

## Redescubriendo Nuestro Universo

Mariana Eugenia Farías Anguiano\*

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

*"If you follow you will see  
what's beyond reality"  
(Si sigues, verás  
lo que está más allá de la realidad)*  
- M. Cretu

Shahan Hacyan Saleryan, de ascendencia armenia, realizó estudios de licenciatura en Física en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Obtuvo su Doctorado en Física Teórica, con especialidad en partículas elementales, en la Universidad de Sussex, Inglaterra. Miembro de la Academia Mexicana de Ciencias, se distingue por su prolífica actividad en el campo de la divulgación científica, en particular sobre astrofísica teórica. Sus trabajos incluyen publicaciones semanales en la sección de ciencia de un diario en la ciudad de México, artículos en revistas científicas y varios títulos publicados dentro de la colección "La Ciencia para todos" del Fondo de Cultura Económica.

Es en uno de estos títulos: "El Descubrimiento del Universo", el doctor Hacyan presenta una recopilación de los mitos, hipótesis y teorías sobre el Universo que se han ido postulando a través del tiempo; cómo ha cambiado nuestra visión: desde una tierra plana hasta el Universo que se expande a los confines del tiempo.

Remontándose a las primeras civilizaciones con registros, Hacyan retrata la esencia de una cultura que influyó ampliamente los mitos de pueblos posteriores: la cosmovisión babilónica, que relata la concepción de la Tierra como obra de dioses a partir de un estado de caos primordial. Esta es una idea que predomina en varias explicaciones mitológicas de la naturaleza de la Tierra. Otras culturas hablaban de ella como un espacio plano fijo, rodeado por la esfera celeste, en la que las estrellas permanecían invariables, y de la existencia de siete niveles superiores y siete inferiores donde habitaban los dioses y demonios.

Siglos después, con el gran avance y florecimiento de la cultura occidental en Grecia, se desarrollan modelos del universo en los que para nada intervienen los dioses. Algunos filósofos de la escuela Jónica explican al Universo como unidad de la que surgen pares de opuestos que pasan a conformar todo cuanto existe. La tierra no es estática, incluso hubo quienes la concibieron como una esfera que giraba alrededor del Sol. Sin embargo, las ideas de los filósofos más importantes, en aquella época (Platón y Aristóteles), eran mucho menos progresistas y aseveraban que la tierra era una esfera inmóvil en el centro del universo, con todos los astros moviéndose a su alrededor en esferas concéntricas, y que la materia constitutiva de los astros sería de naturaleza distinta a la de la Tierra. Los astrónomos griegos se dedicaron a determinar por varios métodos las distancias de la luna y el Sol, aunque obteniendo valores menores a los reales. Ptolomeo, el último astrónomo griego clásico, explica los movimientos planetarios por medio de epiciclos (círculos girando alrededor de círculos).

Durante la Edad Media predominan, como ya es bien sabido, las ideas de la tradición judeo-cristiana, las de Aristóteles y Ptolomeo para comprender al Universo.

La publicación del libro *De Revolutionibus*, por Copérnico, marca el comienzo de una serie de argumentos futuros para desacreditar el modelo arcaico aceptado por la Iglesia y propuesto por los pensadores griegos. En él afirmaba que el sol, no la tierra, era el centro del universo, aunque manteniendo las dimensiones calculadas por los griegos. Muchos otros defendieron el modelo heliocéntrico de Copérnico, añadiendo sus propios des-

\* Escuela Preparatoria de Silao. Universidad de Guanajuato.

cubrimientos: Kepler y sus leyes sobre el movimiento de los planetas (basadas en registros obtenidos por Tycho Brahe y él mismo) con las que demostró que los planetas se movían en trayectorias elípticas, no epícloos; Galileo y sus *Diálogos* donde defendía la teoría heliocéntrica; Huygens, Gregory y su determinación indirecta de las distancias de las estrellas.

La refutación más precisa de la concepción aristotélica viene en los años de 1684-1685 con el descubrimiento de la gravitación, fenómeno descrito por Isaac Newton como universal. Basándose en los descubrimientos anteriores, Newton demostró que el movimiento de los planetas es producido por la atracción gravitacional del sol sobre ellos. De este modo, determinó que esta fuerza está dada por la fórmula  $F_g = \frac{GM_1M_2}{D^2}$  (donde "G" es una constante, y M1 y M2 las masas de dos cuerpos que se encuentran a una distancia "D"). Además, Newton comparó los brillos aparentes de los planetas y el sol, método con el cual determinó distancias estelares muy cercanas a las aceptadas actualmente.

