



FÍSICA
DE LO
IMPOSI-
BLE

MICHIO
KAKU

¿PODREMOS SER INVISIBLES,
VIAJAR EN EL TIEMPO Y
TELETRANSPORTARNOS?

Teletransporte, máquinas del tiempo, campos de fuerza y naves intergalácticas: ¿materia de ciencia ficción o tecnologías potencialmente disponibles en el futuro? Inspirado por los mundos fantásticos de H.G. Wells, *Star Trek* o *La guerra de las galaxias*, el prestigioso físico teórico y divulgador Michio Kaku lanza una mirada inteligente, seria y a menudo sorprendente a lo que nuestra actual comprensión de las leyes del universo nos permite vislumbrar en el futuro.

Un fascinante viaje por mundos hasta ahora solo soñados por la ciencia ficción, que ofrece nuevos retos a las próximas generaciones de científicos capaces de desafiar las imposibilidades de nuestro tiempo.

*Para mi amada esposa, Shizue,
y para Michelle y Alyson*

Prefacio

Si una idea no parece absurda de entrada, pocas esperanzas hay para ella.

ALBERT EINSTEIN

¿Será posible algún día atravesar las paredes? ¿Construir naves espaciales que puedan viajar a una velocidad superior a la de la luz? ¿Leer la mente de otras personas? ¿Hacerse invisible? ¿Mover objetos con el poder de nuestra mente? ¿Transportar nuestro cuerpo de manera instantánea por el espacio exterior?

Desde niño me han fascinado estas preguntas. Como muchos físicos, en mi adolescencia me sentía hipnotizado por la posibilidad de que hubiera viajes en el tiempo, pistolas de rayos, campos de fuerza, universos paralelos y cosas por el estilo. Magia, fantasía y ciencia ficción constituían un gigantesco campo de juego para mi imaginación. Con ellas empezó mi duradera relación amorosa con lo imposible.

Recuerdo cómo veía las reposiciones del viejo *Flash Gordon* en televisión. Cada sábado me encontraba pegado a la pantalla del televisor, maravillado ante las aventuras de Flash, el doctor Zarkov y Dale Arden y su impresionante despliegue de tecnología futurista: naves a reacción, escudos de invisibilidad, pistolas de rayos y ciudades en el cielo. No me perdía un episodio. El programa me abrió un mundo completamente nuevo. Me fascinaba la idea de viajar un día a un planeta lejano y explorar su territorio. Una

vez en la órbita de estas fantásticas invenciones, sabía que mi destino estaba ligado de algún modo a las maravillas de la ciencia que prometía la serie.

No era el único. Muchos científicos consumados empezaron a interesarse por la ciencia gracias a la ciencia ficción. El gran astrónomo Edwin Hubble estaba fascinado por las obras de Julio Verne. Como resultado de la lectura de Verne, Hubble abandonó una prometedora carrera de abogado y contra los deseos de su padre, inició una carrera en ciencia. Con el tiempo se convirtió en el mayor astrónomo del siglo XX. Carl Sagan, famoso astrónomo y autor de éxito, alimentó su imaginación con la lectura de las novelas de John Carter de Marte de Edgar Rice Burroughs. Como John Carter, soñaba con explorar un día las arenas de Marte.

Yo era un crío cuando murió Einstein, pero recuerdo que la gente hablaba de su vida, y su muerte, en términos respetuosos. Al día siguiente vi en los periódicos una fotografía de su mesa de trabajo con el manuscrito de su obra más grande e inconclusa. Me pregunté qué podía ser tan importante como para que el mayor científico de nuestro tiempo no pudiera acabarlo. El artículo decía que Einstein tenía un sueño imposible, un problema tan difícil que ningún mortal podía resolver. Tardé años en descubrir de qué trataba él manuscrito: una gran y unificadora «teoría del todo». Su sueño —al que dedicó las tres últimas décadas de su vida— me ayudó a centrar mi propia imaginación. Quería participar, aunque fuera modestamente, en la empresa de completar la obra de Einstein: unificar las leyes de la física en una única teoría.

Cuando fui algo mayor empecé a darme cuenta de que, aunque Flash Gordon era el héroe y siempre se quedaba con la chica, era el científico el que realmente hacía funcionar la serie de televisión. Sin el doctor Zarkov no había naves espaciales, ni viajes a Mongo, ni se salvaba la Tierra. Héroe aparte, sin ciencia no hay ciencia ficción.

