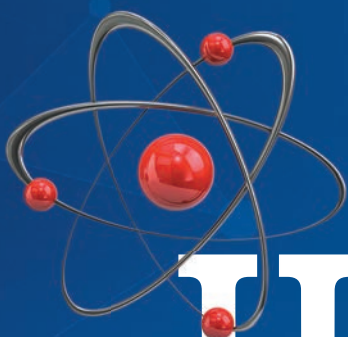


CDECIENCIA



EL JUEGO DEL COSMOS



Guía básica
para entender
el universo

mñ



C de
ciencia

MARTÍ MONTFERRER JURADO

EL JUEGO DEL COSMOS

Guía básica para entender el universo

mr̄

El papel utilizado para la impresión de este libro es cien por cien libre de cloro y está calificado como **papel ecológico**.

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea este electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del editor. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (art. 270 y siguientes del Código Penal).

Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra. Puede contactar con CEDRO a través de la web www.conlicencia.com o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47.

© Martí Montferrer Jurado, 2018

© Editorial Planeta, S. A., 2018

Ediciones Martínez Roca, sello editorial de Editorial Planeta, S. A.

Avda. Diagonal, 662-664, 08034 Barcelona

www.planetadelibros.com

Diseño de la cubierta: Planeta Arte & Diseño

Fotografías de cubierta: © Mikhail Mishcenko, © Peshkova, © Valdis Torms,

© Oorka - Shuttersock y Archivo del autor

Ilustraciones de interior: © Shutterstock / © Alfredo Iglesias

Fotografía de contracubierta: cortesía del autor

Primera edición: marzo de 2018

ISBN: 978-84-270-4416-6

Depósito legal: B. 2.486-2018

Preimpresión: Safekat, S. L.

Impresión: Cayfosa, S. A.

Printed in Spain - Impreso en España

ÍNDICE

1. EL JUEGO MÁS COMPLEJO QUE EXISTE: EL UNIVERSO	11
2. EL MUNDO SUBATÓMICO	29
3. LOS ÁTOMOS, LADRILLOS DE LA MATERIA	49
4. EL PUZLE INFINITO: LOS COMPUESTOS QUÍMICOS	71
5. Y SE HIZO LA LUZ: LA ELECTRICIDAD	89
6. LA VIDA, ESA ESCASA MARAVILLA	103
7. ESAS ROCAS VIVIENTES LLAMADAS PLANETAS	125
8. NUESTRO HOGAR EN EL COSMOS: EL SISTEMA SOLAR ...	143
9. EL RESTO DEL UNIVERSO (TODO)	167

Todos hemos jugado a algún juego alguna vez en nuestras vidas. Ya sea el parchís, un partido de fútbol o el ajedrez, nos hemos visto inmersos en un pequeño mundo con sus normas y libertades. Las casillas, las tarjetas rojas o los pasitos de uno en uno que puede dar el rey han sido nuestras limitaciones. Así que, aunque no consideremos estos juegos, aunque me digas que nunca has jugado a ningún juego..., estás equivocado. Porque mientras lees esto, estás jugando al universo.

Entender el universo como un «juego» no es algo tan descabellado. Al fin y al cabo, viene a ser lo mismo: somos jugadores con nuestras limitaciones. Podemos imaginar, sí, podemos soñar con hacer cosas fuera de esas normas, de esas leyes, pero por eso se llaman «sueños»: porque no caben dentro de nuestra realidad. Las condiciones de este juego llamado universo son las que son, y no podemos quebrantarlas. Hacer trampas no es posible. Y hasta hace pocos años no nos dábamos cuenta de lo limitantes que eran estas normas: los caballos iban a menos de un 0,000001 % de la velocidad de la luz y los primeros orde-

