

Curso de Cosmología Básica

Unidad nro 8: Lección nro 13

Teoría del Big Bang

Dentro de las teorías cosmológicas, la hipótesis del *Big Bang* (Gran Explosión) es la que cuenta con mayor respaldo entre los científicos. Considera que el Universo comenzó hace unos 13.700 millones de años con una explosión colosal en la que se crearon el espacio, el tiempo, la energía y la materia. No obstante, la gravedad puede ser lo suficientemente fuerte, dependiendo de la cantidad de materia del Universo, como para desacelerar el proceso expansivo. Momento a partir del cual se impondría una contracción que llevaría al Universo a un colapso gravitatorio o *Big Crunch* (Gran Implosión), desapareciendo en la nada. A la que presumiblemente sucedería otra fase expansiva, y así indefinidamente en una interminable serie de oscilaciones.

Formación de la Teoría del Big Bang

El primero en señalar esta posibilidad, en 1922, fue el matemático ruso Alexander Alexandrovich Friedmann. Cinco años más tarde, en 1927, el astrónomo belga Georges Lemaître elaboró sin conocer los trabajos de Friedmann un esquema similar del cosmos en expansión. Consideró que, dado que el universo se estaba expansionando, debió existir un momento en el pasado en que debió de ser muy pequeño y tan denso como fuese posible, al que llamó *Huevo Cósmico*.

La expansión habría tenido lugar además, dado su enorme densidad y ateniéndonos a las ecuaciones de la relatividad, con una violencia super-explosiva. Los trabajos de Lemaître inicialmente pasaron inadvertidos, siendo conocidos por la labor del astrónomo inglés Arthur Stanley Eddington. Sin embargo, fue el físico ruso-norteamericano George Gamow quien, en los años 1930 y 1940, popularizó esta teoría a la que denominó *Big Bang*, para referirse a una gran explosión inicial con la que debió haberse creado el Universo.

Pero no completamente satisfechos, en 1948, dos astrónomos de origen austriaco, Hermann Bond y Thomas Gold, lanzaron una teoría alternativa, más tarde popularizada por el británico Fred Hoyle que, si bien aceptaba la idea de un Universo en expansión, negaba que hubiese tenido lugar en una primera y gran explosión. Consideraban que a medida que las galaxias se separaban, nuevas galaxias se formaban entre ellas, con una materia que se creaba de la nada en una proporción demasiado lenta como para ser detectada por la tecnología del momento. El resultado es que el Universo seguía siendo el mismo esencialmente a través de toda la eternidad, sin principio ni fin. Esta teoría hacía mención a una creación continuada y a la idea de un Universo en *Estado Estacionario*, como se vino a denominar.

Durante la década siguiente las dos teorías, tanto la del Big Bang como la hipótesis del Universo Estacionario, se debatían sin ninguna prueba satisfactoria que se inclinase en favor de una u otra. No obstante, en 1949, Gamow apuntó que, si el Big Bang había tenido lugar, la radiación que la acompañaría habría perdido energía a medida que el Universo se expansionaba, y debería existir en nuestro tiempo bajo la forma de una emisión de radioondas procedente de todas las partes del firmamento. Es decir, como una *radiación de fondo* homogénea e independientemente de la orientación que tomase el receptor de señal que se emplease. Además la radiación, como por otra parte desarrolló el físico norteamericano Robert Henry Dicke, debería presentar las características de los objetos a una temperatura de 5 K por encima del cero absoluto, unos -268°C .

Sería en mayo de 1964, cuando el físico germano-norteamericano Arno Allan Penzias y el radioastrónomo norteamericano Robert Woodrow Wilson, siguiendo las indicaciones de Dicke, detectaron una radiación de fondo con las características de las predichas por Gamow, indicando una temperatura media para el Universo de unos 3 K. El descubrimiento de este fondo de ondas de radio es considerado hoy en día como la prueba concluyente en favor de la teoría del Big Bang, por lo que la hipótesis de la Creación Continua -o del Universo Estacionario- ha sido prácticamente abandonada.