Implicaciones importantísimas trajo consigo la gravitación, pues el universo debería ser infinito y uniforme para que no colapsara sobre sí mismo.<sup>1</sup>

Todos estos descubrimientos, que permitieron obtener por primera vez leyes que explicaran claramente el comportamiento estelar (las leyes de Kepler y la gravitación), reformaron las concepciones aristotélicas del universo.

Posteriormente se empezaron a hacer registros astronómicos más exactos y, en el siglo XVIII, astrónomos como Herschel y Rosse confirmaron lo que años antes había conjeturado el filósofo Immanuel Kant: las estrellas en la Vía Láctea parecían hallarse en un plano en forma de disco giratorio, así que su movimiento rotacional impedía el colapso ocasionado por la gravedad (las dos fuerzas, centrífuga y gravitatoria se compensan mutuamente).

En el campo de la óptica se desarrollaron los estudios de las diversas longitudes de onda de la luz y, con ello, la espectroscopia que permitió determinar la composición química de los planetas. Además surgieron las primeras clasificaciones de las estrellas por sus brillos intrínsecos y, con ello, se detectaron nuevos mecanismos de medición de distancias estelares: las cefeidas y los cúmulos globulares son cuerpos que varían su brillo con el tiempo y esta variación se relaciona con su luminosidad y distancia. Fue entonces que se realizaron las primeras mediciones de la vía

Láctea y los tamaños de otros cuerpos celestes que llamaban universos-isla: las galaxias.

Resultó entonces que, gracias a las observaciones de Edwin P. Hubble, los espectros de las estrellas y los corrimientos al rojo que presentaban, como manifestación del efecto Doppler, se pudieron calcular velocidades por las que las estrellas se alejan de nosotros: evidencia directa de que el universo no es estático sino que se encuentra en expansión.

Entrando de lleno a las teorías más importantes de nuestro tiempo, Hacyan nos presenta la gran revolución científica del siglo XX: Las teorías especial y general de la relatividad publicadas por Albert Einstein a partir de 1905. La primera postula lo siguiente: El universo en el que vivimos es un espacio-tiempo de cuatro dimensiones, donde la 4ta. dimensión es el tiempo. Por lo tanto, no es absoluto como en la física newtoniana, sino que depende de quien lo observa. La velocidad de la luz es una constante fundamental de la naturaleza por medio de la cual se puede obtener la equivalencia entre masa y energía, dada por la fórmula:  $E = mc^2$ .

En la teoría de la relatividad general se incorporan los efectos de la gravitación sobre el espacio-tiempo, de lo que resulta que la gravitación es la manifestación de la curvatura del espacio-tiempo. Y que, por lo tanto, es susceptible de cerrarse sobre sí mismo. El físico ruso Friedmann postuló, al respecto, que el universo es cerrado o abierto dependiendo de la densidad total de materia que en él exista.<sup>2</sup> Con estas teorías, y observaciones que las respaldan, queda confirmado que nuestro universo está en expansión, lo cual necesariamente conduce a la idea de que en un pasado muy remoto hubo un momento en que toda la materia del universo estuvo concentrada en un solo punto de densidad infinita.

Con esta introducción al problema del origen del espacio-tiempo, Shahen Hacyan hace una pausa, con el objetivo de aclarar algunos conceptos fundamentales para la comprensión de esta teoría (naciones que encuentran su explicación en la física de partículas y la mecánica cuántica.). Por principio, la materia está constituida de átomos, a su vez compuestos de partículas elementales (protones, electrones y neutrones) que poseen propiedades como carga y masa. La luz, por otra parte, también está integrada por una partícula elemental, el fotón, que no posee ni masa ni carga y se mueve a la velocidad de la luz (el comportamiento onda-partícula de las partículas elementales es explicado por la mecánica cuántica). El neutrino, que por sus propiedades especiales casi no interactúa con la

<sup>1</sup> Lo cual dio lugar a interesantes debates como la famosa Paradoja de Olbers: el brillo de las estrellas sería infinito si viviéramos en un universo infinito.

