

Desenredando las (teorías de) cuerdas

Saúl Ramos-Sánchez

Investigador del Instituto de Física, UNAM

Los orígenes

Hace casi cuatro siglos, la teoría de la gravedad de Newton revolucionó nuestra comprensión de la naturaleza. Newton encontró una forma de describir exactamente la razón por la que todos los objetos sienten una inconfundible atracción hacia la Tierra. Nuestro planeta jala a todas las cosas y seres que habitan en él con una fuerza específica, por el hecho de ser mucho más grande (y masivo). Su idea, aunque sencilla en apariencia, tiene profundas consecuencias. Con su teoría, Newton explicó también que la atracción que la Tierra ejerce sobre una manzana para hacerla caer es la misma que provoca que los planetas giren alrededor del Sol y la Luna alrededor de nuestro planeta, y es el motivo de las mareas y de la existencia de las galaxias. De un solo golpe, Newton unificó las leyes terrestres con las del cosmos, el cielo con la Tierra. Hoy parece un logro pequeño, pero era la primera vez en la historia de la humanidad que alguien concluía que dos fenómenos, aparentemente muy distintos, tienen un único origen. Newton, uno de los padres de la Física como la conocemos, hizo así la primera contribución a la comprensión unificada del universo. Pero no sería la última.

Hace poco más de un siglo se reconoció con gran sorpresa que el magnetismo y la electricidad son fundamentalmente distintas manifestaciones de una sola entidad de la naturaleza. Grandes pensadores tales como André-Marie Ampère, Michael Faraday y James Clerk Maxwell llegaron a la sorprendente conclusión de que las cargas eléctricas crean algo que rellena todo el espacio y que permite que éstas se perciban mutuamente a grandes distancias. Esa “sustancia” especial fue bautizada campo eléctrico. Similarmente, los polos de un imán extienden un campo magnético por todo el universo. Más sorprendente aún fue hallar que las cargas eléctricas en movimiento, o sea las corrientes, son capaces de crear magnetos. Por eso, para evitar que la fuerza de atracción magnética provoque incidentes, los cables eléctricos que penden de los postes están separados por una distancia específica. La única explicación de esta observación es que los dos tipos de campo provienen de una mezcla llamada campo electromagnético. Poco después se comprobó no con menor entusiasmo que la luz es una onda electromagnética comunicada a través de ese campo, y que, por ejemplo, las ondas de radio no son sino luz que nuestros ojos no pueden ver.

Para finales del siglo XIX, se creía que la teoría de la gravedad y la del electromagnetismo contenían todo el conocimiento necesario para entender completamente los detalles de todo lo que nos rodea. Ante la fascinante tendencia de la naturaleza de regirse con el menor número de reglas, una pregunta aparecía en la mente de algunos curiosos: ¿sería posible comprobar que estas dos fuerzas fundamentales, la gravedad y el electromagnetismo, son parte de una fuerza madre única y más grande?

Albert Einstein, el científico más grande del siglo pasado, mientras trabajaba en una humilde oficina de patentes, nos reveló aún más secretos. Supuso que la luz es una sustancia muy especial que prefiere viajar siempre a una misma velocidad finita. Einstein notó que esta simple suposición tiene un impacto profundo en las reglas de la física. En particular, gracias a esta idea sabemos que el espacio y el tiempo se combinan indistinguiblemente cuando un objeto o una onda viaja a velocidades tan altas como la de la luz, velocidad que nada puede rebasar. En otras palabras, a velocidades muy altas, la naturaleza no puede distinguir entre espacio y tiempo. Para entonces, Einstein no tenía en mente la unificación de las fuerzas fundamentales, pero había descubierto la unidad del “cuándo” y el “dónde” en una entidad llamada espacio-tiempo. Einstein fue más lejos aún: él supo ver que el campo gravitacional generado por cualquier objeto con peso se distribuye por todos los puntos de ese espacio-tiempo, es decir, hacia todas partes y hacia cualquier momento en el tiempo.

Retos del siglo XX

Todo parecía más claro que antes, pero aún quedaban misterios sin resolver. Era inexplicable que los metales produjeran descargas eléctricas al iluminarlos con luz de cierto color. Este fenómeno conocido hoy como efecto fotoeléctrico fue descrito por Einstein basándose en la idea de Max Planck de que la energía se almacena en

pequeños paquetitos energéticos llamados cuantos. Einstein supuso entonces que la luz podía partirse en esos paquetitos y que la energía de cada cuanto dependía del color de la luz. Estos cuantos de luz o fotones pueden ser tan energéticos, dependiendo del color de la luz, que son capaces de liberar a los electrones (partículas con carga eléctrica negativa) que están atados en los átomos de los metales, produciendo corrientes. Hasta entonces, la luz había sido comprendida como una onda viajando en el campo electromagnético de Maxwell, no como una partícula. Sin embargo, la elegante descripción de Einstein del efecto fotoeléctrico no dejaba dudas: la luz estaba compuesta por partículas, similares a los electrones, aunque, simultáneamente, viajaba como onda. Dos conceptos tan lejanos, partícula y onda, fueron así unificados. Esta es una de las importantes contribuciones que dieron luz a la mecánica cuántica.

Otro reto para los científicos del siglo XX era el origen de la energía del Sol. Si la luz del astro rey surgiera de la quema de un combustible común, como aceite, carbón o gasolina, su vida hubiera sido muy corta y, por supuesto, nosotros no existiríamos. La explicación de este fenómeno tan grande condujo a los investigadores por el camino de lo más pequeño, por el sendero de los constituyentes primarios de todo lo que nos rodea. En la travesía, la mecánica cuántica nació mostrando que lo que ocurre en ese minúsculo universo no siempre coincide con lo que la intuición sugiere, es decir, que el tamaño sí importa. La más útil herramienta de un físico, su intuición, el sentido común, necesitó revolucionarse para poder entender que la energía se divide en paquetitos, para entender que las partículas no son “pelotitas” sino algo más complejo que a veces se ve como onda, para entender que un electrón, como una ola en el agua, puede extender su presencia a través del enorme océano que forma nuestro universo. Comprender al Sol requirió más de 20 años de mecánica cuántica y resolver el rompecabezas de dos fenómenos del universo microscópico: el decaimiento beta y la existencia de la antimateria (explicaremos estos fenómenos a continuación).

Antes incluso de que Einstein se hiciera presente, ya se había notado que algo insospechado ocurría en el interior de los átomos. Algunos de ellos se transformaban en otros muy distintos disparando electrones con velocidades muy variadas. Esa emisión fue bautizada como radiación beta, el primer tipo de radiación descubierto. Tras entender que el átomo tenía un núcleo, se notó que la radiación beta provenía de éste, lo cual era muy extraño dado que los núcleos están compuestos de partículas casi 2000 veces más pesadas que el electrón llamadas protones (con carga eléctrica positiva) y neutrones (sin carga eléctrica). Se encontró que el origen de la radiación es que un neutrón sin carga se puede dividir espontáneamente en tres trozos: un protón cargado positivamente, un electrón con carga negativa, y una partícula ligerísima y sin carga que Enrico Fermi terminó llamando neutrino. Sin embargo, se sabía que el neutrón no estaba compuesto de las partículas emergentes. De esta forma se descubría una transformación entre partículas jamás imaginada: el decaimiento beta. Era un indicio de que, en el fondo, el neutrón y el protón son hermanos de una misma familia. Sin embargo, por sí mismo, el decaimiento beta no explicaba por qué el Sol nos sigue iluminando.