La Teoría del Big Bang

Atendiendo al medible *corrimiento hacia el rojo* (o también *efecto Doppler*) que muestran las estrellas y galaxias más lejanas de nuestro sistema en su espectro de luz, la antigüedad del Universo está cifrada en unos 13,7 mil millones de años, según las estimaciones más recientes.

Se considera igualmente que el Universo comenzó como un gas muy tenue que se contrajo súbitamente tras un colapso gravitatorio en un Huevo Cósmico, siendo instantáneamente seguido de la explosión que entendemos como Big Bang.

Partiendo de esta consideración expansiva del Universo, dentro de lo que se entiende como teoría del Big Bang, caben dos posibilidades:

Universo Abierto: según la cual el Universo continuará expandiéndose para siempre, haciéndose cada vez más y más tenue, con una densidad conjunta cada vez más y más pequeña, hasta acercarse a un vacío absoluto.

Universo Cerrado: en virtud de la cual la gravedad sería lo suficientemente fuerte, dependiendo de la cantidad de materia del Universo, como para desacelerar el proceso expansivo, llevando el índice de recesión de las galaxias hasta cero. Momento a partir del cual se impondría una contracción que llevaría al Universo a un implosivo colapso *Big Crunch* y desapareciendo en la nada. Sucediéndose de otra fase expansiva, y así indefinidamente en una interminable serie de oscilaciones.

Siguiendo con la teoría del Big Bang, en el nacimiento del espacio y, con él, del tiempo, de la energía y de la materia, podemos distinguir las siguientes fases de desarrollo:

Tiempo de Plank	Intervalo de 10^{-43} segundos, toda la masa y energía del Universo se hallaba comprimida en una masa ardiente de densidad inimaginable.
Dimensión	Ocupaba un espacio 10^{-20} veces menor que un núcleo atómico.
Fuerzas	Las cuatro fuerzas fundamentales (gravitación, electromagnetismo y fuerzas nucleares fuerte y débil) se hallan unificadas.
Era de la Inflación	A los 10^{-35} segundos comenzó un período caracterizado por un fantástico aumento de tamaño y por una caída drástica de la temperatura.
Tamaño	El Universo se hinchó hasta alcanzar al menos 10^{50} veces sus dimensiones originales.
Temperatura	La temperatura cayó a 10^{28} K
Era Hadrónica	Se denomina era Hadrónica al instante comprendido entre los 10^{-43} y 10^{-4} segundos después de la explosión. Durante esta fase, tras haberse generado una fuerte disminución de la temperatura, se separan las cuatro fuerzas fundamentales: la fuerza de la gravedad, la fuerza nuclear fuerte, la fuerza nuclear débil y la fuerza electromagnética
Separación de fuerzas	Comienza la separación de la fuerza nuclear fuerte y la electro-débil (formada por la fuerza electromagnética y la nuclear débil).
Era Leptónica	En la primera millonésima de segundo surge la <i>Era Leptónica</i> : con la que se crean las primeras partículas constitutivas de la materia.
Materia	El universo material emergió de un estallido a la temperatura de 10^{27} K, para descender a los 10^{14} K.
Partículas elementales	Aparecen las partículas elementales: los quarks, leptones (electrones, neutrinos...), mesones (constituidos por pares de quarks) y los hadrones (protones y neutrones, constituidos por tríos de quarks).
Era de la Radiación	Constituye los 10.000 primeros años, caracterizada por la emisión de rayos gamma producidos durante la descomposición del Deuterio o Hidrógeno pesado (además del protón del hidrógeno, contiene un neutrón).
Era del Desacoplamiento	Después de 300.000 Años, se produce entre la materia y la radiación.