<sup>2</sup> Valor que aún no se ha podido determinar con precisión pero todo pareciera indicar que es justo la densidad crítica, que predice un universo abierto pero cuya expansión se detendrá.

materia; tiene sin embargo, una importancia fundamental para esta teoría.<sup>3</sup> Resulta, también, que estas partículas “elementales”, a su vez, se forman por otras más pequeñas llamadas cuarks... y el “zoológico de partículas” aumenta.

Otros conceptos importantes son la existencia de materia y antimateria<sup>4</sup> y la aniquilación que resulta de ambas, en la que se producen fotones y radiación gamma (de enormes energías), por lo que esta aniquilación es perceptible, pero aún no se ha registrado este fenómeno en el universo (se descubrió en los aceleradores de partículas), por lo tanto se piensa que toda la antimateria ya se ha aniquilado con la materia, quedando una pequeña cantidad de ésta “sobreviviente” a la aniquilación.

Por otro lado, están los gases ionizados, en los que las moléculas del gas se han roto en átomos, y estos se separan en un núcleo y electrones libres que emiten fotones constantemente, por lo que un gas caliente brilla y esto explica la composición de muchas nebulosas y regiones gaseosas espaciales.

En el mundo de Planck (el mundo subatómico) se pueden establecer los límites de la Teoría de la Relatividad General, determinados por la combinación de las tres constantes fundamentales de la naturaleza (“ $H$ ”, la constante de la gravitación, “ $c$ ”, la velocidad de la luz, y “ $h$ ” la constante de Planck) para formar unidades de masa, el tiempo y longitud.

En la actualidad se explican las fuerzas de la naturaleza como manifestaciones generales de las cuatro interacciones fundamentales, que son la gravedad o deformación del espacio-tiempo, la fuerza electromagnética que une los electrones a los núcleos atómicos y las interacciones fuerte y débil, responsables de ciertas reacciones a nivel subatómico (la fuerte permite que un núcleo atómico se mantenga unido y la débil describe algunas interacciones de neutrinos). En el futuro se espera poder explicar estas interacciones como manifestaciones a varias escalas de una sola fuerza.

Reanudando la idea central del libro, Hacyan expone algunas de las hipótesis sobre el origen del universo en base a las predicciones de las leyes físicas actuales. Hasta antes del tiempo de Planck el estado del universo no se puede explicar. Después hay dos modelos principales que explican de dónde nació el universo. El primer modelo nos indica que el universo pudo salir simplemente del vacío. De acuerdo a la teoría cuántica, existen partículas virtuales que se crean

de la nada pero su “vida” es muy pequeña como para ser detectada, por lo que no violan el principio de conservación de la materia: a esto se le llama fluctuación cuántica, a partir de la cual pudo surgir toda la masa que en la actualidad conforma el universo.

La segunda posibilidad es, por supuesto, el nacimiento del universo a partir de la explosión de un punto de energía y densidad infinitas que comenzó a expandirse desde el principio: la teoría del Big Bang. De acuerdo al llamado “modelo inflacionario”, en el origen las partículas existentes tenían tanta energía que las cuatro interacciones fundamentales eran una sola. En algún punto, cuando la temperatura disminuyó, comenzaron a separarse las interacciones, lo que desencadenó un proceso que liberó grandísimas cantidades de energía, por lo que, en este punto, el Universo se expandió mucho más rápido: en fracciones de segundo dos regiones que estuvieran en contacto fueron separadas violentamente con velocidades cercanas a las de la luz.

Después de unos tres minutos, se puede explicar, con más bases científicas, lo que ocurrió con el universo: la temperatura bajó, las partículas que había se aniquilaron con antipartículas, formando fotones y quedando como producto un remanente de materia<sup>5</sup>, que con el tiempo fue formando núcleos de hidrógeno y helio. Los fotones resultantes debieron haberse alejado con la expansión hasta los límites del universo y, de acuerdo a la teoría, se manifestarían como señales de radio, que posteriormente fueron halladas por radioastrónomos que determinaron la temperatura actual del universo en 3 °K (prueba a favor de esta teoría).

Existen otras teorías para explicar el origen del universo distintas al Big Bang. Por ejemplo, la del estado estacionario plantea la hipótesis de que, así como el espacio es a gran escala homogéneo, el tiempo también lo es. La hipótesis del fotón cansado pretende explicar por qué se observa el corrimiento al rojo en las estrellas sin recurrir a la expansión. Hay otra teoría que asegura, de acuerdo a una conjetura de Dirac, que la constante de la gravitación no es constante, y otra que indica que el universo está formado tanto de materia como de antimateria. Ninguna de estas teorías ha sido respaldada hasta ahora por las observaciones, por lo que el modelo más coherente es el de la Gran Explosión.

