

Una Aproximación al Descubrimiento del Universo

Néstor Enrique Valadez Pérez*

Hacyan, Shahan. *El descubrimiento del Universo*. México: (SEP; FCE; CONACYT), 2001. (La Ciencia para todos; 6).

*“Cruza y va, universo arriba
Viaja por la luz, bebe oscuridad
Te dirá, como transmutar
Tu alma en un cristal ...”
(M. Bosé)*

La palabra Universo denota al conjunto de estrellas, planetas y demás cuerpos celestes que ocupan el espacio y, por supuesto, incluye todo lo que está a nuestro alcance y aquello que apenas imaginamos. El sentido común nos enseña que todo tiene un principio y un fin: entonces, el Universo ha de haber tenido un principio y tendrá un fin. Si esto es cierto, entonces ¿Cómo fue que se originó?, ¿Cómo es?, ¿Cómo es que evoluciona? Y ¿Cómo terminará? Son preguntas frecuentes, que necesitan de la ciencia para ser respondidas. Para contestar habrá que reconstruir su historia a partir del día de hoy.

Retroceder en el tiempo y encontrar aquellas ideas que dieron lugar a la imagen que tenemos, nos servirá para comprender la gran maravilla que se abre a nuestros ojos, orden y caos, evolucionando conjuntamente a partir de Big Bang hasta el Big Crunch.

ORIGEN DEL UNIVERSO

Existen preguntas, de mayor o menor importancia, la mayoría de las cuáles pueden ser explicadas de alguna u otra manera, pero existe una en especial, tan vieja como la historia humana y de relevancia física, filosófica y hasta espiritual, que aún no se responde por completo. Esta enorme pregunta es: ¿Cuál fue el origen del universo?

Las primeras respuestas fueron dadas hace más de dos mil años y su elemento, en común, fue atribuirle el origen a un Ser superior y eterno. Las versiones varían de una cultura a otra, pero coinciden en que hubo un principio, antes del cual, no existía nada.. Como señala San Agustín en su obra *la Ciudad de Dios*: “*La civilización está progresando y podemos recordar quien hizo esta hazaña o desarrolló aquella técnica. Así, el hombre, y por lo tanto quizá también el universo no podían haber existido desde hace mucho tiempo atrás*”¹.

Los siguientes, en dar una respuesta al principio del universo, fueron los filósofos griegos, para ellos, el universo empezó en un estado primordial; a partir del cual progresó² hasta convertirse en lo que es ahora. En particular, me parece que evitaron dar una respuesta que involucrara tiempo, ya que les aterraba la idea del infinito.

Desde el surgimiento de la pregunta, hasta hace poco más de un siglo, no hubo respuesta totalmente separada de conceptos metafísicos. Acaso ¿Es tan difícil responder? Immanuel Kant en su *Crítica de la Razón Pura*, llega a la conclusión de que preguntas como esta, en general, tienen dos respuestas totalmente lógicas, pero contradictorias (antinomías). En particular, si el universo no hubiera tenido un principio, entonces habría pasado un tiempo infinito anterior al primer acontecimiento, en cambio, si hubiera habido un principio habría pasado otro infinito entre el inicio y el primer hecho.

* Instituto de Física. Universidad de Guanajuato.

¹ Hawking, Stephen. “Historia del tiempo. Del Big Bang a los agujeros negros”. Edit. Alianza. España 2003. p. 25.

² Entiéndase progreso por el actual concepto de evolución.

Como nos damos cuenta, la elección de un tiempo, que nos sirva de guía, es incompatible con la idea de que exista un principio, debido a que pensar en retroceder un tiempo infinito es difícil, más aún, pensar que el infinito es algo que no podemos comprender bien. Entonces, la única manera de reconciliar el origen del universo con la idea de tiempo finito, es pensar que el tiempo nació junto con el universo. Tal y como lo dijo san Agustín cuando le preguntaron “¿Qué hacía Dios antes de que creara el universo? A lo cual respondió que el tiempo era una propiedad del universo que Dios había creado, y que el tiempo no existía con anterioridad al principio del universo”³ Nos hemos quedado sin tiempo en el cual confiar, además de que el razonamiento, pilar fundamental de la física Aristotélica no es de gran ayuda para comprender el universo.

Lo único que queda, es preguntarle directamente al universo, me refiero pues a la observación. Ha llegado el momento de dejar a un lado la filosofía y empezar a hacer Ciencia, solo así se llega a un conocimiento que está fuera de la mente, y que aunque no se entienda el ¿Por qué? si se entienda el ¿Cómo?

