dirección, dependiendo del punto de la Tierra en el que usted se encuentre.

En resumen, las leyes más bien oscuras del clima son fáciles de interpretar una vez que miramos la Tierra desde el espacio. Así pues, la solución al problema consiste en moverse hacia arriba en el espacio, en la tercera dimensión. Hechos que eran imposibles de comprender en un mundo plano se hacen repentinamente obvios cuando se miran en una Tierra tridimensional.

Análogamente, las leyes de la gravedad y de la luz parecen totalmente diferentes. Obedecen a distintas hipótesis físicas y matemáticas. Los intentos para empalmar estas dos fuerzas siempre han fracasado. Sin embargo, si añadimos una dimensión más, una quinta dimensión, a las anteriores cuatro dimensiones de espacio y tiempo, entonces las ecuaciones que gobiernan la luz y la gravedad parecen unirse como dos piezas de un rompecabezas. La luz de hecho, puede ser explicada como vibraciones en la quinta dimensión. De este modo, vemos que las leyes de la luz y de la gravedad se hacen más simples en cinco dimensiones.

En consecuencia, muchos físicos están ahora convencidos de que una teoría tetradimensional convencional es «demasiado pequeña» para describir adecuadamente las fuerzas que describen nuestro universo. En una teoría tetradimensional, los físicos tienen que comprimir las fuerzas de la naturaleza de una forma fea y poco natural. Además, esta teoría híbrida es incorrecta. Sin embargo, cuando se expresan en dimensiones por encima de cuatro, tenemos «sitio suficiente» para explicar las fuerzas fundamentales de una manera elegante y escueta.

En la Segunda parte, desarrollamos más esta idea sencilla, destacando que la teoría del hiperespacio puede ser capaz de unificar todas las leyes conocidas de la naturaleza en una teoría. Así pues, la teoría del hiperespacio puede ser la culminación que corone dos milenios de investiga-

ción científica: la unificación de todas las fuerzas físicas conocidas. Puede darnos el Santo Grial de la física, la «teoría de todo» que esquivó a Einstein durante muchas décadas.

Durante el último medio siglo, los científicos se han sentido intrigados por la aparente diferencia entre las fuerzas básicas que mantienen unido al cosmos: la gravedad, el electromagnetismo y las fuerzas nucleares fuerte y débil. Los intentos por parte de las mayores mentes del siglo XX para proporcionar una imagen unificadora de todas las fuerzas conocidas han fracasado. Sin embargo, la teoría del hiperespacio permite la posibilidad de explicar las cuatro fuerzas de la naturaleza, así como la aparentemente aleatoria colección de partículas subatómicas, de una forma verdaderamente elegante. En la teoría del hiperespacio, la «materia» puede verse también como las vibraciones que rizan el tejido del espacio y del tiempo. De ello se sigue la fascinante posibilidad de que todo lo que vemos a nuestro alrededor, desde los árboles y las montañas a las propias estrellas, no son sino vibraciones en el hiperespacio. Si esto es cierto, nos proporciona un medio elegante, sencillo y geométrico de dar una descripción coherente y convincente del universo entero.

En la Tercera parte, exploramos la posibilidad de que, en circunstancias extremas, el espacio puede ser tensado hasta que se rompe o desgarra. En otras palabras, el hiperespacio puede proporcionar un medio de hacer un túnel a través del espacio y del tiempo. Aunque señalamos que esto es altamente especulativo, los físicos están analizando seriamente las propiedades de «agujeros de gusano», de túneles que unen partes distantes del espacio y del tiempo. Por ejemplo, físicos del Instituto de Tecnología de California han propuesto seriamente la posibilidad de construir una máquina del tiempo, que consiste en un agujero de gusano que conecta el pasado con el futuro. Las máquinas del tiempo han dejado ahora el reino de la especulación y

la fantasía y se han convertido en campos legítimos de investigación científica.

Los cosmólogos han propuesto incluso la extraordinaria posibilidad de que nuestro universo sea sólo uno entre un número infinito de universos paralelos. Estos universos podrían compararse a una enorme colección de pompas de jabón suspendidas en el aire. Normalmente, el contacto entre estos universos burbuja es imposible, pero, analizando las ecuaciones de Einstein, los cosmólogos han demostrado que podría existir una madeja de agujeros de gusano, o tubos, que conectan estos universos paralelos. En cada burbuja podemos definir nuestros propios espacio y tiempo característicos, que tienen significado sólo en su superficie; fuera de estas burbujas, el espacio y el tiempo no tienen significado.

