

Un nuevo lenguaje de la física

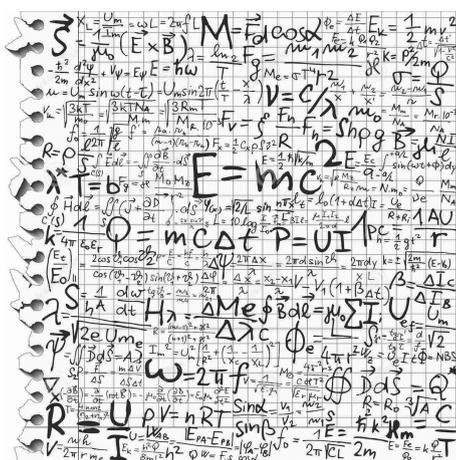
La correspondencia holográfica

José Gordon

En 1799, un grupo de militares franceses encontró en Rashid (Rosetta), en la costa norte de Egipto, el fragmento de una antigua estela. Se trataba de un bloque de piedra de unos 760 kilos que invitaba a descifrar un mundo. En la cara pulida de la piedra aparecían tres tipos de escritura: la parte superior tenía catorce líneas escritas con jeroglíficos egipcios; en la parte central se veían 32 líneas escritas en demótico, la última fase de la escritura egipcia; en la parte inferior aparecían 54 líneas en griego antiguo. En esa enorme roca estaba la clave para entender el significado de los jeroglíficos que se había perdido hacía mil años. Por eso hoy en día la piedra de Rosetta es sinónimo de traducción, de establecer correspondencias entre un lenguaje y otro, del descubrimiento de mundos equivalentes.

En 1997, Juan Maldacena, un físico de la Universidad de Harvard, quien trabaja hoy en el Instituto de Estudios Avanzados en Princeton, propuso una idea audaz que conectaba dos modelos de la física que aparecían en una especie de piedra de Rosetta contemporánea: por un lado, estaba el lenguaje básico que se utiliza para describir a las partículas elementales y, por otro, el de la teoría de supercuerdas.

Los físicos cuentan con un lenguaje muy poderoso para describir las partículas de forma consistente con la mecánica cuántica y la relatividad especial. Este lenguaje, conocido como teoría cuántica de campos, es el que subyace en particular al modelo estándar, la teoría que describe las relaciones entre las fuerzas fundamentales de la naturaleza y las partículas elementales que componen la materia. Ha probado ser muy valioso, ya que las pruebas experimentales están de acuerdo con



sus predicciones; pero tiene el problema de que no incluye la fuerza de la gravedad.

La teoría de cuerdas, por su parte, intenta explicar todas las partículas y fuerzas básicas de la naturaleza (ello incluye la fuerza de la gravedad) al modelarlas como vibraciones de diminutas cuerdas. El físico Sean Hartnoll, de la Universidad de Stanford (ganador del Premio Nuevos Horizontes en Física, 2015), me la explicó de la siguiente manera: “La idea de la teoría de cuerdas es que todas las partículas son cuerdas que vibran de diferentes formas, del mismo modo que las cuerdas de una guitarra tienen diferentes armonías y una cuerda puede producir distintas notas. La idea original de la teoría de cuerdas es que hay una cuerda en forma de lazo y vibra de distintas formas y las diferentes armonías de la cuerda son las diferentes partículas. Esa originalmente era la teoría de cuerdas. En este modelo se requieren mayores dimensiones espaciales de las que conocemos. El problema es que hasta ahora carece de evidencias experimentales”.

