

Lectura #1

El Big Bang

Por Paul Davies
De su libro "Proyecto Cósmico"
1989, pág 165-169

Hoy día se acepta generalmente que el universo comenzó a existir de forma abrupta en una gigantesca explosión. La prueba de este *Big Bang* procede del hecho observable de que el universo se está expandiendo, separándose los cúmulos galácticos unos de otros. La extrapolación de esta expansión hacia atrás en el tiempo indica que hace 10-20 mil millones de años todo el contenido del cosmos que vemos hoy estaba comprimido en un pequesísimo volumen de espacio. Los cosmólogos creen que el *Big Bang* no solo representa la aparición de la materia y energía en un vacío preexistente, sino también la creación del espacio y el tiempo. EL universo no se creó en el espacio y en el tiempo; el espacio y el tiempo son parte del universo creado.

Se esperaría que las fases primitivas de la explosión se caracterizan en general por una expansión muy rápida y una temperatura extrema. Este supuesto se confirmó en 1965 con el descubrimiento de que el universo estaba lleno por todos los sitios de una radiación térmica uniforme. La temperatura de esta radiación de fondo es de unos 3 grados por encima del cero absoluto y representa un vestigio apagado de la fuerza que debió poseer el fuego primordial.

El estado del universo durante los primeros segundos debe haber sido de una extrema sencillez, ya que la temperatura era demasiado alta para permitir la existencia de cualquier estructura compleja, ni siquiera los núcleos atómicos. Los cosmólogos creen que el material del universo en el alba del tiempo consistía en una mezcla uniforme de partículas subatómicas disociadas en equilibrio termodinámico.

Una verificación de este supuesto puede hacerse construyendo un modelo del destino <<sopa>> de partículas a medida que desciende la temperatura no sería demasiado alta para prevenir la fusión de protones y neutrones en núcleos complejos. Los cálculos indican que durante los primeros minutos, alrededor del 25% de la materia nuclear estaría formada por núcleos de helio y una pequeña cantidad de deuterio y litio, con cantidades despreciables de los demás elementos. El 75% restante habría permanecido sin procesar en forma de protones individuales destinados a convertirse en átomos de hidrógeno. El hecho de que los astrónomos observen que la composición química del universo es 25% helio y de un 75% de hidrógeno proporciona una excelente confirmación de que la idea básica del origen del universo a partir de un *Big Bang* caliente es correcta.

En la versión original de la teoría del *Big bang*, que se popularizó en los años sesenta, se consideraba que el

universo había comenzado con un temperatura, densidad y velocidad de expansión esencialmente infinitas y que a partir de entonces se había ido enfriando y retardando. La explosión y su distribución por el espacio. Se pensó simplemente que todo ello había sido dado, bien por Dios, bien por una condiciones iniciales muy especiales que los científicos no podían explicar con sus métodos.

La cosmología del universo primitivo recibió durante los años **setenta** un fuerte impulso procedente de una dirección inesperada. Por esta época empezó a fluir un torrente de nuevas y desafiantes ideas derivadas del campo de la Física de Partículas de altas energías y que encontraron aplicación natural en las fases muy primitivas del *Big Bang*. Entraron en funcionamiento aceleradores de partículas que podían simular directamente el calor abrasador del universo primordial que debió haber una billonésima de segundo después del suceso inicial, una época en la que la temperatura era de muchos billones de grados. Además, los teóricos empezaron a especular libremente sobre la física de energías mucho mayores que estas, correspondientes a épocas cósmicas tan primitivas como 10^{-36} s después de la explosión, el umbral de la creación en realidad.

Esta confluencia afortunada de los fenómenos físicos a gran escala (Cosmología) con los muy pequeños (Física de Partículas) abrió la posibilidad de explicar muchos de los rasgos característicos del *Big bang* en sus instantes muy primitivos en términos de procesos físicos, en lugar de condiciones iniciales especiales. Así existen ciertos indicios de que las irregularidades primordiales en la distribución de la materia, requeridas para el crecimiento de las galaxias y cúmulos galácticos, se pueden atribuir a fluctuaciones cuánticas que tuvieron lugar unos 10^{-32} s después de la creación.

La identidad de la materia también experimenta un desvanecimiento similar a medida que se va elevando la temperatura. Se trata de algo familiar en la experiencia ordinaria. Los sólidos son las formas más estructuradas y características de la materia. A altas temperaturas se transforman en líquidos y posteriormente en gases, en la que cada fase presenta una tendencia a la uniformidad. Un calentamiento adicional transforma un gas en plasma, en el que los átomos pierden su estructura y se disocian en electrones e iones.

Cualquiera que sean los detalles técnicos de una teoría concreta, la tendencia es que, a medida que aumenta la temperatura, cada vez hay menos estructura y forma y menos distinción entre partículas y fuerzas. En el límite energético del extremo superior todos los fenómenos físicos parecen disolverse en una especie de *substratum* abstracto primitivo.