Llegué a comprender que estas historias eran sencillamente imposibles en términos de la ciencia involucrada, simples vuelos de la imaginación. Crecer significaba dejar aparte tales fantasías. En la vida real, me decían, uno tenía que abandonar lo imposible y abrazar lo práctico.

Sin embargo, llegué a la conclusión de que para seguir fascinado con lo imposible, la clave estaba en el dominio de la física. Sin un sólido fundamento en física avanzada, estaría especulando indefinidamente sobre tecnologías futuristas sin llegar a entender si eran o no posibles. Comprendí que necesitaba sumergirme en las matemáticas avanzadas y estudiar física teórica. Y eso es lo que hice.

Para mi proyecto de ciencias en el instituto monté un colisionador de átomos en el garaje de mi madre. Fui a la compañía Westinghouse y reuní 200 kilos de chatarra procedente de un transformador. Durante las navidades bobiné 35 kilómetros de cable de cobre en el campo de fútbol del instituto. Finalmente construí un betatrón de 2,5 millones de electrones-voltio que consumía 6 kilovatios (toda la potencia eléctrica de mi casa) y generaba un campo magnético 20 000 veces mayor que el campo magnético de la Tierra. El objetivo era generar un haz de rayos gamma suficientemente potente para crear antimateria.

Mi proyecto científico me llevó a la Feria Nacional de la Ciencia, y con el tiempo hizo realidad mi sueño: ganar una beca para Harvard, donde finalmente podría seguir mi objetivo de convertirme en físico teórico y seguir las huellas de mi modelo, Albert Einstein.

Actualmente recibo correos electrónicos de escritores de ciencia ficción y de guionistas que me piden ayuda para mejorar sus historias explorando los límites de las leyes de la física.

Lo «imposible» es relativo

Ya como físico, he aprendido que «imposible» suele ser un término relativo. Recuerdo a mi profesora en la escuela dirigiéndose al mapa de la Tierra que había colgado en la pared mientras señalaba las costas de Sudamérica y África. ¿No era una extraña coincidencia, decía, que las dos líneas costeras encajaran tan bien, casi como piezas de un rompecabezas? Algunos científicos, decía, conjeturaban que quizá en otro tiempo fueron parte de un mismo y enorme continente. Pero eso era una tontería. Ninguna fuerza podía separar dos continentes gigantes. Esa idea era imposible, concluía ella.

Más avanzado el curso, estudiamos los dinosaurios. ¿No era extraño, nos dijo un profesor, que los dinosaurios dominaran la Tierra durante millones de años y que un buen día desaparecieran todos? Nadie sabía por qué habían muerto. Algunos paleontólogos pensaban que quizá un meteorito procedente del espacio había acabado con ellos, pero eso era imposible, algo que pertenecía más al ámbito de la ciencia ficción.

Hoy sabemos por la tectónica de placas que los continentes se mueven, y también que es muy probable que hace 65 millones de años un meteorito gigante de unos diez kilómetros de diámetro acabara con los dinosaurios y con buena parte de la vida en la Tierra. Durante mi no muy larga vida he visto una y otra vez cómo lo aparentemente imposible se convertía en un hecho científico establecido. Entonces, ¿no cabe pensar que un día podremos ser capaces de teletransportarnos de un lugar a otro, o construir una nave espacial que nos lleve a estrellas a años luz de distancia?

Normalmente tales hazañas serían consideradas imposibles por los físicos actuales. ¿Serían posibles dentro de algunos pocos siglos? ¿O dentro de diez mil años, cuando nuestra tecnología esté más avanzada? ¿O dentro de un millón de años? Por decirlo de otra manera, si encontráramos una civilización un millón de años más avanzada que la

nuestra, ¿nos parecería «magia» su tecnología cotidiana? Esta es, en el fondo, una de las preguntas que se repiten en este libro: solo porque algo es «imposible» hoy, ¿seguirá siéndolo dentro de unos siglos o de millones de años?

Gracias a los extraordinarios avances científicos del siglo pasado, especialmente la creación de la teoría cuántica y de la relatividad general, ahora es posible hacer estimaciones grosso modo de cuándo, si alguna vez, podrán hacerse realidad algunas de estas fantásticas tecnologías. Con la llegada de teorías aún más avanzadas, como la teoría de cuerdas, incluso conceptos que bordean la ciencia ficción, como los viajes en el tiempo y los universos paralelos, están siendo reconsiderados por los físicos. Pensemos solo en los avances tecnológicos que hace ciento cincuenta años fueron considerados «imposibles» por los científicos de la época y que ahora forman parte de nuestra vida cotidiana. Julio Verne escribió en 1863 la novela *París en el siglo XX*, la cual quedó arrinconada y relegada al olvido durante un siglo hasta que fue accidentalmente descubierta por su bisnieto y publicada por primera vez en 1994. En ella Verne predecía cómo sería París en el año 1960. Su novela estaba llena de tecnología, que incluía faxes, una red mundial de comunicaciones, rascacielos de vidrio, automóviles impulsados por gas y trenes elevados de alta velocidad, lo que claramente se consideraba imposible en el siglo XIX.