En 1928, Paul Dirac concibió la idea de que, para entender mejor a los electrones (o sea, la radiación beta), era necesario unificar las dos ideas entonces novedosas, la mecánica cuántica y la relatividad de Einstein. Curiosamente, al hacerlo, se encontró que debería existir una sustancia que a los fanáticos de la ciencia ficción les hace lamerse los labios: la antimateria. Dirac predijo que los electrones tenían unos rivales llamados positrones, con idénticas características, salvo por la carga eléctrica opuesta. El positrón es la antipartícula del electrón. Un positrón tiene carga eléctrica positiva que puede neutralizar la carga negativa del electrón. Aunque no son archirrivales, si éstas dos partículas se encuentran juntas en el universo, se aniquilan y se transforman en luz, en fotones, en energía. Esta era una potencial fuente de energía para nuestra estrella, pero la cuestión es ¿de dónde surgen tantos positrones y electrones para producir calor y luz durante 5000 millones de años? La respuesta estaba ya escrita. Si un neutrón emite electrones al transformarse en protón, un protón inmerso en una masa tan caliente como el Sol puede producir un positrón al transformarse en neutrón. El hidrógeno del que están compuestas todas las estrellas es una enorme fuente de protones dispuestos a transformarse en neutrones y positrones. Esto sería el inicio de una poderosa cadena energética llamada fusión nuclear, en la que el protón y el recién creado neutrón se funden añadiendo más energía a la de la aniquilación de la antimateria. Energía limpia y duradera como la que permite la vida en nuestro planeta. Más de 20 años costó entender que la unificación de la relatividad de Einstein con la mecánica cuántica era la clave para explicar uno de los misterios más antiguos de la humanidad: el Sol.

Pero el viaje por el camino del descubrimiento de las reglas fundamentales que rigen al universo no terminó ahí. El decaimiento beta, esa curiosa transformación de partículas tan distintas (neutrones y protones) aún era un misterio.

Resolverlo debía estar vinculado a la partitura maestra de la sinfonía universal de la física. Muchos experimentos mostraban que había un zoológico de otras partículas diminutas y que las transformaciones entre ellas en un lugar tan poblado eran inevitables. La sorpresa era que muchas parecían no ser simples intercambios de cargas, como las predichas en el electromagnetismo. Como en el decaimiento beta, unas particulitas sin carga se desintegraban dando lugar a pedazos de materia con carga. Era extraño porque estos pedacitos no estaban contenidos en la partícula original. Era como si, al arrojar un pastel a la cara de un bufón, el pastel se convirtiera en confeti y caramelos. Era magia. Por otra parte, los núcleos no parecían estar de acuerdo con el electromagnetismo tampoco, ya que, considerando la clásica ley de que las cargas iguales se repelen, no tenía sentido que los protones se quedaran amarrados en un núcleo unas mil millones de veces más pequeño que una bacteria. Era como si un castillo de naipes no se cayera ni a martillazos. Magia. La magia nuclear ponía en evidencia que la naturaleza escondía en los núcleos atómicos fuerzas hasta entonces desconocidas.

Poco a poco, fue más claro que la fuerza responsable del decaimiento de algunas partículas era muy distinta de la fuerza que mantiene al núcleo unido. La fuerza destructora es llamada fuerza nuclear débil. Esta fuerza es sentida por todas las partículas que constituyen la materia (y la antimateria), es decir, todas ellas tienen una especie de “carga débil”. En el electromagnetismo, todas las partículas con carga eléctrica son capaces de atraerse o repelerse. Las interacciones débiles son más drásticas. Una partícula con carga débil es capaz de tragarse a otra y emitir a una tercera completamente distinta. Por ejemplo, otra reacción que puede ocurrir en el Sol es parecida a la de aniquilación entre materia y antimateria: un neutrón distraído choca contra un protón dejando en su lugar, no un rayo de luz, sino un positrón y un neutrino con velocidades gigantescas. Estas conversiones poco convencionales son las que provocan la radiactividad, la larga vida del Sol, las bombas atómicas y algunos tratamientos modernos contra el cáncer. Una pregunta normal es ¿por qué no nos desintegramos espontáneamente si toda la materia puede sufrir semejantes cambios? La respuesta está oculta en la palabra “débil”. Como comparación, un solo aficionado al fútbol no puede voltear un auto o destruir un estadio cuando su equipo favorito pierde, pero la situación cambia cuando son muchos los aficionados decepcionados. La fuerza de una sola persona no es suficiente para producir efectos drásticos, su fuerza es débil. Lo mismo ocurre con la fuerza nuclear débil: para producir una sola colisión entre protones y neutrones que origine un positrón se requiere de muchísimas partículas intentando hacerlo simultáneamente. En cambio, basta una sola partícula con carga eléctrica para comenzar a producir efectos notorios. Otra analogía es entre personas sociables y tímidas. En una fiesta, muy probablemente a alguien tímido le será muy difícil invitar a bailar a otra persona, mientras que alguien sociable encontrará múltiples parejas de inmediato. La fuerza débil es tímida y, por tanto, las interacciones son poco frecuentes.