nadores tenían el tamaño de las casas. Pero en los últimos años hemos ido superando esas restricciones: ya no vamos con caballos y transmitimos información a la máxima velocidad posible (la de la luz). Nuestros transistores (encargados de almacenar la información de los ordenadores) ya se acercan al tamaño de los átomos, es decir, están cerca del límite de lo más pequeño que puede existir. Sin embargo, las leyes del universo, sus normas, ya no nos dejan ir más allá, y ponen por primera vez fronteras a nuestra imaginación. Aunque tampoco es cuestión de hablar tan mal de ellas: debes saber que podría ser que no existiera un único universo; de hecho, creemos que podrían existir infinitos universos aparte del nuestro, cada uno como un juego diferente, con sus propias normas. Muchos de estos universos tendrían, por ejemplo, unas leyes físicas tan nocivas que colapsarían sobre sí mismos pocos milisegundos después de nacer. Otros, si bien serían estables, estarían completamente vacíos. Se cree que la inmensa mayoría de los universos podría ser de este tipo. Por el contrario, existe otra clase de universo con normas ideales para que ni colapsen ni se encuentren vacíos; solo conocemos un ejemplo de universo de estas características: el nuestro.

Nadie es consciente de lo aparentemente milagrosas que son las leyes de nuestro cosmos. Te pondré un ejemplo fácil de entender: si los protones, partículas elementales formadas por átomos, fueran tan solo un 0,2 % más pesados (esto es, insignificadamente más pesados), decaerían a neutrones. Y esto es muy grave. Básicamente porque sin protones no hay elementos químicos. Ya tienes un universo sin materia común en el que no puedes existir.

Un 0,2 % es un margen de error muy pequeño; si tú pesas 70 k, significaría un aumento de tu peso de 140 g. Es decir, que para mantener estable el universo, no podrías adelgazar ni engordar más de 150 g.

Cuando uno lee estos números, se da cuenta del aparentemente frágil equilibrio en el que vivimos. No solo pasa con los protones, pasa con todo: el radio de los neutrones, la carga de los electrones..., todo parece ajustado para que tú puedas existir sin desintegrarte al instante, lo que podría parecer una clara evidencia de que tiene que haber algo inteligente detrás de todo esto. Pero te diré que no hace falta, y tú solo vas a llegar a la conclusión. Veamos: si hay infinitos universos, cada uno con leyes diferentes, ¿qué probabilidades hay de encontrar un universo con las leyes físicas justas y exactas para que tú existas? Efectivamente, del 100 %. ¿Y qué probabilidades hay de que tú vivas dentro de ese universo? Pues sí, también son del 100 %. Esto es lo que se llama el Principio Antrópico, que básicamente enuncia lo siguiente: Cualquier teoría válida sobre el universo tiene que ser consistente con la existencia del ser humano. En otras palabras: «Si en el universo se deben verificar ciertas condiciones para nuestra existencia, dichas condiciones se verifican, ya que nosotros existimos». Te podrá parecer una obviedad, pero si te paras a pensar en esto, tiene mucho sentido.

Hay un ejemplo muy interesante que ayuda a visualizar mejor esta idea. Imaginemos que nuestro universo es la Tierra. Un planeta con las condiciones ideales para que surja, se desarrolle y se mantenga la vida: tiene luna, estaciones, ciclos día-noche, tectónica de placas activa, oxígeno

no, nitrógeno, agua, campo magnético, está a la distancia justa del sol... Demasiadas casualidades, ¿verdad? Pues sí. Muchas casualidades. Pero basta con echar una ojeada a nuestro vecindario cósmico para darnos cuenta de que la Tierra no es el resultado de ningún diseño inteligente ni tan única como nos parece. Porque si miramos a nuestro Sistema Solar, sí vemos cómo nuestro planeta parece un paraíso entre mundos extremadamente hostiles, pero cuando apuntamos nuestros telescopios hacia las estrellas más cercanas, nos damos cuenta de que existen muchos planetas similares a la Tierra. Son los llamados Kepler. Y, es más, hemos encontrado planetas que son potencialmente más habitables que la Tierra. Sí, sí, en efecto, hemos descubierto planetas fuera del Sistema Solar que podrían ser más aptos para la vida que la propia Tierra. Esta visión nos ayuda a comprender que, si cuentas con las suficientes oportunidades (millones de planetas o universos), acaba saliendo un juego con normas (leyes) aptas para la vida. ¿Pero cuáles y cómo son esas normas en este universo que nos ha tocado?

