



GERARDO HERRERA CORRAL

# UNIVERSO

La historia más grande jamás contada

taurus



---

GERARDO HERRERA CORRAL

UNIVERSO:  
LA HISTORIA MÁS GRANDE  
JAMÁS CONTADA

TAURUS

---

PENSAMIENTO

SÍGUENOS EN

megustaleer



@Ebooks



@megustaleermex



@megustaleermex

Penguin  
Random House  
Grupo Editorial

*Para Carolina y Adriana*

Soles y espirales, el primer día del mundo,  
pescaditos chiquitos, pescaditos inmensos,  
arenas, cristales, tus ojos bosquejados,  
en playas del futuro, en rocas de mercurio,  
celestes dibujados que se mueven en el tiempo,  
nubes de lluvia y pena que tus lágrimas son fruto,  
de aquel punto distante en que todo era uno y lo mismo,  
caracolito sube, espiral de luna brilla en tu mejilla hermosa.

EDUARDO GATTI, "Aguamarina"

## AGRADECIMIENTOS

**D**e acuerdo con las tradiciones de muchos pueblos, el destino es una sucesión ineludible de acontecimientos que determina la vida de las personas. Para los griegos, las Moiras eran divinidades que hilaban la hebra de la vida. Aparecían poco después del alumbramiento de un niño para acordar y disponer el curso de su existencia. Hay quien dice que la tradición japonesa del hilo rojo del destino (*Yīnyuán hóngxiàn*) podría ser de origen chino, aunque para unos, el hilo va unido a los tobillos, mientras que para otros el hilo está atado al dedo meñique. Según esta tradición, un hilo rojo vincula a las personas que de manera irrevocable deben unir sus vidas.

Aunque la palabra *destino* proviene del latín, algunos creen que su origen se remonta al griego *histano*, que originalmente significaba atar o sujetar. Una y otra vez, las culturas del mundo relacionan al destino con hilos que nos mueven o nos paralizan, nos unen o nos separan, nos conducen o nos delimitan. Resulta curioso que el estudio de la vida a través de la biología nos haya mostrado que nuestra información genética está cifrada entre dos hilos que se tuercen en espiral como en un tejido donde se encuentra urdida una parte de lo que somos y lo que seremos. No es la primera vez que una antigua metáfora encuentra su confirmación científica en la naturaleza de las cosas.

El destino que me llevó a escribir estas líneas se asentó hace mucho tiempo en un código genético que sufrió in-

contables modificaciones en su redacción. Los hábitos y las vivencias, atados entre causas y efectos, acabaron por conformar de manera más precisa lo que soy. En todo esto, mi madre no sólo proporcionó parte del hilo conductor de mi vida, fue además alimento, protección, cuidado y amor. Quiero, pues, agradecer a ella, que ahora se consume lentamente como la flama de una vela.

La vida que se acaba como el pabilo de algodón y la cera de una vela no parece una alegoría. Nuestros cuerpos obtienen la energía del oxígeno que respiramos al reaccionar con el hidrógeno que hemos incorporado a nuestras células. Vivimos, pues, como la flama de una vela que arde mientras la cera le proporciona hidrógeno. Lo mejor es que la flama se extinga cuando la cera se ha agotado y el pabilo de algodón también llega a su fin. Cuando eso ocurre, decimos que nuestro tiempo ha terminado y no podemos sino agradecer al momento en que la milagrosa chispa puso luz al cordón trenzado de hilaza.

Para mi mamá, el final de la vida está lleno de eventos incomprensibles. Habita un mundo que se ha transformado lentamente. Un día se encontró con una mujer extraña en el espejo. En el cielo de esa misma noche brilló el Sol y un mar de miedo se apoderó de su mente. En otra ocasión buscó un rostro entre la gente y no lo encontró más. Sus palabras se fueron escondiendo en silencios cada vez más largos y más profundos. Todos sus recuerdos se fueron con el viento y ella se quedó viviendo en un universo de sentimientos. El amor a su casa estuvo ahí por mucho tiempo, reflejado en su mirada, pero un día la mirada se quedó vacía. A esa mujer en el ocaso quiero agradecer todo lo que soy.