Aunque muchas consecuencias de esta discusión son puramente teóricas, el viaje en el hiperespacio puede proporcionar eventualmente la aplicación más práctica de todas: salvar la vida inteligente, incluso a nosotros, de la muerte del universo. Los científicos creen, en general, que el universo debe morir, y con él toda la vida que ha evolucionado a lo largo de miles de millones de años. Por ejemplo, según la teoría más aceptada, denominada el big bang, una explosión cósmica que tuvo lugar hace entre 15 y 20.000 millones de años puso al universo en expansión, alejando de nosotros a las estrellas y galaxias a grandes velocidades. Sin embargo, si un día el universo dejara de expandirse y empezara a contraerse, colapsaría finalmente en un tremendo cataclismo llamado el big crunch, en el que toda la vida inteligente sería vaporizada por el fantástico calor. De todas formas, algunos físicos han conjeturado que la teoría del hiperespacio puede proporcionar la única esperanza de un refugio para la vida inteligente. En los segundos finales de la muerte de nuestro universo, la vida podría escapar al colapso volando al hiperespacio.

En la Cuarta parte, concluimos con una pregunta práctica final: si la teoría se demostrara correcta, entonces ¿cuándo seríamos capaces de dominar el poder de la teoría del hiperespacio? Ésta no es sólo una pregunta académica porque, en el pasado, el dominio de tan sólo una de las cuatro fuerzas fundamentales cambió irrevocablemente el curso de la historia humana, elevándonos desde la ignorancia y pobreza de las antiguas sociedades preindustriales a la civilización moderna. En cierto sentido, incluso el vasto recorrido de la historia humana puede determinarse con una nueva luz, en términos del dominio gradual de cada una de las cuatro fuerzas. La historia de la civilización sufrió un cambio profundo cuando cada una de estas fuerzas fue descubierta y dominada.

Por ejemplo, cuando Isaac Newton enunció las leyes clásicas de la gravedad, desarrolló la teoría de la mecánica que nos dio las leyes que gobiernan las máquinas. Esto, a su vez, aceleró enormemente la Revolución industrial, que liberó fuerzas políticas que finalmente acabaron con las dinastías feudales de Europa. A mediados de la década de los sesenta del siglo pasado, cuando James Clerk Maxwell formuló las leyes fundamentales de la fuerza electromagnética, nos introdujo en la Era Eléctrica, que nos dio la dinamo, la radio, la televisión, el radar, los electrodomésticos, el teléfono, las microondas, el ordenador electrónico, los láseres y muchas otras maravillas electrónicas. Sin la comprensión y utilización de la fuerza electromagnética, la civilización se habría estancado, quedando congelada en un tiempo anterior al descubrimiento de la lámpara eléctrica y el motor eléctrico. A mediados de la década de los cuarenta, cuando fue dominada la fuerza nuclear, el mundo fue de nuevo trastornado con el desarrollo de las bombas atómica y de hidrógeno, las armas más destructivas del planeta. Puesto que todavía no estamos en vísperas de una comprensión unificada de todas las fuerzas cósmicas que gobiernan el universo, cabría esperar que cualquier civilización

que domine la teoría del hiperespacio se convertirá en señor del universo.

Puesto que la teoría del hiperespacio es un cuerpo bien definido de ecuaciones matemáticas, podemos calcular la energía exacta necesaria para doblar el espacio y el tiempo o para crear agujeros de gusano que unan partes distantes de nuestro universo. Por desgracia, los resultados son desalentadores. La energía requerida excede con mucho cualquier cosa que pueda existir en nuestro planeta. De hecho, la energía es mil billones de veces mayor que la energía de nuestros mayores colisionadores de átomos. Debemos esperar siglos, o incluso milenios, hasta que nuestra civilización desarrolle la capacidad técnica de manipular el espacio-tiempo, o confiar en un contacto con una civilización avanzada que ya haya dominado el hiperespacio. El libro termina así explorando la intrigante pero especulativa cuestión científica del nivel tecnológico necesario para llegar a ser señores del hiperespacio.