No es sorprendente que Verne pudiera hacer predicciones tan precisas porque él estaba inmerso en el mundo de la ciencia y aprendía de las mentes de los científicos que tenía alrededor. Una profunda apreciación de los fundamentos de la ciencia es lo que le permitió hacer tan extraordinarias especulaciones.

Lamentablemente, algunos de los más grandes científicos del siglo XIX adoptaron la postura contraria y declararon que algunas tecnologías eran imposibles sin esperanza alguna. Lord Kelvin, quizá el físico más preeminente de la era

victoriana (está enterrado cerca de Newton en la abadía de Westminster), declaró que aparatos «más pesados que el aire» como los aeroplanos eran imposibles. Pensaba que los rayos X eran un fraude y que la radio no tenía futuro. Lord Rutherford, el descubridor del núcleo del átomo, descartó la posibilidad de construir una bomba atómica, diciendo que eran «pamplinas». Los químicos del siglo XIX declaraban que la búsqueda de la piedra filosofal, una sustancia fabulosa que podía convertir el plomo en oro, era científicamente una vía muerta. La química del siglo XIX se basaba en la inmutabilidad esencial de los elementos, como el plomo. Pero con los colisionadores de átomos actuales podemos, en principio, convertir átomos de plomo en oro. Pensemos en lo que hubieran parecido los fantásticos televisores, ordenadores e internet de hoy a comienzos del siglo XX.

Hasta no hace mucho, los agujeros negros se consideraban ciencia ficción. El propio Einstein escribió un artículo en 1939 que «demostraba» que nunca podrían formarse agujeros negros. Pero hoy día, el telescopio espacial Hubble y el telescopio Chandra de rayos X han revelado la existencia de miles de agujeros negros en el espacio.

La razón por la que estas tecnologías se consideraban imposibles es que en el siglo XIX y comienzos del XX no se conocían las leyes básicas de la física y la ciencia. Dadas las enormes lagunas en el conocimiento científico en esa época, especialmente en el plano atómico, no sorprende que tales avances se consideraran imposibles.

Estudiar lo imposible

Irónicamente, el riguroso estudio de lo imposible ha abierto con frecuencia nuevos dominios de la ciencia completamente inesperados. Por ejemplo, durante siglos la frustran-

te y fútil búsqueda de una «máquina de movimiento perpetuo» llevó a los físicos a concluir que dicha máquina era imposible, lo que les obligó a postular la conservación de la energía y las tres leyes de la termodinámica. De modo que esa fútil búsqueda sirvió para abrir el campo absolutamente nuevo de la termodinámica, que en parte sentó las bases de la máquina de vapor, la era de la máquina y la sociedad industrial moderna.

A finales del siglo XIX, los científicos decidieron que era «imposible» que la Tierra tuviera miles de millones de años. Lord Kelvin declaró abiertamente que una Tierra fundida tardaría de veinte a cuarenta millones de años en enfriarse, contradiciendo a los geólogos y a los biólogos darwinistas, que afirmaban que la Tierra podría tener miles de millones de años. Lo imposible se mostró finalmente posible con el descubrimiento por Marie Curie y otros investigadores de la fuerza nuclear, que mostraba cómo el centro de la Tierra, calentado por la desintegración radiactiva, podía mantenerse fundido durante miles de millones de años.

Ignoramos lo imposible aun a riesgo de nuestra propia vida. En las décadas de 1920 y 1930, Robert Goddard, el fundador de los cohetes modernos, fue blanco de duras críticas por parte de quienes pensaban que los cohetes nunca podrían llegar al espacio exterior. Sarcásticamente llamaron a su idea la «locura de Goddard». En 1921 los editores de *The New York Times* arremetieron contra el trabajo del doctor Goddard: «El profesor Goddard no conoce la relación entre acción y reacción ni la necesidad de tener algo mejor que un vacío contra el que reaccionar. Parece carecer de los conocimientos básicos que se transmiten cada día en los institutos de enseñanza media».