## PRÓLOGO

La época actual está marcada por imponentes descubrimientos, sofisticados instrumentos y ambiciosos proyectos científicos. Nuestra generación acaricia el comienzo de los tiempos y contempla, como ninguna antes lo hizo, el origen de todas las cosas. El descubrimiento del Higgs en julio de 2012 corroboró nuestras ideas acerca del origen de la masa y nos ofrece ahora la posibilidad de entender la inflación que debió haber ocurrido en los primeros instantes después del *Big Bang*. Más aún, el Higgs podría ser la explicación misma del universo estable que nos hace posibles.

La fotografía del universo temprano que nos deslumbró en 1992 fue actualizada en marzo de 2013 con los resultados de la misión Planck de la Agencia Espacial Europea al mostrarnos de nuevo el rostro de un universo recién nacido, de apenas 380,000 años de existencia. En esta ocasión, la inusitada y reveladora claridad de la fotografía nos proporciona la edad precisa del universo así como abundante información sobre su naturaleza. La tímida aparición de un líquido perfecto —posible sustancia germinal cósmica— observada en el Acelerador Relativista de Iones Pesados de Brookhaven se confirma a una temperatura aun mayor en el experimento ALICE (*A Large Ion Collider Experiment: Experimento del Gran Colisionador de Iones*) del Gran Colisionador de Hadrones de la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN, por sus siglas en francés). Este descubrimiento augura una revolución del pensamiento,



que confirmaría la alucinante visión de un universo holográfico que propone la teoría de cuerdas.

La existencia de ondas gravitacionales que dejan su huella en la polarización de la radiación cósmica de fondo es la primera muestra de que nuestro universo sufrió un repentino proceso de crecimiento al que llamamos inflación cósmica y, sin duda, constituye una de las observaciones recientes más espectaculares. Éstos son sólo algunos de los logros más deslumbrantes de la ciencia en la época en que vivimos.

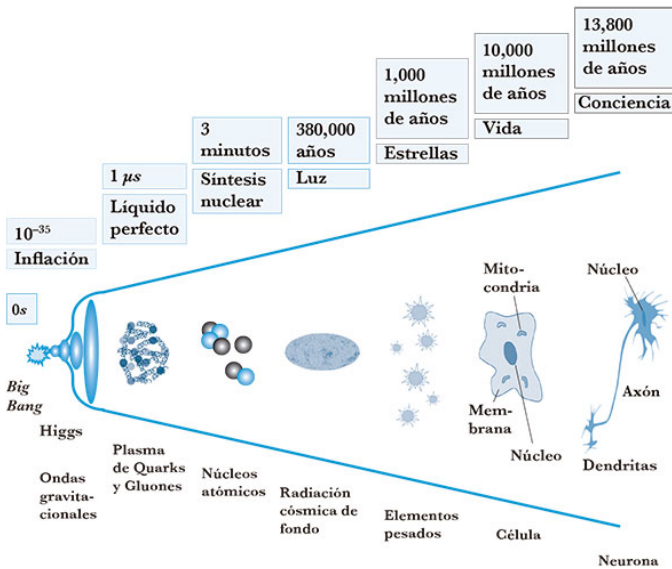
México empieza a formar parte de los grandes proyectos científicos. Un grupo constituido por investigadores de varias instituciones del país se incorporó en 1995 al experimento ALICE del Gran Colisionador de Hadrones del CERN. En fechas más recientes, otro grupo se integró a la colaboración CMS (*Compact Muon Spectrometer*: Espectrómetro Compacto de Muones), uno más participa en el observatorio de rayos cósmicos Pierre Auger y se construyó en México el detector de rayos gamma HAWC (acrónimo de *High Altitude Water Cherenkov*: observatorio a gran altura de agua Cherenkov), mientras sigue discutiéndose la participación de nuestros investigadores en otros muchos proyectos de Gran Ciencia.

Sin embargo, apreciar los resultados y entender los motivos de los grandes proyectos sólo es posible cuando se ve el cuadro completo. La obsesión de los científicos por un pequeño fragmento de la realidad está siempre relacionada con la visión de un universo inmenso, majestuoso y fascinante. La pasión del científico se alimenta de la conexión que ve y establece entre su trabajo y el paisaje entero. La belleza singular del detalle que lo ocupa proviene del vínculo de ese pormenor con algo más grande.

