

¿Hubo de veras un big bang?

Silvia Bravo

*Departamento de Física Espacial
Instituto de Geofísica, UNAM*

La Teoría del Big Bang

La teoría de la gran explosión, o big bang, fue sugerida por Gamow en 1946 y surgió como resultado de una observación muy interesante. En 1929, Hubble, descubrió que las líneas espectrales emitidas por algunas galaxias estaban corridas hacia longitudes de onda mayores; esto es lo que se conoce como corrimiento al rojo. Motivado por este primer descubrimiento, inició un análisis detallado y cuidadoso de los espectros emitidos por los cuerpos estelares y encontró que el corrimiento al rojo era una característica general y descubrió también lo que ahora se conoce como la Ley de Hubble: que la magnitud del corrimiento al rojo no es la misma para todos los cuerpos celestes, sino que depende de la distancia a la que se encuentran de la Tierra; esto es, la luz emitida por los cuerpos más lejanos está más enrojecida.

Suponiendo que el medio que la luz atraviesa desde su fuente hasta la Tierra está esencialmente vacío, no hay ninguna razón para esperar que la luz emitida cambie su frecuencia en el camino, por lo que la suposición más razonable consistió en adjudicar a las fuentes luminosas un movimiento de recesión respecto a la Tierra. En el caso en que una fuente luminosa se aleja del observador, las ondas de luz emitidas se "estiran" y por lo tanto su frecuencia baja y su color se corre hacia el extremo rojo del espectro electromagnético. Este efecto se conoce como el efecto Doppler y de forma semejante implica que la luz emitida por una fuente luminosa que se acerca al observador se correrá hacia el azul. Las observaciones astronómicas muestran siempre corrimientos generales hacia el rojo, por lo que fueron interpretadas como que todos los objetos estelares se están alejando velozmente de la Tierra. Dado que el corrimiento al rojo es mayor para la luz de los objetos más distantes, esto implicaría que la velocidad con que los cuerpos celestes se alejan de la Tierra aumenta con la distancia y los objetos más lejanos se alejan más rápidamente.

Como es absurdo suponer que la Tierra representa un centro de expansión universal, se dió la interpretación, más racional, de que todo el Universo se está expandiendo, y de que todos los cuerpos se están alejando de todos los demás. De esta manera, si hiciéramos las observaciones desde cualquier otro punto del espacio que no fuera nuestro planeta, veríamos la misma situación. Para poder visualizar esta expansión, es común sugerir al lector que se imagine un pan de pasas que se infla en el horno mientras se cuece, con lo que las pasas se encontrarán cada vez más separadas unas de otras.

La imagen del Universo en expansión implica, por supuesto, que el tamaño del Universo está creciendo constantemente y por lo tanto implica también que antes el Universo era más chico. Así, basándonos en las velocidades de expansión observadas, podemos calcular cuánto tiempo hace que toda la materia del Universo se encontraba junta. Como a partir de entonces el Universo comenzó a expandirse, se habla de que en ese tiempo ocurrió una gran explosión, o big bang, de la cual nació el Universo que ahora conocemos. El cálculo del tiempo transcurrido desde el big bang arroja un valor de aproximadamente quince mil millones de años y entonces decimos que nuestro Universo nació hace aproximadamente quince mil millones de años como resultado de una gran explosión. Que la génesis de nuestro Universo haya tenido lugar en esta forma no es una idea fácil de aceptar y aunque algunos científicos se pusieron entusiastamente a tratar de elaborar la teoría, completa y detallada, de esta gran explosión, para la mayoría resultaba una cuestión demasiado exótica. Sin embargo, la teoría rival de un "universo estacionario" encontraba muy difícil explicar este corrimiento al rojo.

Posteriormente, apareció en el camino otra observación que vino a brindar apoyo a la teoría de la gran explosión desde otro frente. Esta consistió en el descubrimiento de la radiación de fondos en microondas que se observa proveniente de todas direcciones y que

reproduce muy cercanamente la curva de evicción de un cuerpo negro a una temperatura de 2.7qK. Este descubrimiento, hecho por Penzias y Wilson en 1965, fue interpretado por Dicke, Peebles y otros científicos como otra evidencia adicional de la gran explosión. Según los cálculos llevados a cabo para describir la evolución del Universo a partir del big bang, una radiación de fondo de este tipo debería esperarse en nuestros días como el residuo de aquella gran explosión de hace quince mil millones de años. Después de este segundo descubrimiento a favor de la idea del big bang, el número de escépticos disminuyó prácticamente a cero, aunque a algunos científicos tal proposición y todas sus consecuencias siguieron pareciéndoles absurdas.

Lo que pasará con el Universo en el futuro, dentro del marco de la teoría del big bang, es incierto. Según la teoría, si existe una cantidad suficiente de materia, la expansión se detendrá después de un cierto tiempo y el Universo empezará a contraerse. Esta contracción lo llevará finalmente a un estado de presión insostenible y nuevamente estallará, repitiendo siempre el proceso. Así pues, si la masa del Universo es suficientemente grande, esto nos indicará que el Universo ha estado y seguirá estando eternamente, en estados sucesivos de expansión y contracción, y que simplemente resulta que nos tocó vivir en una época avanzada de uno de sus estados de expansión. Si, por otro lado, la masa del Universo no es suficiente para detener la expansión e invertir el movimiento, el Universo se seguirá expandiendo cada vez más lentamente, por toda la eternidad. Hasta ahora, las observaciones sugieren que la materia que hay en el Universo es mucho menor que la requerida para que el proceso de expansión se invierta, pero como esta posibilidad no es nada atractiva, se ha propuesto que el Universo tiene en realidad más masa de la que podemos observar y que existe una gran cantidad de "materia oscura" que finalmente "cerrará" (éste es el término que se usa) al Universo. Muchos esfuerzos teóricos y observacionales se han hecho en los últimos años para lograr una teoría más satisfactoria que reconcilie la idea de una gran explosión original con las observaciones y con la idea de la cerradura del Universo, pero hasta la fecha, a pesar del despliegue tan extraordinariamente rico de imaginación que se ha manifestado, tal teoría todavía no existe.

Hace algunos años, el sueco Hannes Alfvén, ganador del premio Nobel de Física, acuñó el término Universo de plasma para designar al mismo Universo que ya conocemos, pero haciendo énfasis en el hecho de que el 99% de la materia que lo constituye está en estado de plasma, es decir, se encuentra ionizada. Este hecho, aunque conocido desde hace ya bastante tiempo, ha sido en general minimizado y el que la materia del Universo esté ionizada y sea altamente conductora de corrientes eléctricas y sumamente sensible a los campos electromagnéticos no se ha tomado

muy en cuenta en los modelos físicomatemáticos del Universo. La principal razón de ello es que la introducción de las fuerzas electromagnéticas complica enormemente las ecuaciones de trabajo, además de que estas fuerzas son, en general, muy difíciles de conocer. Pero, por otra parte, ha existido también el prejuicio de que las correcciones introducidas a las imágenes generales serían, de todas maneras, muy pequeñas.

Sin embargo, en los últimos años, las observaciones astronómicas en longitudes de onda muy largas (ondas de radio) y muy cortas (ultravioleta, rayos X y rayos gamma), unidas a las simulaciones del Universo tomando en cuenta su estado de plasma (las cuales han sido posibles gracias a las supercomputadoras actuales) muestran una imagen muy diferente (que nos ha obligado a revisar nuestra imagen del Universo). