

Los límites de la realidad

Sobre mundos paralelos

Si, cuando era niño, sólo hubiera tenido un espejo en mi habitación, quizá mis fantasías infantiles habrían sido muy diferentes. Pero tenía dos. Y cuando cada mañana abría el armario para sacar mi ropa, el espejo que había en la puerta quedaba frente al de la pared, y cualquier cosa que hubiera entre ellos se repetía en una cadena de reflejos interminable. Era hipnotizador. Yo me extasiaba viendo cómo una imagen tras otra poblaban los planos de cristal paralelos y se extendían hasta donde la vista podía alcanzar. Todos los reflejos parecían moverse al unísono, aunque yo sabía que eso era una simple limitación de la percepción humana, pues para entonces ya había aprendido que la velocidad de la luz era finita. Lo que en mi imaginación estaba observando eran los viajes de ida y vuelta de la luz. Veía mi cogote, el movimiento de mi brazo silenciosamente reflejado entre los espejos, y cada imagen repetida empujando a la siguiente. A veces imaginaba a un yo rebelde en la hilera que se negaba a estar en su lugar, rompiendo la progresión y creando una nueva realidad que se transmitía a los que le seguían. A veces, durante los períodos de descanso en la escuela, pensaba que la luz que yo había emitido esa mañana todavía estaría rebotando incesantemente entre los espejos, y me sumaba como uno más de mis yos reflejados, entrando en un mundo paralelo imaginario construido de luz y dirigido por la fantasía.

Por supuesto, las imágenes reflejadas no tienen una mente propia. Pero estas fantasías juveniles, con sus realidades paralelas imagina-

das, resuenan como un tema cada vez más importante en la ciencia moderna: la posibilidad de mundos más allá del que conocemos. Este libro es una exploración de tales posibilidades, un viaje a través de la ciencia de los universos paralelos.

Universo y universos

Hubo un tiempo en que «universo» significaba «todo lo que hay». Todas las cosas. La idea de más de un universo, más de un todo, parecía una contradicción en los términos. Pero una serie de desarrollos teóricos ha matizado poco a poco la interpretación de «universo». El significado del término depende ahora del contexto. A veces «universo» sigue significando todo absolutamente. Otras veces se refiere sólo a aquellas partes del todo a las que alguien como usted o como yo podría tener acceso en principio. A veces se aplica a dominios separados, dominios que en parte o completamente, temporal o permanentemente, nos son inaccesibles; en este sentido, el término relega nuestro universo a ser un miembro de un conjunto grande, quizá infinitamente grande.

Reducida su hegemonía, «universo» ha dado paso a otros términos que recogen el lienzo más amplio en el que puede pintarse la totalidad de la realidad. *Mundos paralelos* o *universos paralelos* o *universos múltiples* o *universos alternativos* o el *metaverso*, *megaverso* o *multiverso* —todos éstos son términos sinónimos y todos están entre los utilizados para abarcar no sólo nuestro universo, sino un espectro de otros universos que quizá estén ahí—.

Pero usted advertirá que los términos son algo vagos. ¿Qué es exactamente lo que constituye un mundo o un universo? ¿Qué criterios distinguen dominios que son partes distintas de un único universo de aquellos dominios clasificados como universos por sí mismos? Quizá algún día nuestra comprensión de los universos múltiples esté suficientemente madura para que tengamos respuestas precisas a estas preguntas. Por el momento evitaremos luchar con definiciones abstractas y adoptaremos el famoso enfoque que aplicaba el juez Potter Stewart para definir la pornografía. Mientras la Corte Suprema de

Estados Unidos se esforzaba por establecer una definición, Stewart declaró: «Lo sé cuando la veo».

A fin de cuentas, llamar universo paralelo a un dominio u otro es simplemente una cuestión de lenguaje. Lo que importa, lo que está en el corazón del tema, es si existen dominios que desafían la convención al sugerir que lo que hasta ahora pensábamos que es el universo es tan sólo un componente de una realidad mucho mayor, quizá mucho más extraña y, en su mayor parte, oculta.