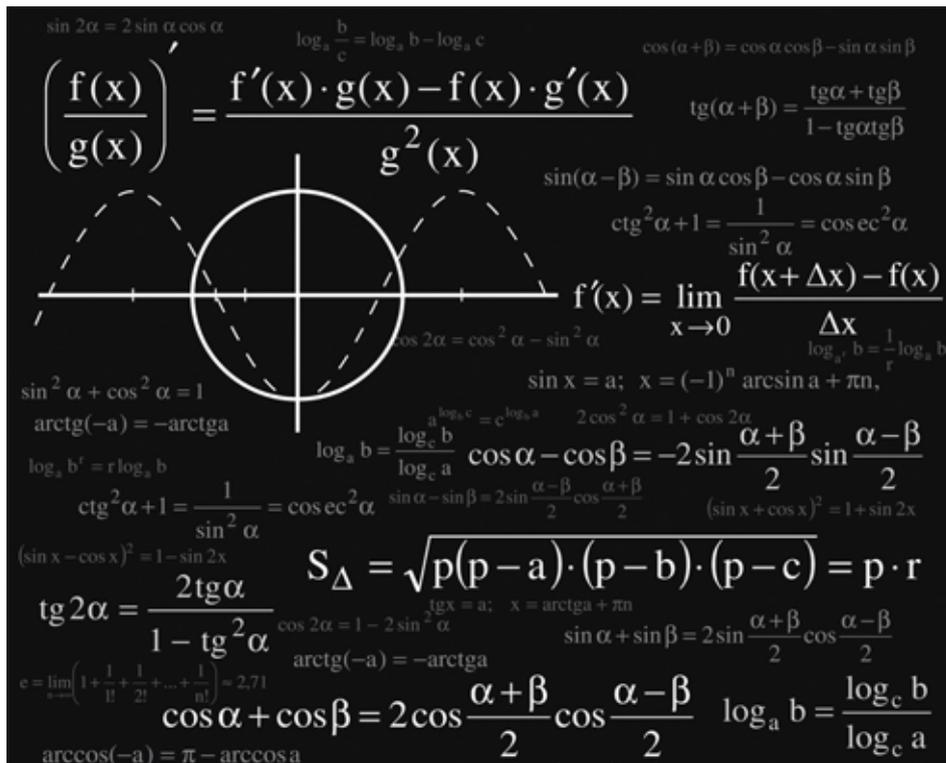
La genialidad de Maldacena fue establecer una correspondencia entre estos dos lenguajes. Zeeya Merali, en la revista

Nature, describe la propuesta de Maldacena como una conexión entre dos universos que a primera vista parecen muy distintos: “Si tomas cualquier proceso que involucra partículas y campos en el primer universo, podrá ser descrito como un proceso que involucra gravedad, hoyos negros y cuerdas en el segundo universo y viceversa”. A este principio se le denominó “la correspondencia holográfica”.

Le pregunto al físico Sean Hartnoll sobre este término. Hartnoll se entusiasma:

El nombre holográfico es una analogía de holograma que es una lámina bidimensional en la que ves una imagen tridimensional. Aclaro que estos son agujeros negros matemáticos; no son los agujeros negros de la astrofísica, son agujeros negros como una herramienta. Como maquinaria matemática estos agujeros negros viven en una dimensión más elevada. Por ejemplo, si queremos imaginar un material en donde la corriente se propaga en una lámina bidimensional [*lenguaje de partículas*], el agujero negro sería tridimensional, está en una dimensión más elevada [*lenguaje de cuerdas*]. Así funcionan las matemáticas.

A mediados de los noventa hubo un cambio de énfasis en la teoría de cuerdas. Se convirtió en un aparato matemático que podía conectar cosas que parecían muy desvinculadas. El razonamiento de eso es el siguiente: si tomo una cuerda y la excito un poco, excito la armonía y entonces oscila, por ejemplo, un electrón, pero también puedo excitarla mucho y la cuerda oscila frenéticamente y se vuelve más y más energética y, finalmente, una cuerda extremadamente energética se asemejaría a un agujero negro. Se vuelve tan energética que colapsa bajo su propia masa y