Otras preguntas, a las que se busca explicación, son aquellas sobre la evolución cósmica. Las galaxias presentan en su interior una intensa actividad que

<sup>3</sup> Si se determina, como algunas observaciones parecen indicar, que el neutrino posee masa, podría resultar en la materia faltante para que el nuestro sea un universo cerrado.

<sup>4</sup> Constituida por partículas iguales en masa a las elementales, pero de carga eléctrica contraria.

<sup>5</sup> Como resultado de una pequeña asimetría detectada experimentalmente de la materia con respecto a la antimateria, lo que explica por qué en nuestro planeta no se ha encontrado antimateria en estado natural.

apenas se empieza a explicar, y no sólo eso: no hay una teoría sólida que explique la diversidad de formas galácticas que se presentan como espirales, elípticas, lenticulares e irregulares. Se han propuesto modelos que sitúan la formación de galaxias en los primeros segundos de la gran explosión, a partir de irregularidades en el espacio-tiempo, aunque hasta ahora no se ha observado ninguna galaxia en formación que corrobore o no estas afirmaciones.

Los grandes telescopios han mostrado que las galaxias, sin importar su forma, están ordenadas en grandes cúmulos de varias galaxias que, a su vez, parecieran ordenarse en supercúmulos, los cuales presentan formas filamentosas. Así que, el universo, a gran escala, se vería como un encaje: regiones de materia en filamentos y, entre ellas, extensiones de espacio vacío que abarcan miles de años luz.

Después de la Segunda Guerra Mundial, el estudio desarrollado en la frecuencia del radio permitió estudiar la luz emitida de astros en esta frecuencia. Con sorpresa se descubrieron galaxias que, en el visible tenían forma elíptica y emitían en radio dos lóbulos laterales simétricos de unas 20 veces el tamaño de la galaxia visible. A estos cuerpos se les llamó radiogalaxias y se cree que están asociados con otro tipo de astros misteriosos encontrados en los confines del universo visible: los cuasares que, a pesar de la enorme distancia, son detectados visiblemente, por lo que deben brillar con la intensidad de ¡100 millones de galaxias!, y se piensa que podrían ser núcleos de galaxias en formación.

Aún más sorprendente es el hecho de que se haya detectado una intensa actividad en el núcleo de galaxias como la nuestra. Las grandes velocidades a las que se mueven las estrellas centrales indican que un objeto muy masivo ejerce influencia gravitatoria sobre ellas: un enorme agujero negro, que hasta podría estar directamente relacionado con la formación de las galaxias.

Con un epílogo, sobre el futuro de la cosmología, termina el doctor Shahan Hacyan este material que abarca de forma coherente los grandes cambios de pensamiento y concepción universal hasta nuestros días.

La redacción no es compleja, y sin profundizar demasiado en algunos temas, logra explicar diversas teorías desde un punto de vista muy objetivo. Hasta antes de leerlo, conocía varios conceptos intuitivos que, justamente, el autor desarrolla de forma amena, sencilla y sin divagar en otros temas relacionados.

Aborda, de forma cronológica, los avances en astrofísica y cosmología, por lo que permite ubicar fechas clave. Aunque el capítulo sobre física moderna puede parecer un poco ambiguo, la información desarrollada se justifica posteriormente, y es necesaria para el entendimiento de los capítulos posteriores.

Curiosamente, el doctor Hacyan no menciona la postura teórica que él tiene al respecto: es decir, este no es un trabajo personal, sino enteramente objetivo, que justifica o refuta paso por paso los postulados expuestos con la evidencia registrada.

Este libro parece ser muy indicado para el público apenas iniciado en lo temas de cosmología. Contiene información básica para estudiantes de nivel medio superior y, además, se ha convertido en una bibliografía de consulta para todo aquel que desea comprender un poco más de la física moderna y comienza adentrándose en los misterios de nuestro universo.

Como artículo de divulgación científica es altamente recomendable, no así para quienes buscan un ensayo detallado sobre algún tema específico y de actualidad, pues en esta obra no se abarca las más recientes y revolucionarias teorías, como: la de cuerdas, la teoría de las P-branas y ya es un material con información anticuada (los avances de la física se dan a grandes velocidades) pero con un panorama muy generalizado.