Digamos que el universo es un juego complicado. No es un simple tablero de la oca con reglas muy fáciles, sino que es tan complejo que aún no nos ha dado tiempo de leer (o más bien, entender) todo el manual de instrucciones. Conocemos la mayoría de grandes apartados, pero aún quedan por encontrar muchas más normas dentro de aquellos e, incluso, puede que nos falten algunos nuevos apartados. Para que este libro no ocupe miles de páginas, que serían las necesarias para comprender todas las leyes físicas, nos limitaremos a ver las cuatro interacciones fun-

damentales de la naturaleza, que serían los cuatro grandes apartados del manual del universo, dentro de los cuales encontraríamos las leyes físicas. Estas leyes derivan de estas 4 interacciones. Vamos allá:

GRAVEDAD

Esta, aunque para muchos de nosotros puede parecer la más evidente, es en realidad la interacción más débil. Actúa sobre la energía «tradicional» y la materia, ya sea normal u oscura (de estas energías oscuras y no tradicionales hablaremos más tarde). Y no sabemos qué adjetivo ponerle exactamente: fuerza, aceleración, consecuencia de la curvatura del espacio tiempo... Para que te hagas una idea de lo débil que es, comparemos la gravedad que tú ejerces sobre cualquier objeto que se encuentre a un metro de ti con la gravedad de la Tierra. Es algo relativamente fácil, tan solo tenemos que usar esta fórmula que ves a continuación:

$$F_g = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

Si pesas alrededor de 70 k, ejerces sobre los objetos que se encuentran a tu alrededor una aceleración de... $5 \times 10^{-10} \text{ m/s}^2$, un valor que, comparado con los $9,8 \text{ m/s}^2$ de la aceleración de la Tierra, no es nada. Si se soltase un objeto cerca de ti, debido a tu gravedad empezaría recorriendo una distancia igual al diámetro de un átomo de carbono

por segundo. Pero bueno... al menos, se movería. Porque tú eres capaz de deformar el espacio tiempo. No está mal, ¿eh? La cuestión es que, en el universo, las cosas son tan grandes que normalmente esta fuerza se manifiesta más notablemente. Sin embargo, la gravedad presenta un *problema*: es una interacción muy diferente al resto, pues por el momento no se puede entender como las otras, es decir, mediante la teoría cuántica de campos, de la cual hablaremos más adelante. Digamos que parece actuar en un tablero de juego distinto. Y eso es una gran dificultad, pues como habrás imaginado es imposible. Por lo que hay que buscar una forma de conciliar la gravedad con las otras fuerzas. Y los físicos están trabajando en ello.

INTERACCIÓN NUCLEAR DÉBIL

Pues eso. Débil. Muy débil. Tanto que tan solo se puede notar a una distancia equivalente a un 0,1 % del diámetro de un protón. Y, si es tan débil, ¿es realmente importante esta fuerza? Bueno, gracias a ella el sol brilla, existen elementos como el plutonio o el radio y podemos datar con carbono 14. Todos estos procesos requieren que partículas subatómicas como los protones y los neutrones se conviertan en otras. Algo que parece magia, pero que no es más que el resultado de esta débil pero importantísima fuerza. Es muy compleja de explicar, pero, resumiendo, digamos que consigue que, cuando dos partículas subatómicas se acercan demasiado, se conviertan al instante en partículas diferentes. Por ejemplo, un neutrino, una de las

partículas con menos masa que se conocen, es capaz de convertir un neutrón en un protón. Y esto, aunque parezca una tontería, puede hacer que pases de tener un valioso átomo de oro a uno de mercurio.