Los fotones de la radiación que se movían con facilidad entre la sopa de protones y electrones que permanecían separados no se diseminan ahora con tanta facilidad como cuando comienzan a crearse los átomos eléctricamente neutros. La materia y la radiación se vieron por ello mismo desacopladas. El cielo brillaba reluciendo en un rojo vivo de 3000

K. El hidrógeno formaba las tres cuartas partes de la masa del universo, mientras que el resto era en su gran mayoría helio. Comenzaba entonces la formación de las galaxias.

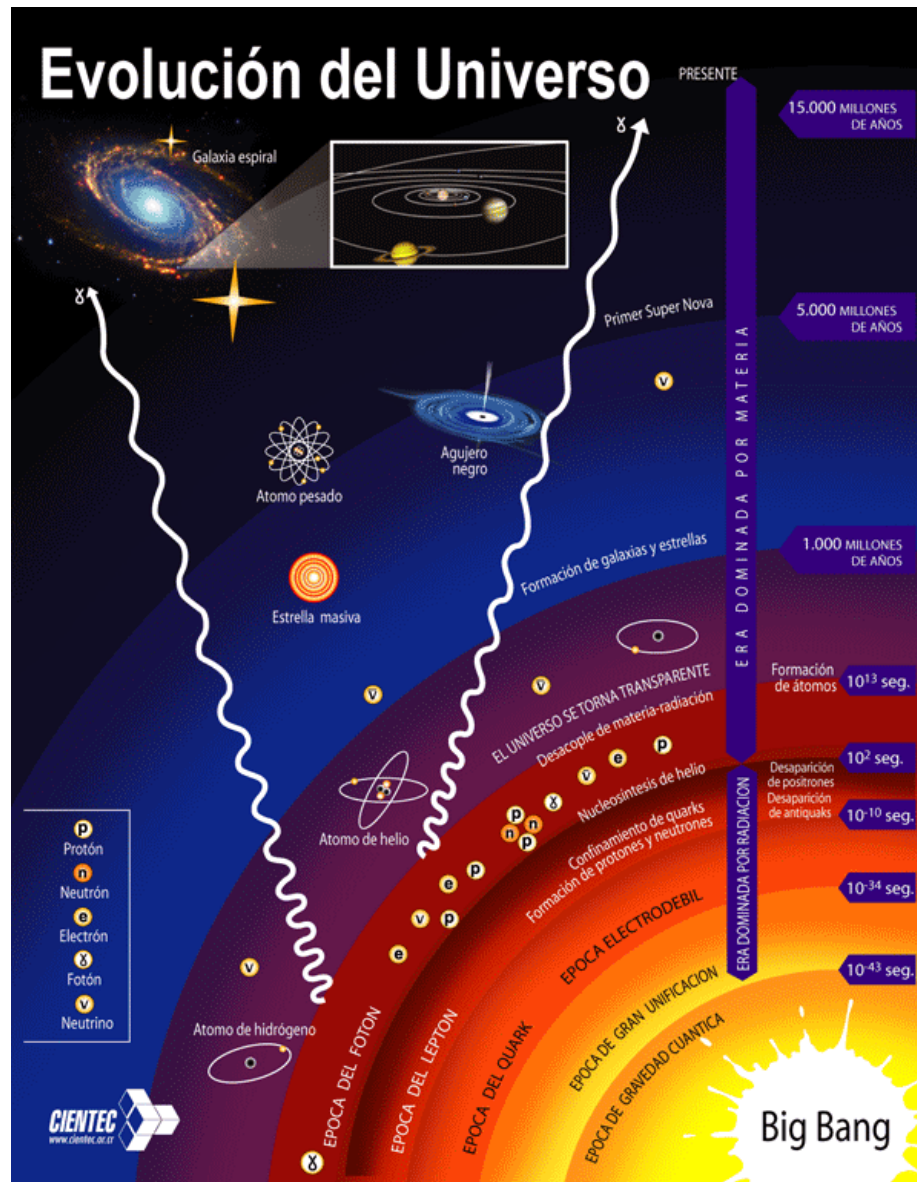


Imagen de la Evolución del Universo de la Fundación CIENTEC

Evidencias Experimentales del Big Bang

Cada año que pasa, encontramos más evidencias experimentales de que el Big Bang ocurrió hace aproximadamente unos catorce mil millones de años. Para finalizar, exponemos a continuación algunos de estos resultados.