Variedades de universos paralelos

Un hecho sorprendente (que es, en parte, lo que me impulsó a escribir este libro) es que muchos de los desarrollos importantes en la física teórica fundamental —física relativista, física cuántica, física cosmológica, física unificada, física computacional— nos han llevado a considerar una u otra variedad de universos paralelos. De hecho, los capítulos que siguen trazan un arco narrativo a través de nueve variaciones sobre el tema del multiverso. Cada una concibe nuestro universo como parte de un todo inesperadamente más grande, pero la complejidad de este todo y la naturaleza de los universos miembros difieren marcadamente de una a otra. En algunas, los universos paralelos están separados de nosotros por enormes extensiones de espacio o de tiempo; en otras, se ciernen a pocos milímetros; y en otras, la propia noción de su localización se muestra pueblerina, carente de significado. Una gama de posibilidades similar se manifiesta en las leyes que gobiernan los universos paralelos. En algunos, las leyes son las mismas que en el nuestro; en otros parecen diferentes, pero tienen una herencia compartida; y en otros, las leyes tienen una forma y una estructura diferente de cualquier cosa que hayamos encontrado nunca. Es una cura de humildad, y también excitante, imaginar cuán extensa puede ser la realidad.

Algunas de las primeras incursiones científicas en los mundos paralelos fueron iniciadas en los años cincuenta del siglo pasado por investigadores intrigados por algunos aspectos de la mecánica cuántica, una teoría desarrollada para explicar fenómenos que tienen lugar

en el dominio microscópico de átomos y partículas subatómicas. La mecánica cuántica rompió el molde del marco anterior, la mecánica clásica, al establecer que las predicciones de la ciencia son necesariamente probabilistas. Podemos predecir las probabilidades de obtener un resultado, podemos predecir las probabilidades de otro, pero en general no podemos predecir lo que sucederá realmente. Esta bien conocida desviación respecto a cientos de años de pensamiento científico ya es bastante sorprendente. Pero hay un aspecto más controvertido de la teoría cuántica que recibe menos atención. Tras décadas de estudio riguroso de la mecánica cuántica, y tras haber acumulado una gran riqueza de datos que confirman sus predicciones probabilísticas, nadie ha sido capaz de explicar por qué sólo uno de los muchos resultados posibles en una situación dada sucede realmente. Cuando hacemos experimentos, cuando examinamos el mundo, todos estamos de acuerdo en que encontramos una única realidad definida. Pero más de un siglo después del inicio de la revolución cuántica, no hay consenso entre los físicos respecto a cómo se puede hacer compatible este hecho con la expresión matemática de la teoría.

Durante años, esta laguna sustancial en el conocimiento ha inspirado muchas propuestas creativas, pero la más sorprendente fue una de las primeras. Quizá, decía esta temprana sugerencia, la idea familiar de que cualquier experimento dado tiene un resultado, y sólo uno, es falsa. Las matemáticas que subyacen a la mecánica cuántica —o al menos, una perspectiva sobre las matemáticas— sugiere que suceden *todos* los resultados posibles, y cada uno de ellos habita en su propio universo separado. Si un cálculo cuántico predice que una partícula podría estar aquí, o podría estar allí, entonces en un universo está aquí y en otro universo está allí. Y en cada uno de estos universos hay una copia de usted siendo testigo de uno o del otro resultado, una copia que piensa —incorrectamente— que su realidad es la única realidad. Cuando usted se da cuenta de que la mecánica cuántica subyace en todos los procesos físicos, desde la fusión de átomos en el Sol hasta los disparos neuronales que constituyen la materia del pensamiento, se hacen evidentes las trascendentales implicaciones de la propuesta. Dice que no hay caminos que no son recorridos. Pero cada uno de estos caminos —cada realidad— está oculto para todos los demás.

Esta sugerente aproximación de los *muchos mundos* a la mecánica cuántica ha atraído mucho interés en décadas recientes. Pero las investigaciones han mostrado que es un marco sutil y espinoso (como discutiremos en el capítulo 8); de modo que, incluso hoy, tras más de medio siglo de examen exhaustivo, la propuesta sigue siendo controvertida. Algunos usuarios de la mecánica cuántica afirman que ya se ha probado correcta, mientras que otros afirman con la misma convicción que los cimientos matemáticos no se sostienen.

A pesar de esta incertidumbre científica, esta temprana versión de los universos paralelos resonaba con los temas de países remotos o historias alternativas que estaban siendo explorados en la literatura, la televisión y el cine, incursiones creativas que continúan hoy. (Mis favoritas desde mi infancia incluyen *El mago de Oz*, *¡Qué bello es vivir!*, el episodio de *Star Trek* «La ciudad al borde de la eternidad», el cuento de Borges «El jardín de los senderos que se bifurcan», y, más recientemente, *Dos vidas en un instante* y *Corre, Lola, corre*.) En conjunto, estas y muchas otras obras de la cultura popular han ayudado a integrar el concepto de realidades paralelas en la mentalidad de nuestro tiempo y son responsables de haber alimentado mucha fascinación pública por el tema. Pero la mecánica cuántica es sólo una de las muchas maneras en que una concepción de los universos paralelos emerge de la física moderna. De hecho, no será la primera que voy a discutir.