ELECTROMAGNETISMO

La segunda más fuerte. Y una muy popular también. Lo primero que nos viene a la cabeza son imanes, y sí, esta interacción es responsable del magnetismo, aunque también lo es de la luz y básicamente de todo lo que existe en el universo. La experimentan partículas cargadas, es decir, partículas con cargas eléctricas. La carga es una propiedad intrínseca de muchas partículas, de la misma forma que lo es su masa. Cuando dos partículas con diferente carga se acercan, empiezan a sentir esta fuerza. Del mismo modo que dos planetas acercándose sienten gravedad, pero a una escala mucho menor. Porque esta fuerza es la responsable de que existan los mismísimos ladrillos del universo, los átomos. Es la que, en parte, los mantiene unidos. Los protones, de carga positiva, atraen a los electrones, de carga negativa. Cuando un átomo no está completo, es decir, cuando le faltan algunos electrones, cosa muy normal, entonces los busca de otro átomo. Bueno, no es que los «busque», es que la fuerza electromagnética «le obliga» a hacerlo. Y así se crean las moléculas, los compuestos, la vida, etcétera. Los imanes no son más que el resultado del mismo proceso que se da entre átomos, pero a gran escala: ya actúen con corrientes eléctricas, creando así los elec-

troimanes, u orientando muchos cristales hacia una misma dirección, creando los imanes tradicionales. Y no nos olvidemos de la luz, que tiene un papel muy importante en esta interacción: es la encargada de comunicar a unas partículas la carga de otras. Se encarga de, por ejemplo, decirle a los electrones que hay un protón cerca. Pero de eso ya hablaremos más adelante, en el segundo capítulo.

INTERACCIÓN NUCLEAR FUERTE

Como indica su nombre, es la más fuerte de todas. Concretamente, 10^{38} (sí, un 10 con 38 ceros detrás) veces más fuerte que la gravedad. Entenderla es muy simple, pues es la encargada de dos cosas muy importantes: que los protones y neutrones se atraigan, y por lo tanto puedan existir los átomos, y que las partículas subatómicas que forman estos protones y neutrones, los quarks, también se atraigan, por lo que es la responsable de que puedas existir, pues sin ella el universo no sería más que una sopa de radiación dispersa. Sin embargo, también tiene sus limitaciones: los elementos con un núcleo más grande que el uranio son muy inestables, pues la cantidad de protones y neutrones de aquel es demasiado grande como para que la fuerza interacción fuerte pueda mantenerlos unidos; esto provoca parte de la radiación y es responsable en cierta medida de que nuestra tabla periódica no sea infinita, lamentablemente.

Pero para poder entender estas normas que componen el manual de instrucciones de este juego que es el universo es igual de importante comprender el tablero de juego. De nada sirve leerte un manual si no puedes ni ver el sitio donde vas a jugar. Y el tablero de este universo es... más complicado aún que las reglas. Vendría a ser lo siguiente:

Imagínate que quitásemos del universo todo lo que hay. Ni galaxias, ni luz, ni nada. ¿Estaría el universo completamente vacío? Pues en términos estrictos, no. El vacío no es vacío. Porque todas las partículas de las que hemos hablado, todas las interacciones que hemos visto, no son más que perturbaciones en un «océano» de dos dimensiones que siempre está presente. En efecto, debes imaginarte (digo imaginarte porque es difícil aceptarlo, aunque realmente la realidad es algo así) el universo como un océano plano. Sin olas, sin ninguna perturbación. Y en aquellos sitios donde haya una perturbación, tendrás una partícula de un tipo determinado. En un océano, en los sitios donde haya perturbaciones, habrá siempre la misma partícula. Lo que implica que debe existir un océano para cada partícula. Un océano para el electrón, un océano para el fotón. Concretamente, diecisiete. Y debes saber que cada uno de estos océanos llega a cada punto del universo y que tiene tres dimensiones.