Algunos teóricos han ido más lejos todavía y sugieren que

todas las leyes de la física también se desvanecen a energías ultraelevadas y el imperio de las leyes es reemplazado por el caos puro. Estos extraños cambios que se ha predicho que ocurren a elevadas temperaturas han conducido a una nueva y notable forma de enfocar la naturaleza.

Lectura#2

El Big Bang

Por Stephen W. Hawking
De su libro "Historia del tiempo"
1988, pág 156-158

Para explicar las ideas que yo y otras personas hemos tenido acerca de como la mecánica cuántica puede afectar al origen y al destino del universo, es necesario entender primero la historia generalmente aceptada del universo, de acuerdo con lo que se conoce como <<modelo del big bang caliente>>. Este modelo supone que el universo se describe mediante un modelo de Friedman, justo desde el mismo *big bang*.

En tales modelos se demuestra que, conforme el universo se expande, toda materia o radiación existente en él se enfría.

(cuando el universo duplica su tamaño, su temperatura se reduce a la mitad), puesto que la temperatura es simplemente una medida de la energía, o de la velocidad promedio de las partículas, ese enfriamiento del universo tendría un efecto de la mayor importancia sobre la materia dentro de él. A

temperaturas muy altas, las partículas se escarían moviendo tan deprisa que podrían vencer cualquier atracción entre ellas debido a fuerzas nucleares o electromagnéticas, pero a medida que se produjese el enfriamiento se esperaría que las partículas se atrajesen una a otras hasta a agruparse juntas para ir formando atreves de miles de millones de años la materia como hoy día la conocemos.

Justo en el mismo *big bang*, se piensa que el universo tuvo un tamaño nulo, y por tanto que estuvo infinitamente caliente. pero conforme el universo se expandía la temperatura de la radiación disminuía también. Un segundo después del *big bang*, la temperatura habría descendido alrededor de diez mil millones de grados. Eso represente unas mil veces la temperatura de nuestro sol, solo temperaturas tan altas como esta solo se alcanzan con las bombas nucleares (con la bomba H). En ese momento, el universo habría contenido fundamentalmente fotones, electrones, neutrinos (partículas extremadamente ligeras que son afectadas por la fuerza débil y por la gravedad) junto con otros protones y neutrones.

Alrededor de cien segundos después del *big bang*, la temperatura descendió a mil millones de grados, que es la temperatura en el interior de las estrellas más calientes, "nuestro sol no es tan caliente comparado con otras estrellas",

a esta temperatura protones y neutrones no tendrían ya energía suficiente para vencer la atracción de la interacción nuclear fuerte, y habrían comenzado a combinarse juntos para producir los núcleos de átomos de deuterio (hidrógeno pesado), que contienen un protón y un neutrón. Los núcleos de deuterio se habrían combinado entonces con más protones y neutrones para formar núcleos de helio, que contiene dos protones y dos neutrones, también pequeñas cantidades de un par de elementos más pesados, litio y berilio.

Puede calcularse que en el modelo del Big Bang caliente, alrededor de una cuarta parte de los protones y los neutrones se habría convertido en núcleos de helio, junto con una pequeña cantidad de hidrógeno pesado y de otros elementos.

Los restantes neutrones se habrían desintegrado en protones, que son los núcleos de los átomos de hidrógeno ordinarios.

Esta imagen de una etapa temprana caliente del universo la propuso por primera vez el científico George Gamow en un famoso artículo escrito en 1948 con un alumno suyo, Ralph Alpher.

Gamow tenía bastante sentido del humor; persuadió al científico nuclear Hans Bethe para que añadiese su nombre al artículo y así hacer que la lista de autores fuese <<Alpher, Beth, Gamow>>, como las tres primeras letras del alfabeto griego: alfa, beta, gamma. ¡Particularmente apropiado para un artículo sobre el principio del universo! En ese artículo, hicieron la notable predicción de que la radiación (en forma de fotones) procedente de etapas tempranas muy calientes del universo debe permanecer todavía hoy, pero con su temperatura reducida a solo unos pocos grados por encima del cero absoluto (-273 C). Fue esta radiación la que Penzias y Wilson encontraron en 1965. En la época en que Alpher, Beth, y Gamow escribieron su artículo, no se sabía mucho acerca de las reacciones nucleares de protones y neutrones.

Las predicciones hechas sobre las proporciones de los distintos elementos en el universo primitivo eran, por tanto bastante inexactas, pero esos cálculos han sido repetidos a la luz de un conocimiento mejor de las reacciones nucleares, y ahora coinciden muy con lo que se observa.

Resulta, además, muy difícil explicar de cualquier otra manera por qué hay tanto *Helio* en el universo. Estamos, por siguiente, bastante seguros de que tenemos la imagen correcta, al menos a partir de aproximadamente un segundo después del *Big Bang*.