IMAGEN DEL UNIVERSO

Seguramente, alguna vez hayamos visto un Modelo del Universo en el que la Tierra, es representada por un disco aplanado, sostenido por cuatro elefantes, los cuales están apoyados sobre una tortuga gigante, y a su alrededor los astros girando. Ahora nos parece bastante ridículo pero, si no conociéramos más que esto y mirásemos hacia el cielo, ¿Seríamos capaces de demostrar que no es cierto? La imagen del universo empezó a formarse con elementos como éstos, a medida que el tiempo pasó, se fueron descartando posibilidades hasta llegar a lo que conocemos.

Aristóteles, en el año 340 a.C. en su obra *De los Cielos*, nos pintó una Tierra en forma de esfera⁴, fija en el centro del Universo, alrededor de ésta, la luna, el Sol, los planetas y demás astros, girando en órbitas circulares. El círculo es la figura más perfecta y el circular, el más perfecto de los movimientos. Cada astro, se movía a través de una esfera concéntrica a la tierra. Y supuso que los cuerpos terrestres estaban formados de cuatro elementos, a diferencia de los celestes, que estaban formados de éter, una sustancia incorruptible e inmutable. Si el número de esferas es finito, ¿Qué hay más allá de la última esfera? Aristó-

teles respondía que la nada. En la Edad Media, esta supuesta falla hizo que el modelo de Aristóteles fuera el único permitido porque después de la última esfera, había el suficiente espacio para el cielo y el infierno.

Todo modelo en Física debe explicar un fenómeno y, además, debe ser predictivo, cosa que el modelo geocéntrico de Aristóteles no hacía. Los planetas conocidos hasta esa época describían un movimiento retrógrado, es decir iban normalmente hacia el este, cuando inesperadamente cambiaban su rumbo hacia el oeste. Fenómeno inexplicable, si las órbitas son circulares.

Hacia el siglo II d.C. Ptolomeo introduce una pequeña modificación al modelo geocéntrico: considera que las órbitas siguen siendo circulares, pero que, además, los planetas describen un círculo sobre su órbita. Inventa entonces los epiciclos, construcciones geométricas que no tienen nada que ver con las órbitas de los planetas.

Mientras que los seguidores de Ptolomeo dibujaban epiciclo sobre epiciclo para describir órbitas complicadas, una brillante idea surgió en la mente de Nicolás Copérnico. En 1542 en su obra “*De revolutionibus orbium caelestium*”, simplificó las órbitas hasta entonces conocidas haciendo del Sol el centro del Universo. Desafortunadamente no se pudo librar por completo de los epiciclos, aunque eran ahora más fáciles de hacer.

Cien años después, el modelo heliocéntrico encuentra a su primer gran defensor, en Johannes Kepler. Su trabajo fue de gran relevancia, dio bases sólidas al modelo heliocéntrico, proponiendo tres leyes que rigen el movimiento de los planetas, éstas son:

- Los planetas se mueven en elipses con el Sol en uno de sus focos.
- El radio vector de un planeta barre áreas⁵ iguales en tiempos iguales.
- El cuadrado del periodo orbital de los planetas es proporcional al cubo de sus radios orbitales.

En 1609 Galileo Galilei, otro defensor del modelo heliocéntrico, descubrió que Júpiter tenía ciertos cuerpos en torno suyo. Intentó describir su movimiento con epiciclos, desafortunadamente no lo logró, pero notó que el problema se simplificaba si, en lugar de que esos cuerpos giraran alrededor de la Tierra, giraran alrededor de Júpiter. De esto podemos concluir

³ Hawking, Stephen. *Historia del tiempo. Del Big Bang a los agujeros negros*. Edit. Alianza. España 2003. p. 26

⁴ Observaciones sobre eclipses lunares le hicieron llegar a esta conclusión, si fuese un disco la tierra, la sombra proyectada sería una elipse, sin embargo es un círculo.

⁵ El concepto que Kepler tenía sobre el área es muy diferente al que actualmente se tiene, sin embargo la observación comprueba la validez del segundo postulado.

que no todo gira alrededor de la Tierra, tal y como lo dice el modelo geocéntrico. El trabajo de Galileo sirvió como guía para la nueva física que, en general, era más simple pero más real.

En este momento ya existía una imagen, más o menos clara, de lo que era el Universo, el Sol era el centro y los planetas giraban alrededor de él. Sin embargo, aún queda la pregunta en el aire sobre: ¿Qué es lo que causa que los planetas giren?

Cuenta una conocida leyenda que Isaac Newton descubrió la causa del movimiento de los planetas, al analizar la caída de una manzana. En 1687 se publicó *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, el libro sobre Física más importante, donde Newton describe el movimiento de los cuerpos celestes, además de dar la herramienta matemática con la que se ha de estudiar. Aparece, entonces, la ley de gravitación universal que relaciona la fuerza de atracción entre dos cuerpos, con sus masas y la distancia que los separan, siendo ésta:

$$F_G = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Una importante consecuencia de la ley de gravitación es que el universo no es estático. Si el espacio y la masa son finitos, llegará un momento en que la fuerza de gravedad concentre toda la masa en un solo punto. Si, por el contrario, la masa y el espacio son infinitos, no habrá un punto preferente donde pueda concentrarse toda la materia. Esto daría lugar a la formación de pequeños conglomerados. Con esta predicción podemos hallar un mecanismo de evolución estelar. Recordemos que la materia está distribuida, de tal forma, que esos pequeños cúmulos podrían ser las galaxias, los sistemas planetarios, etc.