Esta visualización es imposible de imaginar por una mente humana, por eso la metáfora en dos dimensiones del océano va muy bien. Un electrón no es más que una excitación en ese océano, una perturbación, una cresta de una ola. De hecho, se podría decir que solo existe un único electrón en el universo, el océano del electrón, y que lo

que llamamos electrones no son más que perturbaciones en ese campo, lugares donde se manifiesta ese océano. Ahora, para que no te riña un profesor de física, cambia la palabra océano por campo cuántico, y perturbación por excitación. Ya has entendido la teoría cuántica de campos, la explicación más fidedigna que tenemos actualmente de la realidad. El verdadero tablero de juego, que, como decía, tiene 17 capas, todas interconectadas e interactuando entre sí. Las normas que hemos explicado antes, las 4 interacciones fundamentales, tienen también sus capas, de esta forma se aseguran de que las partículas puedan interactuar entre sí y las normas se apliquen en todas las capas del tablero de juego.

Ahora falta hablar de los dados del juego que es el universo. Podemos tener un juego con unas normas y un tablero excelentes, pero sin algo que nos limite nuestras tiradas, el juego es... imposible de jugar. En nuestro universo, los dados serían las constantes físicas. Como por ejemplo la velocidad de la luz: la luz siempre va a esa velocidad, y nada la puede superar (o eso creemos actualmente, quizá los físicos encuentren en el futuro alguna forma de trucar los dados).

Hoy en día se conocen muchas constantes, del orden de decenas. Cada una se correspondería con un dado, y sus valores no pueden ser sobrepasados. Al igual que sucede con el tablero y las normas, son iguales en todos los sitios del universo. Las constantes son intrínsecas a la naturaleza: hemos mencionado la velocidad de la luz, pero también podemos referirnos a una que hemos usado antes: G , la constante de gravitación universal, que determina la

fuerza con la que actúa la gravedad. O la constante de Planck, que es la relación entre la energía y la frecuencia de un fotón. Hay muchas más, como por ejemplo la masa del electrón o la permeabilidad electromagnética del vacío.

Una de las preguntas que toda persona se hace cuando reflexiona sobre las constantes, es... ¿por qué? ¿Por qué la velocidad de la luz es de 299.792.458 m/s y no 678.135.987 m/s? Bueno, pues por la misma razón que vimos al principio. Debía existir un límite, un límite arbitrario, obviamente, y nos tocó vivir en el universo que tenía los límites que permitían nuestra existencia. Imaginar un universo sin constantes (sin límites, con todo infinito) es imposible, pues el infinito no es un número, es un concepto matemático; así pues, un universo sin constantes sería muy diferente a cualquier cosa que podamos llegar vagamente a imaginar en nuestra realidad hecha de cosas finitas.

Bueno, ya solo nos quedan tres cosas de nuestro tablero de juego por conocer: la forma, el tamaño y la gran pregunta: el origen del universo.

Para intentar entender estos conceptos, primero debemos entender nuestra posición en el universo. Antes que nada, es necesario diferenciar entre universo observable y universo en el sentido estricto de la palabra. El primero, como bien dice su nombre, es aquel que podemos ver, y tiene forma esférica. En realidad, no es que veamos un límite cuando apuntamos nuestros telescopios hacia lo más profundo del espacio, sino que, simplemente, la luz que se encuentra lo suficientemente lejos aún no ha tenido