Dado que la teoría del hiperespacio nos lleva mucho más allá de los conceptos normales y de sentido común del espacio y del tiempo, a lo largo del texto he desperdigado algunas historias puramente hipotéticas. Utilizo esta técnica pedagógica inspirado en lo que decía el ganador del premio Nobel Isidore I. Rabi al dirigirse a una audiencia de físicos. Él lamentaba el estado deplorable de la educación científica en Estados Unidos y reprendía a los físicos por olvidar su deber de popularizar la aventura de la ciencia para el público general y especialmente para los jóvenes. De hecho, advertía él, los escritores de ciencia ficción habían hecho más por comunicar la pasión por la ciencia que todos los físicos juntos.

En un libro anterior, *Beyond Einstein: The Cosmic Quest for the Theory of the Universe* (escrito en colaboración con Jennifer Trainer), investigué la teoría de supercuerdas, describí la naturaleza de las partículas subatómicas y discutí en detalle el universo visible y cómo todas las complejidades

de la materia podrían explicarse mediante minúsculas cuerdas vibrantes. En este libro, me he extendido en un tema diferente y he explorado el universo invisible, es decir, el mundo de la geometría y el espacio-tiempo. El tema central de este libro no es la naturaleza de las partículas subatómicas, sino el mundo multidimensional en el que probablemente habitan. Con ello, los lectores verán que el espacio multidimensional, en lugar de ser un telón vacío y pasivo frente al cual los quarks representan sus papeles eternos, realmente se convierte en el actor central en el drama de la naturaleza.

Al discutir la fascinante historia de la teoría del hiperespacio, veremos que la búsqueda de la naturaleza definitiva de la materia, comenzada por los griegos hace dos milenios, ha sido una búsqueda larga y tortuosa. Cuando el capítulo final de esta larga saga sea escrito por los futuros historiadores de la ciencia, ellos podrán registrar que el paso decisivo fue la derrota de las teorías de sentido común de tres o cuatro dimensiones y la victoria de la teoría del hiperespacio.

M. K.
Nueva York
Mayo de 1993

AGRADECIMIENTOS

Al escribir este libro, he tenido la fortuna de contar con Jeffrey Robbins como editor. Él guió con gran habilidad el avance de tres de mis anteriores libros de texto en física teórica escritos para la comunidad científica, relativos a la teoría del campo unificado, la teoría de supercuerdas y la teoría cuántica de campos. Este libro, no obstante, supone la primera obra de ciencia popular dirigida a una audiencia general que escribo para Robbins. Siempre ha sido un raro privilegio trabajar estrechamente con él.

También quisiera dar las gracias a Jennifer Trainer, con quien he compartido la autoría en dos libros populares anteriores. Una vez más, ella ha aplicado sus considerables habilidades para hacer la presentación de la manera más sencilla y coherente posible.

También estoy agradecido a muchas otras personas que han ayudado a reforzar y criticar primitivos borradores de este libro: Burt Solomon, Leslie Meredith, Eugene Mallove, y mi agente Stuart Krichevsky.

Finalmente, quisiera dar las gracias al Institute for Advanced Study en Princeton, donde fue escrita gran parte de este libro, por su hospitalidad. El Instituto, donde Einstein pasó las últimas décadas de su vida, fue el lugar adecuado para escribir sobre los desarrollos revolucionarios que han ampliado y embellecido mucho su trabajo pionero.

I

**ENTRAR EN LA QUIN-
TA DIMENSIÓN**

Pero el principio creador reside en las matemáticas. Por ello mantengo que, en cierto sentido, es cierto que el pensamiento puro puede atrapar la realidad, como soñaron los antiguos.

ALBERT EINSTEIN

1

**MUNDOS MÁS ALLÁ
DEL ESPACIO Y DEL
TIEMPO**

Quiero saber cómo creó Dios este mundo. No estoy interesado en tal o cual fenómeno. Quiero conocer Sus pensamientos; lo demás son detalles.

ALBERT EINSTEIN

La educación de un físico

Dos incidentes de mi infancia enriquecieron considerablemente mi comprensión del mundo y me pusieron en el camino de convertirme en físico teórico. Recuerdo que mis padres me llevaban a veces a visitar el famoso Tea Garden japonés en San Francisco. Uno de los recuerdos más felices de mi infancia es el de agacharme cerca del estanque, atraído por las carpas de brillantes colores que nadaban lentamente bajo los nenúfares.

En esos momentos relajados, me sentía libre para dejar volar mi imaginación; me hacía preguntas estúpidas que sólo un niño puede plantear, por ejemplo, cómo verían las carpas del estanque el mundo que les rodeaba. Yo pensaba: ¡qué mundo tan extraño debe ser el suyo!