Pasaron doscientos años más en los que el Sol fue el centro del Universo. En 1915, Harlow Shapley al hacer observaciones para determinar el tamaño de la Vía Láctea se topó con una gran irregularidad en la distribución de los cúmulos globulares⁶. Situación inesperada, debido a que la naturaleza siempre guarda una simetría⁷. Shapley llegó a la conclusión de que el Sol no era el centro de la galaxia, sino que se encontraba en uno de sus bordes. Más de dos mil años han pasado y apenas se está logrando acabar con la influencia de Aristóteles: el universo no es como decía. Hemos encontrado un método diferente de hallar la verdad, éste es mirar afuera, en la naturaleza.

EVOLUCIÓN DEL UNIVERSO

Otro de los conceptos arraigados en la ciencia, desde el tiempo de Aristóteles, es la existencia del éter, la sustancia que permeaba todo el espacio. La existencia de éter significa que hay un marco de referencia absoluto y todo se mueve con respecto a él.

En 1887 Albert A. Michelson y Edward Morley realizaron un experimento para determinar la velocidad de la Tierra con respecto al éter. Si en verdad el éter existiera, entonces un rayo de luz que viaja en la misma dirección que la Tierra, tendrá diferente velocidad que otro que se mueva, perpendicularmente, al primero. El resultado obtenido fue que los dos rayos tienen la misma velocidad, sin importar el movimiento de la tierra. George FitzGerald y Hendrik Lorentz sugirieron que los cuerpos que se desplazan por el éter se contraerían y el ritmo de sus relojes disminuiría. Esta contracción y esta disminución del ritmo de los relojes sería tal que los observadores medirían la misma velocidad de la luz⁸.

La explicación a este fenómeno, en que la velocidad de la luz es constante, la dio en 1905 el más grande físico de la historia Albert Einstein. Su Teoría Especial de la Relatividad revolucionó las ideas sobre el espacio y el tiempo como lo hacen notar los siguientes postulados:

- Las leyes de la Física son las mismas en todos los marcos de referencia inerciales.
- La velocidad de la luz es una constante.

Ahora el espacio y el tiempo dejan de ser absolutos, para convertirse en variables dinámicas. Ahora existen cuatro coordenadas que describen la posición, tres son espaciales y una temporal⁹ y no existe diferencia entre una y otra. Las cuatro pueden ser expresadas en términos de c (velocidad de la luz en el vacío). En 1916 Einstein incorpora a su teoría el efecto de la gravedad y del movimiento acelerado en los marcos de referencia para postular la Teoría General de la Relatividad. Según esta teoría el espacio es deformado por la acción de la gravedad. Consecuencia de esto es que los planetas siguen una línea recta en el espacio-tiempo, pero la gravedad del Sol hace que el espacio-tiempo se curve y parezca que se mueven alrededor de él. El espacio que Einstein propone es muy diferente del espacio euclidiano que conocemos, sigue en realidad una geome-

⁶ Grupo esférico o casi esférico de estrellas viejas. Contienen entre 100.000 y 10 millones de estrellas y poseen diámetros de unos 100 años luz.

⁷ En los últimos años se ha descubierto que el modelo estándar, para ser consistente debe tener una simetría rota, lo que explicaría el origen de la masa.

⁸ Beiser, Arthur. *Concepts of Modern Physics*. Edit. McGraw-Hill. N. Y. 2003. p. 6

⁹ Se supone que existen cerca de veinte dimensiones, aunque lo más aceptado es la existencia de sólo once, algunas de las cuales son tan pequeñas y otras tan grandes o infinitas.

tría de tipo hiperbólico¹⁰, en general es finito, pero sin fronteras. Una importante consecuencia de la teoría es que el Universo no es estático y las ecuaciones indican que está en expansión y, en algún momento, se frenará y comenzará una contracción. A Einstein no le gustó su predicción, así que inventó una constante cosmológica que mantenía al Universo estático. La función de este término fue que actuara como un tipo de antigravedad.