forma un agujero negro. Así, a mediados de los noventa concluyeron que la teoría de cuerdas, además de ser una teoría de partículas, también podría ser una teoría de agujeros negros. Una partícula normal no tiene ningún grado de libertad interno para volverse muy pesada. Para formar un agujero negro a partir de una estrella se necesita compactar la estrella, que tiene muchas partículas. Pero una cuerda puede hacer un agujero negro siempre que se le excite lo suficiente. Puedes bombarle energía, se hace más y más pesada y finalmente forma un agujero negro. Así, la teoría de cuerdas condujo a una nueva forma de pensar sobre los agujeros negros y eso está en el centro de la correspondencia de Maldacena. De esa forma, el trabajo de Maldacena también nos da correspondencias entre el modelo de partículas y el modelo de cuerdas. Nos dio su Piedra Rosetta que conecta la correspondencia holográfica que permite resolver una pregunta de un modelo que parecía no tener respuesta en el otro.

Esto es algo increíble. Hay dos modelos distintos de la naturaleza pero pueden traducirse entre sí.

Ciertamente. Sí, es muy liberador desde el punto de vista de un físico teórico cuando cosas que parecían tan diferentes

resultan ser iguales. Esto rompe el prejuicio que los físicos han tenido por largo tiempo de que el mundo debe ser reduccionista. Tradicionalmente en la física, y en gran parte de la ciencia en general, si tienes un objeto complicado lo descompones en partes pequeñas y la idea es que para entender algo debes entender de qué está hecho. Las partes se hacen más y más pequeñas. Hay moléculas, átomos dentro de las moléculas, protones dentro de los átomos, etcétera. Sin embargo, lo que pasa en estos materiales tan complicados es que sabemos de qué están hechos, sabemos que están hechos de electrones pero los electrones están haciendo algo tan complicado que saber de qué están hechos no nos ayuda. Así que el paradigma reduccionista no es útil directamente, porque sabemos cuáles son los constituyentes básicos pero eso no simplifica las cosas; las complica. Estas dualidades, estos mapas, estos diccionarios con descripciones distintas dicen que la forma de entender tales materiales no es descomponiéndolos.

Es holística.

Es un poco más holística, sí. No en el sentido espiritual de la palabra, sino que la forma de describir algo podría ser muy distinta a lo que uno cree que es. Un agujero negro podría ser una descripción fun-

damental de un metal a pesar de que parece totalmente diferente. Y eso es algo asombroso siempre. Como es un diccionario, va en ambos sentidos. A veces conocemos ciertas palabras de un lenguaje a veces del otro y quisiéramos entender todo en ambos lenguajes.

Se dice que no hay evidencia experimental de las supercuerdas, pero lo que estamos viendo con su trabajo es que la teoría de cuerdas puede traducirse en términos de fenómenos reales para entender, por ejemplo, el comportamiento de partículas en materiales superconductores.

Exacto, es cierto. Tradicionalmente la idea era que las cuerdas son tan pequeñas que si querías ver una en un acelerador de partículas este tendría que darle toda la vuelta al ecuador. Tendría que ser algo enorme, imposible en tamaño, para poder ver una cuerda. Pero estas correspondencias están demostrando que puede conectarse con una física realista de una manera distinta. Sí, desde luego.

¿Qué es lo que más lo asombra de la investigación que está haciendo, de las herramientas que está reuniendo?

El solo hecho de que funcionen es increíble. Puedo abrir un artículo o un libro escrito por astrofísicos hace 50 años y tomar las ecuaciones de ese artículo y aplicarlas directamente para decir algo acerca de un metal. Si les dijera eso a esos astrofísicos nunca me lo creerían. Pensarían que estoy loco. Esta capacidad de poder pasar de una cosa muy diferente a otra es lo que me parece más que asombroso. Es muy liberador.

Al escuchar las palabras de Hartnoll me quedo pensando en una analogía que me dio Alberto Güijosa, físico mexicano del Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM, graduado en Princeton: la correspondencia de Maldacena es como si, al traducir entre el francés y el ruso, descubriéramos que *El principito* de Saint-Exupéry y *Guerra y paz* de Tolstoi contienen, letra por letra, exactamente la misma historia. Me quedo imaginando la gran roca de los lenguajes literarios y la gran roca de los lenguajes matemáticos. **U**