Una fuerza mucho más “sociable” es la conocida como fuerza nuclear fuerte. Así como hay partículas con carga débil y electromagnética, hay otras que además tienen carga fuerte. Una partícula con carga fuerte es algo así como un político en plena campaña, un acosador o un niño malcriado: no es posible escapar de él y, una vez que nos atrapa, nos ignora. La fuerza fuerte es muy similar. Casi 30 años después de haber entendido las interacciones débiles, se comprendió que los protones y neutrones (así como muchas otras partículas en el gran zoológico de lo diminuto) estaban constituidas de otras entidades aún más pequeñas: los quarks. Los quarks, que poseen carga fuerte, siempre vienen en pequeños grupos imposibles de dividir. La atracción entre ellos es tan grande, que incluso pueden atraer a quarks que “habitan” en el interior de otra partícula. Es así como un protón es capaz de atraer a otro a pesar de la repulsión electromagnética. Es así como se sostiene la cohesión de los núcleos. Curiosamente, como si fuera un clan de la mafia, los quarks atrapados dentro de un protón o neutrón pueden moverse ahí adentro con total libertad, como si no hubiera fuerza fuerte, como si no vivieran en el clan. Pero escapar es imposible. La atracción de la fuerza fuerte es 100 veces más poderosa que la repulsión electromagnética y billones de veces más potente que la fuerza débil.

Una incógnita adicional que debieron resolver los científicos del siglo pasado tenía qué ver con el alcance de las fuerzas fundamentales. Mientras que la gravedad y el electromagnetismo tienen un alcance infinito, es decir, un objeto pesado o con carga eléctrica puede sentir la atracción de otro muy distante, las transformaciones entre partículas con carga débil y la fuerza de amarre entre los protones del núcleo atómico sólo ocurren a distancias nucleares. ¿Por qué? La respuesta fue poco trivial. Resulta que todas las interacciones (atracción o repulsión electromagnética, transformaciones de partículas con carga débil, atracciones fuertes o gravitacionales) ocurren sólo gracias al intercambio de otras partículas mensajeras. Por ejemplo, cuando dos electrones se repelen, perciben la existencia del otro gracias a que uno de ellos emite una partícula mensajera que es recibida e interpretada por el otro.

Por ponerlo de alguna manera, es como la comunicación mediante palomas. Consideremos dos personas que viven en países distintos. Es muy probable que, presumiendo que no haya obstáculos infranqueables tales como un océano, una paloma ligera siempre llegará a su destino. Sin embargo, una paloma un tanto sobrealimentada seguramente tendrá dificultades para concluir largos vuelos y, con frecuencia, no logrará llevar los mensajes al destinatario. Similarmente, las interacciones electromagnéticas tienen un enorme alcance porque las partículas mediadoras son precisamente los fotones que no poseen peso. De igual forma, la atracción gravitacional debe ser comunicada por una partícula sin peso llamada gravitón. Los mensajeros de las interacciones fuertes son los gluones que, a pesar de no tener peso, como una paloma atada a su amo por un resorte, no pueden alejarse mucho más de una billonésima de centímetro de un gluón debido al enorme poder de la atracción fuerte. Pero los mensajeros de las interacciones débiles son distintos: son muy pesados. Esta es la razón por la que el territorio normal de las interacciones débiles es el núcleo. Todas estas partículas mediadoras, salvo el gravitón, han sido detectadas en experimentos.