Mediante la distorsión del espectro de la luz estelar, lo que hemos denominado <i>efecto Doppler</i> y que, en este caso, se caracteriza por el corrimiento del espectro de luz hacia el rojo. Es decir, la luz que recibimos de una estrella que se aleja de nosotros está desplazada hacia longitudes de onda más largas -hacia el extremo rojo del espectro- de manera análoga a como el pitido de un tren en movimiento suena más agudo de lo normal cuando se acerca a nosotros y más grave cuando se aleja.
Según la Ley de Hubble, formulada en 1929, cuanto más lejana está la estrella o galaxia, más rápidamente se aleja de nosotros. Queda corroborado, por otra parte, por cuanto que no contemplamos entre las galaxias más distantes ningún desplazamiento hacia el azul sino hacia el rojo, lo que significa un universo en expansión y no en contracción.
La distribución de los elementos químicos en nuestra galaxia están en correspondencia con la predicción de los elementos pesados en el Big Bang y en las estrellas. Según dicha teoría, los núcleos elementales de hidrógeno se fusionarían para dar lugar a un nuevo elemento, el helio. Los resultados observados ratifican los cálculos de la predicción: la proporción entre el helio y el hidrógeno en el universo está entre el 25 % del primero y el 75 % de hidrógeno.
Los objetos más antiguos del universo analizados tienen una edad que ronda entre los 10.000 y los 15.000 millones de años, por lo que ninguno por el momento rebasa la estimación dada para el Big Bang. Puesto que los materiales radiactivos se desintegran, vía interacciones débiles, a un ritmo exactamente conocido, es posible predecir la edad de un objeto calculando la abundancia relativa de ciertos materiales radiactivos.
Mediante el Carbono-14, que se desintegra cada 5.730 años, es posible determinar la edad de los objetos arqueológicos. Mediante el Uranio-238, con una vida media de 4.000 millones de años, nos permite datar las rocas lunares traídas, por ejemplo, por la misión Apolo.
Las rocas y meteoritos más viejos encontrados en la Tierra datan de entre unos 4.000 y 5.000 millones de años, que es la edad aproximada de nuestro sistema solar. Igualmente, por la masa de ciertas estrellas cuya evolución es conocida, podemos demostrar que las estrellas más viejas de nuestra galaxia se remontan alrededor de los 10.000 millones de años atrás.
Pero quizás el más importante de todos fue el <i>eco cósmico del Big Bang</i> reverberando en el Universo. Como vimos, fueron Arno Penzias y Robert Wilson quienes consiguieron detectar la <i>radiación de fondo</i> de microondas que impregna todo el universo conocido.
El resultado fue extraordinariamente ajustado en 1992 con los resultados aportados por el satélite COBE (Cosmic Background Explorer), lanzado a finales de 1989, precisamente con el objeto de analizar los detalles de la radiación de fondo postulada por George Gamow. Nuevamente, en febrero de 2003, los datos obtenidos por el satélite de la NASA WMAP, relativos al fondo cósmico de microondas y ajustando igualmente la constante de Hubble -que relaciona las velocidades de expansión con las distancias de la galaxias- nos dan una antigüedad para el Universo de 13.700 millones de años luz.

La fuente principal de esta lección es un artículo con el nombre de:

"EL ORIGEN DEL UNIVERSO SEGÚN LA TEORÍA DEL BIG BANG “
de ***Nicolás Martín y Mateo***

Prof. Dr. Raúl Roberto Podestá

Presidente LIADA

Coordinador de los Cursos LIADA