Los cohetes eran imposibles, clamaban los editores, porque en el espacio exterior no había aire en el que apoyarse. Lamentablemente, hubo un jefe de Estado que sí entendió las implicaciones de los cohetes «imposibles» de Goddard: era Adolf Hitler. Durante la Segunda Guerra Mun-

dial, el bombardeo alemán con cohetes V-2 increíblemente desarrollados sembró muerte y destrucción en Londres, que estuvo cerca de la rendición.

Quizá el estudio de lo imposible haya cambiado también el curso de la historia del mundo. En los años treinta era creencia generalizada, incluso por parte de Einstein, que una bomba atómica era «imposible». Los físicos sabían que había una tremenda cantidad de energía encerrada en el interior del núcleo atómico, de acuerdo con la ecuación de Einstein, $E=mc^2$, pero la energía liberada por un solo núcleo era demasiado insignificante para tenerla en consideración. Pero el físico atómico Leo Szilard recordaba haber leído la novela de H. G. Wells, *El mundo liberado*, de 1914, en la que Wells predecía el desarrollo de la bomba atómica. En el libro afirmaba que el secreto de la bomba atómica sería desvelado por un físico en 1933. Por azar, Szilard dio con este libro en 1932. Espoleado por la novela, en 1933, tal como había predicho Wells casi dos décadas antes, dio con la idea de amplificar la potencia de un único átomo mediante una reacción en cadena, de modo que la energía de la división de un solo átomo de uranio podía multiplicarse por muchos billones. Entonces Szilard emprendió una serie de experimentos clave y promovió negociaciones secretas entre Einstein y el presidente Franklin Roosevelt que llevarían al Proyecto Manhattan, que construyó la bomba atómica.

Una y otra vez vemos que el estudio de lo imposible ha abierto perspectivas completamente nuevas y ha desplazado las fronteras de la física y la química, obligando a los científicos a redefinir lo que entendían por «imposible». Como dijo en cierta ocasión sir William Osler, «las filosofías de una época se han convertido en los absurdos de la siguiente, y las locuras de ayer se han convertido en la sabiduría del mañana».

Muchos físicos suscriben la famosa sentencia de T. H. White, que escribió en *Camelot*: «¡Lo que no está prohibido

es obligatorio!». En física encontramos pruebas de ello continuamente. A menos que haya una ley de la física que impida explícitamente un nuevo fenómeno, tarde o temprano encontramos que existe. (Esto ha sucedido varias veces en la búsqueda de nuevas partículas subatómicas. Al sondear los límites de lo que está prohibido, los físicos han descubierto inesperadamente nuevas leyes de la física)^[1]. Un corolario de la afirmación de T. H. White podría ser muy bien: «¡Lo que no es imposible es obligatorio!».

Por ejemplo, el cosmólogo Stephen Hawking intentó demostrar que el viaje en el tiempo era imposible, para lo cual trató de encontrar una nueva ley física que lo prohibiera, a la que llamó la «conjetura de protección de la cronología». Desgraciadamente, tras muchos años de arduo trabajo fue incapaz de probar este principio. De hecho, los físicos han demostrado ahora que una ley que impida el viaje en el tiempo está más allá de nuestras matemáticas actuales. Hoy día, debido a que no hay ninguna ley de la física que impida la existencia de máquinas del tiempo, los físicos han tenido que tomar muy en serio tal posibilidad.

El propósito de este libro es considerar qué tecnologías hoy consideradas imposibles podrían muy bien convertirse en un tópico en décadas o siglos futuros.

Ya hay una tecnología «imposible» que ahora se está mostrando posible: la idea de teletransporte (al menos en el plano atómico). Hace tan solo algunos años los físicos habrían dicho que enviar o emitir un objeto de un punto a otro violaba las leyes de la física cuántica. De hecho, los guionistas de la serie de televisión *Star Trek* estaban tan contrariados por las críticas de los físicos que añadieron «compensadores de Heisenberg» para explicar sus teletransportadores y reparar este fallo. Hoy día, gracias a avances fundamentales, los físicos pueden teletransportar átomos a través de una habitación o fotones bajo el río Danubio.