El panorama estaba finalmente claro. Existen cuatro fuerzas fundamentales que influyen en la construcción microscópica de nuestro universo. La gravedad -que en la práctica no afecta a las partículas-, la fuerza electromagnética, la fuerza débil y la fuerza fuerte. Además, se descubrieron los tabiques fundamentales de los que está hecho todo: los quarks -cuyos fuertes clanes construyen protones y neutrones- y los leptones -que incluyen al electrón y al neutrino del decaimiento beta y a otras partículas similares aunque más pesadas-. De hecho, las cosas con las que convivimos todos los días están hechas de dos quarks (bautizados “arriba” y “abajo”) y dos leptones (electrón y neutrino). Nada más. Sin embargo, del cielo caen todo el tiempo partículas extragalácticas en chubascos y lloviznas conocidos como rayos cósmicos. Esos rayos contienen también otros quarks y otros leptones. En total hay seis quarks y seis leptones divididos en 3 familias de dos y dos. Se dice entonces que las piezas fundamentales de, por ejemplo, nuestro cuerpo provienen de la primera familia. Ignorando la gravedad, este conjunto de partículas y sus interacciones formó el hoy llamado modelo estándar de partículas elementales, una de las más grandes joyas científicas del siglo XX.

El nacimiento de las cuerdas

A pesar de la belleza de estas descripciones, a mediados de los 1960's la ciencia estaba ante un dilema. De pronto, la naturaleza se revelaba menos minimalista de lo imaginado. En lugar de descubrirse una fuerza madre unificada, se encontraba que no sólo las fuerzas gravitacional y electromagnética comandaban en el universo. Había más interacciones, más fuerzas y más partículas. Sin embargo, existía aún una esperanza. Las fuerzas débil y fuerte imperaban en el mundo de lo diminuto, por lo que no habrían sido jamás comprendidas si los cuantos de Planck y, por supuesto, la mecánica cuántica no hubieran sido concebidos. Para entonces, Richard Feynman ya había demostrado que el electromagnetismo de Maxwell tenía una bella interpretación cuántica, que la aniquilación entre positrones y electrones no era el único tipo de aniquilación, y que los fotones eran indispensables en el mundo de lo pequeño para entender las interacciones entre partículas con carga eléctrica. Todas las fuerzas fundamentales recién explicadas eran compatibles con la mecánica cuántica. La mecánica cuántica se convirtió así en la sustancia unificadora de este nuevo escenario. Sin embargo, en esta nueva concepción de unificación, la mecánica cuántica tenía un problema: no podía describir a la más vieja de todas las fuerzas fundamentales, la gravedad.

Así comenzó la búsqueda por una teoría de la gravedad que contuviera dos simples ingredientes: 1) las asombrosas predicciones de Einstein sobre la desviación de la luz al pasar cerca de los planetas, sobre la extraña mezcla geométrica del espacio y el tiempo, sobre la historia del universo, sobre los agujeros negros, etc.; y 2) una descripción cuántica. De existir semejante teoría, esperaríamos poder entender todos los fenómenos físicos como distintas expresiones de una única ley natural, los fenómenos serían pues las distintas caras de un mismo dado. Si el revolucionado sentido común de los físicos del siglo XX no nos engaña, existe una ley universal en la que estas cuatro fuerzas fundamentales coexisten.

El camino hacia un lugar desconocido nunca está pavimentado. El hecho de que tomara 60 años construir una descripción de las interacciones fuertes da una idea de lo difícil que fue llegar a las conclusiones hoy conocidas. Uno de los primeros (y fallidos) intentos por entender las interacciones fuertes fue sustituir la antigua idea de que una partícula podía entenderse como una pelotita diminuta moviéndose por el espacio. En su lugar, la nueva idea proponía entender a los neutrones y protones como el resultado de hacer girar cuerdas diminutas, incluyendo efectos

cuánticos. A muy grandes rasgos, los resultados teóricos de colisiones entre estas cuerdas giratorias y los resultados experimentales coincidían. Pero había un problema. Tamiaki Yoneya, Joel Scherk y John Schwarz descubrieron que una de las cuerdas giratorias, al incluir efectos cuánticos, no se parecía en nada a ninguna de las partículas conocidas. Tenía más bien las propiedades que los expertos imaginan que debe tener el gravitón, la partícula mediadora de la fuerza gravitacional.