Por otro lado, a aquellos que no son científicos, el conocimiento de los avances de la ciencia les proporciona mayor riqueza a sus vidas, dándole valor y sentido a lo que de

otra manera pasaría inadvertido. Les brinda, además, la oportunidad de colocarse ante lo desconocido y percibir de esa manera el sentimiento más profundo que puede experimentar el ser humano: esa sensación de misterio ante lo que se nos aparece como inasible, profundo y cautivador. Ahí, en lo impenetrable, se manifiesta la belleza insondable, la eternidad indiferente y la culminación de la conciencia.

Este libro pretende ser un recuento de la historia del universo. Está guiado por un diagrama cronológico en el que se marcan las fechas más notables. Cada una de ellas constituye un capítulo. La palabra recontar tiene dos acepciones: una, la de dar a conocer los hechos y otra la de contar reiteradamente una serie de acontecimientos. En ambos sentidos, recontar la historia nos permite hacer un inventario, como el que se ofrece al lector en estas páginas.



Los grandes momentos de nuestro universo.

La estructura del relato es inversa a aquella en que discurre el espacio-tiempo del universo. Comenzaremos con el presente para buscar en el pasado próximo las razones de lo que vemos hoy. Esta búsqueda de antecedentes y causas nos llevará a lo más remoto de nuestro origen, en pasos que nos revelarán hechos cruciales sobre la procedencia de lo que nos rodea.

La estructura del relato está atada a un hilo que nos lleva de una etapa a la inmediatamente anterior, buscando la causa del evento central de cada una en la precedente. Así, revisaremos lo fundamental de la conciencia, lo cual nos llevará a buscar su origen en la vida; después, veremos los principios básicos de la vida, y esto nos obligará a entender la manera como la naturaleza une los átomos y, al hacerlo, veremos con más claridad las propiedades singulares de los elementos de la vida. Entender la naturaleza especial de estos ladrillos nos llevará a las estrellas donde se producen y entonces admiraremos las irregularidades de la radiación cósmica de fondo que hicieron posible al Sol. La producción de los primeros átomos que acabaron formando estrellas nos detendrá en los primeros minutos del universo. Después, ya no quedará más que mirar atrás, para entender los componentes más elementales de los átomos. El origen de los quarks y los leptones nos remite a la inflación cósmica y al campo que los hizo posibles. Éste es el mismo campo que probablemente estabilizó al universo, dándole cuerpo y forma. Y al final: el principio, el momento cero de la Gran Explosión. De esta forma, siguiendo esta cronología inversa, siguiendo el hilo hacia el centro mismo del laberinto, se irá revelando ante nuestros ojos la historia más grande jamás contada.

## Introducción

*Al universo le tomó menos de una hora hacer los átomos, pocos cientos de millones de años hacer las estrellas y planetas, pero cinco mil millones de años para hacer al hombre.*

GEORGE GAMOW, *The Creation of the Universe*

### ÁTOMOS

El modelo del átomo más usado por físicos, químicos e ingenieros es el propuesto por Niels Bohr en 1913. El ahora llamado "átomo de Bohr", en honor a este físico danés, fue descrito en tres artículos con el mismo título: "Sobre la constitución de los átomos y las moléculas", publicados en la revista *Philosophical Magazine*.<sup>1</sup> En 2013 se cumplieron cien años de este modelo atómico, que, aunque ya no sea válido, sigue siendo un referente fundamental. Su validez ha caducado porque se trata de un modelo incongruente con los fundamentos de la mecánica cuántica.

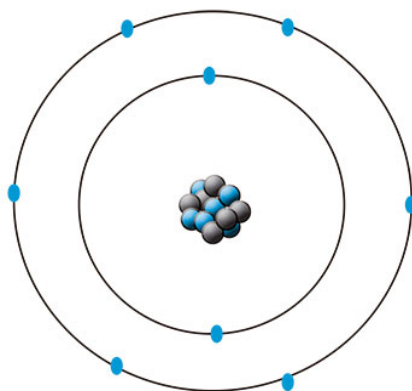
El átomo de Bohr consta de un núcleo esférico donde se concentran los protones y los neutrones, alrededor del cual giran los electrones en órbitas circulares cuyo radio depende de la energía del electrón. Sólo existen algunas órbitas posibles por las que los electrones pueden pasar de una a otra de manera instantánea, es decir, sin que se los pueda sorprender en un punto intermedio.