En el capítulo 2 empezaré por una ruta diferente hacia los universos paralelos, quizá la más simple. Veremos que si el espacio se extiende indefinidamente —una proposición que es compatible con todas las observaciones y que es parte del modelo cosmológico preferido por muchos físicos y astrónomos—, entonces debe de haber dominios allá fuera (probablemente *muy* allá) donde copias de usted y de mí y de todo lo demás disfrutan de versiones alternativas de la realidad que experimentamos aquí. El capítulo 3 profundizará más en la cosmología: la teoría inflacionaria, una aproximación que postula un enorme estallido de expansión espacial superrápida en los primeros momentos del universo, genera su propia versión de mundos paralelos. Si la inflación es correcta, como sugieren las más refinadas observaciones astronómicas, el estallido que creó nuestra región de espacio

quizá no haya sido único. En su lugar, podría darse el caso de que, precisamente ahora, la expansión inflacionaria en dominios lejanos esté generando un universo tras otro, y quizá continúe haciéndolo por toda la eternidad. Y lo que es más, cada uno de estos universos en rápido aumento tiene su propia extensión espacial infinita, y con ello contiene un número infinito de los mundos paralelos que hemos encontrado en el capítulo 2.

En el capítulo 4 nuestra andadura se dirige hacia la teoría de cuerdas. Tras un breve repaso de las ideas básicas, presentaré el estado actual de esta aproximación que trata de unificar todas las leyes de la naturaleza. Con esta visión general, en los capítulos 5 y 6 exploraremos los desarrollos recientes en teoría de cuerdas que sugieren tres nuevos tipos de universos paralelos. Uno es el escenario *mundobrana* de la teoría de cuerdas, que propone que nuestro universo es una de las potencialmente numerosas «láminas» que flotan en un espacio de más altas dimensiones, parecida a una rebanada de pan dentro de una barra cósmica más grande.¹ Si tenemos suerte, es una aproximación que puede dejar una señal inequívoca en el Gran Colisionador de Hadrones en Ginebra, Suiza, en un futuro no muy lejano. Una segunda variedad surge de mundobranas que chocan entre sí, y al hacerlo destruyen todo lo que contienen e inician un nuevo y violento comienzo de tipo big bang en cada uno de ellos. Como si dos manos gigantes estuvieran chocando las palmas, esto podría suceder una y otra vez: las branas podrían colisionar, rebotar y separarse, atraerse mutuamente por gravitación y volver a colisionar, un proceso cíclico que genera universos que son paralelos no en el espacio sino en el tiempo. El tercer escenario es el «paisaje» de la teoría de cuerdas, basado en el enorme número de formas y tamaños posibles para las dimensiones espaciales extra que requiere la teoría. Veremos que cuando se combina con el multiverso inflacionario, el paisaje de cuerdas sugiere una inmensa colección de universos en la que se realiza cada forma posible para las dimensiones extra.

En el capítulo 6 mostraremos cómo estas consideraciones iluminan uno de los más sorprendentes resultados observacionales del último siglo: el espacio parece estar lleno de una energía uniforme difusa, que bien podría ser una versión de la famosa y debatida constante

cosmológica de Einstein. Esta observación ha inspirado buena parte de la reciente investigación en universos paralelos, y es responsable de uno de los más acalorados debates que han tenido lugar en décadas sobre la naturaleza de las explicaciones científicas aceptables. El capítulo 7 amplía este tema preguntando, con más generalidad, si la consideración de universos más allá del nuestro puede ser entendida correctamente como una rama de la ciencia. ¿Podemos poner a prueba estas ideas? Si las invocamos para resolver problemas excepcionales, ¿hemos hecho avances, o simplemente hemos barrido los problemas bajo una alfombra cósmica convenientemente inaccesible? Yo he tratado de exponer las ideas esenciales de las perspectivas en conflicto, aunque dejo clara mi propia opinión según la cual, en ciertas condiciones específicas, los universos paralelos caen inequívocamente dentro del ámbito de la ciencia.

La mecánica cuántica, con su versión muchos mundos de los universos paralelos, es el tema del capítulo 8. Le recordaré brevemente las características esenciales de la mecánica cuántica para centrarme luego en su problema más formidable: cómo extraer resultados definidos de una teoría cuyo paradigma básico admite que realidades mutuamente contradictorias coexistan en una bruma probabilista amorfa pero matemáticamente precisa. Le llevaré con cuidado a través del razonamiento que, en búsqueda de una respuesta, propone anclar la realidad cuántica en su propia profusión de mundos paralelos.