Aunque al principio nadie estaba seguro de lo que ocurría, en los 1970's la idea de que esta nueva teoría de cuerdas estaba vinculada a la fuerza fuerte fue abandonada. La teoría de cuerdas era mucho más que eso: era una teoría cuántica de la gravedad. Aunque interesante, sólo pocos científicos siguieron el camino de la teoría de cuerdas durante la siguiente década. Pero el progreso fue continuo: se descubrió que la consistencia de la nueva teoría cuántica de gravedad indica que el espacio en el que vivimos no tiene 3 dimensiones (largo, ancho y alto), como creemos, o 4 si consideramos al tiempo como otra dimensión. ¡Nuestro espacio-tiempo debe tener 10 dimensiones! Para poder contar el número de dimensiones de espacio-tiempo en las que vivimos, basta con notar que envejecemos (tiempo), y que sólo podemos caminar en tres direcciones (espaciales): adelante-atrás, derecha-izquierda, y arriba-abajo. La teoría de cuerdas nos indica que, en principio, podríamos caminar en otras seis direcciones espaciales que no vemos.

Pronto se encontró también que la teoría de cuerdas predice que las fuerzas débil, fuerte y electromagnética deben provenir de una fuerza madre que involucra a sus propias partículas mediadoras. Según la teoría de cuerdas, a distancias incomprensiblemente pequeñas (casi una billonésima de billonésima de billonésima de metro) o a las temperaturas reinantes al inicio del universo, las únicas fuerzas dominantes son la gravedad y la fuerza madre. En ese escenario, la gravedad es tan fuerte como la fuerza madre y sólo existe una cuerda única, cuyas distintas vibraciones corresponden a las diferentes partículas conocidas, como si fueran distintas notas en la sinfonía universal.

Las propiedades de la teoría de cuerdas son indudablemente asombrosas. El hecho de agrupar a todas las partículas y todas las fuerzas en una sola teoría es un logro que ninguna otra teoría o modelo puede presumir. Todo parece perfecto, salvo un detalle de enorme relevancia: el espacio-tiempo que nos es familiar, en el que trabajamos, comemos y dormimos, tiene sólo largo, ancho, alto y tiempo; cuatro dimensiones, no diez. Aunque la teoría de cuerdas nos indica que hay otras seis direcciones espaciales en las que podemos caminar, pero que no vemos, no nos indica directamente por qué no las vemos ni cómo podríamos tener acceso a ellas para comprobar que existen. Entonces, pese a sus atractivas características, la teoría de cuerdas podría revelarse al final como un elegante y complejo artefacto matemático. Sin embargo, podría ser más.

Hace casi 100 años, Theodor Kaluza y Oskar Klein propusieron que nuestro universo podría tener dimensiones adicionales. La idea es que las dimensiones extra podrían ser tan pequeñas que escapan a todas nuestras percepciones y mediciones. Imaginemos un cable en un poste de luz y que lo observamos desde tan lejos que el cable parece ser una pequeña línea. Una línea es técnicamente una sola dimensión. Sin embargo, sabemos que si nos acercamos lo suficiente, veremos que el cable tiene volumen. Lo mismo pasaría si hiciéramos el grosor del cable muy pequeño, tan pequeño como las diminutas cuerdas (casi una billonésima de billonésima de billonésima de metro). De esta manera, las dimensiones extra burlarían nuestros experimentos. Sin embargo, estas dimensiones *compactificadas* (como dicen los expertos) no son la única manera que el universo tendría de ocultarnos su verdadera dimensionalidad.