En 1931 llega la tan inesperada confirmación de la expansión del Universo por Edwin P. Hubble. Tras descubrir que las nebulosas se alejaban de la Tierra a una velocidad proporcional a su distancia medida. Situación predicha años atrás por Alexander Friedmann, utilizando las ecuaciones de Einstein, sin la constante cosmológica. Según Friedmann, el Universo puede seguir tres líneas de evolución: en la primera hay una expansión moderada que a la larga, hará que el Universo se contraiga; en la segunda, la expansión es tan rápida, que nunca habrá contracción y, en la tercera, la expansión será lenta pero durará por siempre. Para el primer caso la densidad debe ser superior a un valor crítico, mientras que para las otras dos, el valor crítico nunca se alcanza. Las soluciones anteriores parten de un tiempo cero, en el que toda la atención estuvo concentrada en un punto donde la curvatura de espacio-tiempo fue infinita. Desafortunadamente, no contamos con una herramienta que nos permita explorar el infinito. Los modelos matemáticos no explican qué sucede en estos casos (singularidades), pero podría aproximarse tanto como se quiera. Desafortunadamente la física impone un límite, más allá del cual no se puede precisar. Por lo tanto nunca sabremos lo que ocurrió a un tiempo cero.

La relatividad deja de tener validez para dimensiones tan pequeñas como la escala de Planck¹¹, así que utilizaremos la mecánica cuántica para sondear el comienzo del Universo.

Antes de un tiempo de cerca de los 10^{-35} s no podemos estar seguros de lo que realmente pasó. Solo existen posibilidades. Una de tantas posibilidades fue que el Universo se originó a partir de una fluctuación cuántica del tamaño del Universo, después de la cual, aparece el estado inflacionario. Otra posibilidad surge, directamente, de las ecuaciones de Einstein: ésta es que hubo un átomo primordial que dio origen a todo el Universo. Hablamos pues del Big Bang¹². Esta teoría implica que el espacio-tiempo y la materia, surgieron

de un solo punto, además de que este fenómeno puede ocurrir en cualquier lugar.

Avanzando un poco más, llegamos al estado inflacionario, caracterizado por una expansión rapidísima del Universo, superior a la velocidad calculada por Friedmann. El Universo aún se sigue expandiendo a una velocidad crítica, tal y como aparece en el modelo de Friedmann. Esto significa que es muy posible que el final sea tal y como fue predicho, es decir, que llegue un momento en que se frene la expansión y comience la contracción. Otras observaciones revelan que la expansión se está acelerando, y si sigue aumentando, el universo se dirigirá hacia el Big Rip. Es así como concebimos el Universo, aunque la idea de principio y de fin aún no se puedan entender.

CONCLUSIÓN

Los modelos sobre el Universo empiezan cuando se observa el cielo y la imaginación vuela, pero sólo cuando observación y razonamiento se unen forman un sistema lógico, alejado de misticismo y se llega al conocimiento. A través de los siglos grandes pensadores han escudriñado la naturaleza pero, de todos ellos, dos merecen atención especial: me refiero a Newton quien, para el siglo XVII, ya tenía la mejor aproximación sobre lo que sucedía en el cielo. El otro es Einstein por llevar las ideas de Newton más allá del tiempo y del espacio. Los dos llegaron al resultado de un Universo dinámico, cosa inimaginable, pero medible.

El Universo nace de un solo punto, un punto tan difícil de describir, donde las leyes de la física pierden su efecto. Pero podemos estar seguros de que alguien solucionará este problema y terminará lo que empezó con Newton; alguien que concilie las ideas de la relatividad y de la mecánica cuántica y nos dé una verdadera teoría cuántica sobre la gravitación. Hasta entonces no se sabrá el origen al tiempo cero, ni el final de la creación...

REFERENCIAS

- Hawking, Stephen. *Historia del tiempo. Del Big Bang a los agujeros negros*. Edit. Alianza. España 2003.
- Hawking, Stephen. *El universo en una cáscara de nuez*. Edit. Planeta. España 2001.
- Beiser, Arthur. *Concepts of Modern Physics*. Edit. McGraw-Hill. N. Y. 2003.
- Bartusiak, Marcia. *Más allá del Big Bang. El universo en evolución de Einstein*. Revista National Geographic en español. México, Mayo del 2005.

¹⁰ En geometría euclidiana la distancia entre dos puntos es igual a $d = \sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 + (z-z_0)^2}$, donde x, y y z son las coordenadas espaciales. En relatividad, la forma de la distancia viene dada como: $d = \sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 + (z-z_0)^2 - (t-t_0)^2}$ donde t es la coordenada temporal. El signo menos tiene importantes implicaciones.

¹¹ La combinación de las constantes G, c y h dan lugar a medidas de órdenes pequeñísimos, así tenemos la longitud, el tiempo y la masa de Planck, que son respectivamente 10^{-35} m, 10^{-44} s y 10^{-8} kg.

¹² Stephen W. Hawking demostró que la teoría general de la relatividad predice un Big Bang, además llegó a la conclusión de que el espacio-tiempo es finito pero sin fronteras, lo cual implica que no hubo principio, ni tampoco creación.