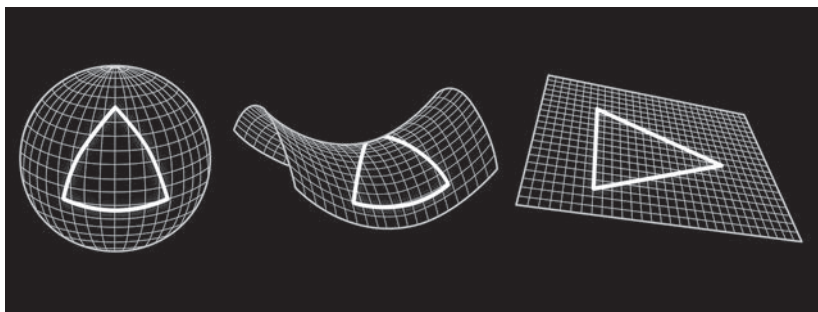
tiempo de alcanzarnos. Pero la cosa se complica más: como la luz tarda cierto tiempo en recorrer el espacio, cuanto más lejos miramos, más tiempo habrá necesitado la luz para alcanzarnos, y por ello, el límite del universo observable siempre coincide con las galaxias más antiguas, las primeras emisiones de luz desde el nacimiento de nuestro universo. Muy poco a poco, este universo observable va creciendo, pues cada vez nos llega luz más lejana, y estas arcaicas galaxias que vemos hoy formándose, dentro de unos millones de años se verían terminadas, lo cual haría aparecer de la oscuridad nuevas reliquias del pasado, enormes galaxias que existieron hace miles de millones de años, con sus planetas, estrellas, quizá con su vida, pero que se apagaron hace miles de millones de años.

Pero... todo esto es muy escalofriante, porque implica que no conocemos el límite real del universo. No tenemos ni idea de si el universo observable es una quinta parte del «universo total», una parte entre millones de partes iguales o una pequeña gota suspendida en un universo infinito. De esto hablaremos en un momento. En todo caso, el tamaño del universo observable ya es muy grande, colosal, de hecho. Para que visualices un poco sus dimensiones, imagínate que el diámetro de la órbita del planeta Mercurio (95 millones de kilómetros) tuviese el tamaño de una molécula de azúcar (1,2 nanómetros); entonces, el tamaño del universo observable, si la órbita de Mercurio tuviera el tamaño de una minúscula molécula de azúcar, sería igual a... venga, te dejo adivinar. Piénsalo. ¿Un grano de azúcar? ¿Una pelota de fútbol? ¿Una casa, quizá? No. El planeta Tierra entero. Es inconmen-

surablemente grande, y escapa de cualquier tipo de aproximación que la mente humana pueda llegar a concebir. $8,8 \times 10^{26}$ metros.

¿Pero sabes qué es lo peor? Que esto no siempre será así: llegará un punto en el cual la velocidad de expansión del universo sea lo suficientemente rápida como para que la luz de estas lejanas galaxias no nos alcance, y nuestro universo observable pase a ser pequeñísimo, componiéndose únicamente de la Vía Láctea (nuestra galaxia) y unas pocas más, las más cercanas, las del grupo local. Futuras civilizaciones que surjan en esta galaxia mirarán hacia los cielos pensando que su galaxia es de las únicas en este universo, desconociendo las 150.000.000.000 que podemos ver hoy en día. Una de las razones por las que preservar el conocimiento científico que la humanidad ha adquirido a lo largo de la historia es algo importante.

Pero ahora hablemos del que es aún mucho más grande que este, el universo en sí. ¿Qué forma tiene? Pues eso depende de la densidad que posea. La masa deforma el espacio tiempo, por lo que la cantidad de masa que tenga repartida por el espacio, la densidad del universo, afecta directamente a la forma de este. Esta densidad se mide con la letra omega Ω y puede ser igual, inferior o superior a 1. Las formas derivadas se muestran en esta figura de un modo aproximado en una proyección de 2 dimensiones, que intenta representar cómo afectarían las 3 densidades al espacio tiempo, pero que no reflejan en ningún caso la forma real del universo, más bien su geometría:



Si Ω fuera > 1 , entonces tendríamos un universo esférico.
Si Ω fuera < 1 , entonces tendríamos un universo hiperbólico.
Si Ω fuera $= 1$, entonces tendríamos un universo «plano».