Formalmente, la teoría de cuerdas debería llamarse teoría de cuerdas Y branas. En los 1990's, Joseph Polchinski descubrió que la teoría de cuerdas no estaba completa. Particularmente, Polchinski encontró que en la teoría de cuerdas de 10 dimensiones no sólo las cuerdas habitan, sino también otros minúsculos objetos con movimiento: las branas. Para todo fin práctico, las branas son simplemente espacios con un número de dimensiones menor a diez. Por ejemplo, una brana 3-dimensional podría ser parecida a una hoja de papel (2 dimensiones espaciales) delgadísima que vibra y se mueve (tiempo) en el espacio de 10 dimensiones. Más interesante aún, una brana 4-dimensional podría ser un espacio similar a una enorme esfera tridimensional en la que transcurre el tiempo, es decir, un espacio muy parecido al lugar en el que vivimos. Si el universo en el que vivimos es una brana 4-dimensional inmersa en un espacio más grande de 10 dimensiones, la teoría de cuerdas indica que podríamos estar presos en ella. Por ejemplo, consideremos una hoja de papel. Dibujemos en ella un gatito bidimensional. Dado que está dibujado en un espacio bidimensional, nuestro felino no tiene volumen y no puede entender que existan tres dimensiones en nuestro planeta. Él está confinado a dos dimensiones. Incluso si pudiera moverse, sólo podría hacerlo en su universo de dos dimensiones, jugaría, comería y sobre todo dormiría en la hoja de papel. Ni el mejor experto en efectos especiales

puede lograr que un gato dibujado salga de una hoja de papel y se vaya con nosotros a casa.

Los retos de la teoría de cuerdas

Aunque es posible proveer razones por las que no observamos las dimensiones adicionales, existen muchísimas maneras de compactificar éstas y muchas formas también de introducir branas que conduzcan a un universo 4-dimensional parecido al que nos es familiar. Cada una de estas variantes predicen universos distintos. Según algunos expertos, hay alrededor de 10^{500} (¡un 1 seguido de 500 ceros!) universos diferentes que podrían surgir a partir de la teoría de cuerdas. Siendo tantos, es inútil intentar estudiar cada uno de esos universos en búsqueda de uno que coincida con exactitud con el que nos dio vida. Más preocupante es que la teoría de cuerdas no establece ninguna restricción para saltar de un universo a otro.

Si la teoría de cuerdas describe lo que nos rodea, la tarea de los científicos modernos es encontrar un método

- 1) que nos permita distinguir a nuestro universo en el gigantesco multiverso predicho por las cuerdas, y
- 2) que impida saltos entre universos.

Ambos requerimientos representan enormes retos. En el primer paso, se debe explicar cómo, a partir de la fuerza madre, surgen las interacciones de las partículas elementales tan bien estructuradas en el modelo estándar. Además, se debe explicar cómo surgió la brana 4-dimensional en la que vivimos, o bien, cómo llegaron a ser tan pequeñas las dimensiones adicionales. Si la teoría de cuerdas aspira a ser la teoría de unificación que la naturaleza parece sugerir, es necesario que la teoría nos explique la historia del universo, pasando por el inicio, la gran explosión, y concluyendo con la formación de nuestro sistema solar. El segundo punto es igualmente relevante, dado que, de existir saltos entre universos distintos, las cosas que llenan nuestro universo (incluyendo el tipo de partículas, la cantidad de materia, el número de fuerzas fundamentales) cambiarían constante y drásticamente, y no permitirían la vida.

Por otra parte, las cuerdas son tan pequeñas que, por comparar, si fueran del tamaño de un microbio, una moneda de 10 centavos tendría qué ser del tamaño del universo. Y esto es una mala noticia para la teoría de cuerdas porque parece no haber esperanza de que podremos observar una cuerda directamente algún día con la tecnología moderna. La reacción natural es cuestionar si una teoría cuyos elementos primarios no pueden ser detectados es digna de llevar el nombre de ciencia o se puede conformar con llamarse filosofía. Puesto de otra manera, ¿es posible verificar si esta teoría de minúsculas cuerdas concuerda con la realidad? Sorpresivamente, esta pregunta podría responderse con el estudio de los cuerpos más grandes del universo: las galaxias y demás objetos celestes. Un papel particular lo juegan los hoyos negros que, por su parte, fueron considerados sólo curiosidades matemáticas hasta años recientes. En ellos se acumulan pesos enormes en dimensiones pequeñísimas; por lo tanto, son el ambiente ideal en donde la gravedad y las otras fuerzas se combinan: el mundo de las cuerdas. La teoría de cuerdas entiende poco a poco más a los agujeros negros y nos podría dar pronto respuestas a misterios de estos grandes colosos.