El capítulo 9 nos lleva aún más lejos en la realidad cuántica, lo que conduce a lo que yo considero la versión más extraña de todas las propuestas de universos paralelos. Es una propuesta que surgió poco a poco durante treinta años de estudios teóricos sobre las propiedades cuánticas de los agujeros negros. El trabajo culminó en la pasada década con un sorprendente resultado de la teoría de cuerdas, y sugiere, curiosamente, que todo lo que experimentamos no es otra cosa que una proyección holográfica de procesos que tienen lugar en alguna superficie lejana que nos rodea. Usted puede pellizcarse, y lo que sienta será real, pero refleja un proceso paralelo que tiene lugar en una realidad distante y diferente.

Finalmente, en el capítulo 10 será protagonista la todavía más fantástica posibilidad de universos artificiales. La cuestión de si las leyes

de la física nos dan la capacidad de crear nuevos universos será nuestro primer punto de interés. Luego nos dirigiremos a universos creados no con *hardware* sino con *software* —universos que podrían simularse en un computador superavanzado—, e investigaremos si podemos confiar en que no estamos viviendo ahora en la simulación de alguien o de algo. Esto nos llevará a la propuesta más libre de universo paralelo, que tiene su origen en la comunidad filosófica: que todo universo posible se realiza en algún lugar en lo que es ciertamente el más grande de todos los multiversos. La discusión se desarrolla de forma natural como una indagación sobre el papel que tienen las matemáticas en desvelar los misterios de la ciencia y, en definitiva, nuestra capacidad, o falta de ella, para obtener un conocimiento cada vez más profundo de la realidad.

El orden cósmico

El tema de los universos paralelos es muy especulativo. Ningún experimento u observación ha establecido que alguna versión de la idea tenga su realización en la naturaleza. Por ello, mi objetivo al escribir este libro no es convencerle de que somos parte de un multiverso. Yo no estoy convencido —y, hablando en general, nadie debería estarlo— de algo que no esté apoyado por los datos puros y duros. Dicho esto, encuentro a la vez curioso e irresistible el hecho de que numerosos desarrollos en física, si se llevan suficientemente lejos, chocan con alguna variación sobre el tema del universo paralelo. No es que los físicos estén listos, con las redes del multiverso en sus manos, esperando atrapar cualquier teoría circunstancial que pudiera introducirse, por difícil que pueda ser, en un paradigma de universos paralelos. Más bien, todas las propuestas de universos paralelos que tomaremos en serio surgen espontáneamente de las matemáticas de teorías desarrolladas para explicar datos y observaciones convencionales.

Así pues, mi intención es exponer de forma clara y concisa los pasos intelectuales y la cadena de ideas teóricas que han llevado a los físicos, desde diversas perspectivas, a considerar la posibilidad de que el nuestro sea uno de muchos universos. Quiero darle una idea de

cómo las modernas investigaciones científicas —no fantasías desbocadas como las elucubraciones catóptricas de mi infancia— sugieren de forma natural esta asombrosa posibilidad. Quiero mostrarle cómo ciertas observaciones, por lo demás controvertidas, pueden hacerse fundamentalmente comprensibles dentro de uno u otro marco de universos paralelos; al mismo tiempo, describiré las cuestiones críticas no resueltas que han impedido, de momento, que este enfoque explicatorio esté plenamente realizado. Mi objetivo es que cuando usted deje este libro, su idea de lo que podría existir —su perspectiva de cómo las fronteras de la realidad pueden un día ser retrazadas por desarrollos científicos ahora en curso— será más rica y vívida.

Algunas personas retroceden ante la idea de mundos paralelos; tal como ellos lo ven, si somos parte de un multiverso, nuestro lugar e importancia en el cosmos son marginales. Mi postura es otra. Yo no creo que nuestra abundancia relativa sea un mérito para medir nuestra importancia. Más bien, lo que resulta gratificante en ser humano, lo que es excitante en ser parte de la empresa científica, es nuestra capacidad para utilizar el pensamiento analítico para salvar grandes distancias, viajando al espacio exterior e interior y, si alguna de las ideas que encontraremos en este libro se muestran correctas, quizá incluso más allá de nuestro universo. Para mí, es la profundidad de nuestro conocimiento, adquirido desde nuestra posición solitaria en el oscuro silencio de un cosmos frío y hostil, la que reverbera a lo largo de la extensión de la realidad y marca nuestra llegada.