Predecir el futuro

Siempre es peligroso hacer predicciones, especialmente sobre lo que pasará dentro de siglos o milenios. Al físico Niels Bohr le gustaba decir: «Predecir es muy difícil. Especialmente, predecir el futuro». Pero hay una diferencia fundamental entre la época de Julio Verne y la actual. Hoy se conocen básicamente las leyes fundamentales de la física. Los físicos actuales comprenden las leyes básicas que cubren un extraordinario dominio de cuarenta y tres órdenes de magnitud, desde el interior del protón al universo en expansión. Como resultado, los físicos pueden afirmar, con razonable confianza, cuáles podrían ser las líneas generales de la tecnología futura, y distinguir mejor entre las tecnologías que son simplemente improbables de las que son verdaderamente imposibles.

Por ello, en este libro divido las cosas que son «imposibles» en tres categorías.

La primera es la que llamo «imposibilidades de clase I». Son tecnologías que hoy son imposibles pero que no violan las leyes de la física conocidas. Por ello, podrían ser posibles en este siglo, o en el próximo, de forma modificada. Incluyen el teletransporte, los motores de antimateria, ciertas formas de telepatía, la psicoquinesia y la invisibilidad.

La segunda categoría es la que llamo «imposibilidades de clase II». Son tecnologías situadas en el límite de nuestra comprensión del mundo físico. Si son posibles, podrían hacerse realidad en una escala de tiempo de miles a millones de años en el futuro. Incluyen las máquinas del tiempo, la posibilidad del viaje en el hiperespacio y el viaje a través de agujeros de gusano.

La última categoría es la que llamo «imposibilidades de clase III». Son tecnologías que violan las leyes de la física conocidas. Lo sorprendente es que no hay muchas de tales tecnologías imposibles. Si resultaran ser posibles, represen-

tarían un cambio fundamental en nuestra comprensión de la física.

Pienso que esta clasificación es significativa, porque hay muchas tecnologías en la ciencia ficción que son despachadas por los físicos como totalmente imposibles, cuando lo que realmente quieren decir es que son imposibles para una civilización primitiva como la nuestra. Las visitas de alienígenas, por ejemplo, se consideran habitualmente imposibles porque las distancias entre las estrellas son inmensas. Aunque el viaje interestelar es claramente imposible para nuestra civilización, puede ser posible para una civilización que esté cientos, o miles, o millones de años por delante de nosotros. Por ello es importante clasificar tales «imposibilidades». Tecnologías que son imposibles para nuestra civilización actual no son necesariamente imposibles para civilizaciones de otro tipo. Las afirmaciones sobre lo que es posible o imposible tienen que tener en cuenta las tecnologías que nos llevan miles o millones de años de adelanto.

Carl Sagan escribió: «¿Qué significa para una civilización tener un millón de años? Tenemos radiotelescopios y naves espaciales desde hace unas pocas décadas; nuestra civilización técnica tiene solo unos pocos cientos de años... una civilización avanzada de millones de años de edad está mucho más allá de nosotros que nosotros lo estamos de un lémur o de un macaco».

En mi investigación profesional me centro en tratar de completar el sueño de Einstein de una «teoría del todo». Personalmente encuentro muy estimulante trabajar en una «teoría final» que pueda responder definitivamente a algunas de las más difíciles preguntas «imposibles» en la ciencia actual, como si es posible el viaje en el tiempo, qué hay en el centro de un agujero negro o qué sucedió antes del big bang. Sigo soñando despierto sobre mi duradera relación amorosa con lo imposible, y me pregunto si, y cuándo, alguna de estas imposibilidades podría entrar en el ámbito de lo cotidiano.

Agradecimientos

La materia de este libro abarca muchos campos y disciplinas, y recoge el trabajo de numerosos científicos excepcionales. Quiero expresar mi agradecimiento a las personas siguientes, que gentilmente me brindaron su tiempo en largas entrevistas, consultas e interesantes e inspiradoras conversaciones.

- Leon Lederman, premio Nobel, Instituto de Tecnología de Illinois
- Murray Gell-Mann, premio Nobel, Instituto de Santa Fe y Caltech
- El fallecido Henry Kendall, premio Nobel, MIT
- Steven Weinberg, premio Nobel, Universidad de Texas en Austin
- David Gross, premio Nobel, Instituto Kavli para Física Teórica
- Frank Wilczek, premio Nobel, MIT
- Joseph Rotblat, premio Nobel, St. Bartholomew's Hospital
- Walter Gilbert, premio Nobel, Universidad de Harvard
- Gerald Edelman, premio Nobel, Instituto de Investigaciones Scripps
- Peter Doherty, premio Nobel, St. Jude Children's Research Hospital
- Jared Diamond, premio Pulitzer, UCLA
- Stan Lee, creador de Marvel Comics y Spiderman