Existe otra posibilidad al alcance de la mano para comprobar si la teoría de cuerdas tiene sentido. Ahora mismo, millones de protones giran en un anillo subterráneo de 27 Km de longitud a velocidades cercanas a la de la luz. De vez en cuando, gigantescos grupos de estos veloces protones viajando en direcciones opuestas chocan, provocando explosiones que alcanzan 600 millones de grados Centígrados, una temperatura cercana a la del universo instantes después de su nacimiento. Semejantes colisiones ocurren en el LHC (Large Hadron Collider) o gran colisionador de hadrones, un gigantesco experimento internacional ubicado en Ginebra, Suiza. Científicos de todo el mundo analizan con mucha atención lo que ocurre ahí, buscando la existencia de nuevos fenómenos. Se sospecha que, por ejemplo, si existen dimensiones adicionales, como la teoría de cuerdas predice, se observarían nuevas partículas mucho más pesadas que todo lo conocido hasta ahora pero con propiedades parecidas a las del fotón o del electrón. También podrían escapar algunas partículas hacia las dimensiones adicionales llevándose consigo enormes cantidades de energía, efecto que, desde el punto de vista de los experimentadores, parecería un inaudito acto de desaparición. Otra posible consecuencia de la existencia de dimensiones extra, es la aparición en el LHC de diminutos agujeros negros, que nacerían y se extinguirían por pequeñísimas fracciones de segundo, dejando tras su evaporación un rastro bastante preciso. Así, hoy podríamos estar cerca de un descubrimiento que marcaría a la historia de la humanidad para siempre.

Actualmente, a 25 años del nacimiento formal de la teoría de cuerdas, los científicos trabajan arduamente

tratando de dominar todos los retos de la teoría de cuerdas, dando pasos diminutos hacia la meta. Para algunos, los pasos son demasiado pequeños y, en su urgencia por entender mejor el universo o quizá en su impaciencia, descartan a la teoría de cuerdas como una alternativa viable que pueda describirnos. Para otros, los avances parecen razonables, dado que la mecánica cuántica y la relatividad invirtieron más de 60 años para llegar al modelo estándar de partículas elementales. Lo cierto es que lentamente nos acercamos al punto en el que se vuelve imperativo predecir un fenómeno que sólo pueda ser justificado por la teoría de cuerdas y que sea comprobado en un experimento.

De probarse que la teoría de cuerdas describe la naturaleza, ésta podría ser la clave de muchos enigmas. Respondería las interrogantes que hay en torno a los hoyos negros. Nos contaría la historia del universo antes de la gran explosión. Podría insinuarnos por qué el universo es como lo conocemos. Y, desde una perspectiva filosófica, quizá revelaría cuál es nuestro papel como seres vivos en un misterioso entorno de universos paralelos. Nadie sabe hoy si la teoría de cuerdas coincide con la ley universal de la naturaleza. Científicos de todo el mundo trabajan para demostrar que es así. Muchos afirman que las cuerdas aún nos ocultan algunas sorpresas y que hay mucho por descubrir antes de poder llegar a una comprobación experimental. Otras mentes brillantes opinan que las cuerdas sólo son objetos matemáticos. Tan controversial como parece, la teoría de cuerdas es el único candidato que nos promete aquella unificación imaginada por Einstein y por muchos otros científicos de los siglos XIX y XX, que nos habla de gravedad cuántica y que ofrece muchas herramientas que encuentran las más diversas aplicaciones (desde matemáticas puras hasta física de superconductores). Sería muy desafortunado que una teoría tan ingeniosa no tenga nada que ver con nosotros. Tal vez, desenredar las cuerdas requiere de alguien capaz de revolucionar nuestra intuición, alguien como Maxwell o Planck o Einstein, alguien que tal vez está leyendo estas palabras.