El átomo de Bohr fue concebido para describir el átomo de hidrógeno, que es el elemento más sencillo de la naturaleza y el más abundante en todo el universo. Antes de que Bohr planteara su modelo, ya se conocía el espectro

de este átomo, es decir, se sabía el color de la luz que emiten los átomos de hidrógeno y se conocía con detalle cada una de sus franjas de luz, que se dibujan de manera similar a como se dibuja un arcoíris en el cielo.

Cada elemento tiene un espectro que lo caracteriza como si fuera su huella digital. El del hidrógeno había sido estudiado por el suizo Johan Balmer, el estadounidense Theodore Lyman y el sueco Johannes Rydberg, entre otros. Sin embargo, estas franjas de luz no se entendían de una manera simple; Bohr ideó su modelo atómico para describir de forma sencilla todas las franjas observadas en el hidrógeno.

Ahora, más de cien años después de que Bohr propusiera su modelo, si quisiéramos mostrar a seres inteligentes de otros planetas que en la Tierra tenemos un desarrollo racional, podríamos presentar el espectro de hidrógeno. Si los extraterrestres son inteligentes, entenderán de qué estamos hablando y en respuesta quizá podrían enviarnos el átomo de Bohr, que expresa lo mismo de manera más simplificada. De este modo ellos nos mostrarían que son más sintéticos y nosotros podríamos replicar con la ecuación de Schrödinger, que constituye el siguiente paso en el desarrollo de las ideas acerca del átomo.



Átomo de oxígeno, según el modelo de Bohr. El núcleo está formado por ocho neutrones (*azules*) y ocho protones (*grises*) que se neutralizan eléctricamente con ocho electrones que giran alrededor del núcleo.

Muy pronto, con la llegada de la mecánica cuántica, el átomo de Bohr perdió validez, aunque el modelo continúa siendo el más usado en todas las áreas de la física. Es el símbolo más frecuente de la física.

De acuerdo con la mecánica cuántica no deberíamos pensar en el átomo como electrones circulando alrededor de un núcleo, sino como una combinación de partículas y ondas. La descripción del átomo se hace mediante una función de onda con la que es posible calcular la probabilidad de encontrar al electrón. Esto define una nube de probabilidades que se vuelve más densa a medida que aumenta la probabilidad de encontrar el electrón.

Cuando un átomo de hidrógeno se encuentra en su estado de menor energía, la probabilidad de encontrar a los electrones alrededor del núcleo toma la forma de una nube esférica que se desvanece a medida que nos alejamos del centro. En el modelo atómico de Bohr, el electrón del hidrógeno —en su estado de energía más bajo— se encuentra a 0.000,000,005,29 centímetros del núcleo. En el modelo cuántico, decimos que “en promedio” el electrón se encuentra a esa distancia, pero existe la probabilidad de encontrarlo en otra parte. Más aún, decimos que de cada cien veces que observemos un átomo de hidrógeno en su estado más bajo de energía en 32 ocasiones hallaremos al electrón dentro de un círculo con el “radio de Bohr” y en 68 ocasiones lo encontraremos fuera de este círculo.

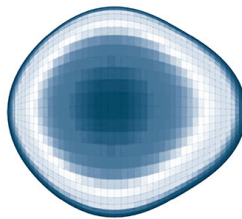
Cuando el átomo adquiere energía decimos que está excitado. Las nubes de probabilidad de los electrones comienzan a tomar formas más complicadas; cuando los átomos tienen números atómicos mayores, en otras palabras,

si tienen más protones en el núcleo, la forma de las nubes de probabilidad se complica.



Izquierda: átomo de hidrógeno en su nivel de energía más bajo. Su diámetro es de un angstrom aproximadamente, es decir, 0.000,000,0001 metros. En progresión a la derecha: átomo de hidrógeno con creciente nivel de excitación. Las nubes representan las densidades de probabilidad de encontrar al electrón.

La mayoría de los átomos en la naturaleza tienen la forma de una pelota de fútbol americano; sin embargo, en 2013 se descubrió que algunos núcleos atómicos muy inestables tienen forma de pera. Dicha forma, en núcleos inestables, está prevista en los modelos más actualizados de los átomos.



Forma de un átomo de radón 224 que se deduce de las mediciones hechas en el CERN. Fuente: © CERN.

En el Centro Europeo de Investigaciones Nucleares (CERN) se pueden producir átomos muy pesados mediante el choque de protones de alta energía en un blanco hecho de uranio. Tras seleccionar los átomos deseados, se puede acelerarlos hasta que alcanzan ocho por ciento de la veloci-