La forma exacta sigue siendo un tema de debate en cosmología, pero los datos experimentales de varias fuentes independientes confirman que el universo observable es plano con solo un margen de error del 0,4 %. O sea, que probablemente sea así, y $\Omega = 1$. Es decir, el universo tiene la densidad justa como para no curvarse ni hacia dentro ni hacia fuera, lo cual tiene implicaciones muy importantes. Obviamente, no es plano como aparece en la figura, pues tiene 3 dimensiones, pero a lo que los científicos se refieren cuando hablan de un universo plano es a que tiene geometría euclidiana: que no se observa ningún tipo de curvatura en el espacio tiempo aparte de la provocada muy localmente por la materia y energía de las galaxias; que el recorrido de la luz de las galaxias más lejanas no es curvado, o al menos es curvado tan mínimamente que dicha curvatura no es detectable. Esto podría deberse a que, o bien la densidad es efectivamente 1 —¿demasiada casualidad?... no te olvides del principio antrópico— o bien no lo es, pero el universo, si bien está

curvado, es tan colosalmente grande que, pese a ello, ni con el gigantesco universo observable tenemos suficiente para notar dicha curvatura.

De todos modos, siento no haber podido responder a las preguntas anteriores: no sabemos seguro ni su forma ni su tamaño, aunque los científicos están en ello. Ahora, la pregunta más difícil: ¿De dónde?

Si alguna vez le preguntas a un físico qué había antes del Big Bang, seguramente te contestará con otra pregunta: «¿Qué hay al norte del Polo Norte?». Yo me portaré un poco mejor e intentaré aclarártelo algo más. Estudiando el universo, hemos podido ir hacia atrás, hacia «el principio de todo», y el resultado que obtenemos es siempre el mismo: En $t=0$, es decir, en el primerísimo instante del universo, todo se reducía a una singularidad. Una región extremadamente pequeña en el espacio, con una densidad infinita, lo que provoca que la deformación del espacio tiempo sea también infinita. Un «agujero» en el espacio tiempo. Y bueno, una singularidad, una «cosa» de estas características está fuera de nuestro juego, pues en ella no se cumplen las leyes físicas de nuestro universo. Por eso no se puede ir más allá. Hasta ese momento, el tiempo no existía. Por eso lo de $t=0$. No hay $t=-1$. No había nada antes porque no existía el tiempo. Tampoco había espacio. No había un lugar físico en el espacio en el que existir, no había un tiempo en el que explotar. El Big Bang no fue una explosión, no había ningún medio en el que explotar. Fue la aparición de todo eso. Ahora bien, ¿por qué dejó de ser una singularidad para pasar a la existencia? Pues para esto sí tenemos una posible explicación: fluctuaciones cuánticas.

Antes hemos dicho que el espacio vacío no está vacío del todo. Que tiene esos «océanos» (campos cuánticos). Pero es que no es solo eso: aunque quites todas las perturbaciones, esas «olas» (excitaciones) de esos océanos, nunca serán océanos completamente planos. Aunque tengas un vacío perfecto, sin ninguna partícula, ni aire ni fotones, siempre habrá pequeñas olas en ese universo. La llamada energía del vacío, que literalmente aparece de la nada. Constantemente, pequeños pares de partículas y antipartículas surgen a la existencia de la nada para rápidamente colisionar entre ellas y dejar de existir enseguida. Estas pequeñas excitaciones del vacío, cuya existencia fue demostrada gracias al *efecto Casimir*, son las llamadas fluctuaciones cuánticas, y se cree que el universo pudo empezar gracias a una de ellas. Si hoy en día hemos podido comprobar cómo hay partículas que pueden surgir de la nada, ¿por qué no pudo el universo entero surgir de la nada?

Sí, sé que es el juego más complicado del que jamás hayas escuchado hablar, pero es que estamos hablando de un universo. Una cosa tan compleja que permite que algo tan extraordinario como la consciencia pueda existir en él. De nuestro universo. Ahora que ya sabemos las normas, es hora de entender esas diecisiete capas que forman el tablero y de saber cómo surgen y se comportan las piezas en ellas.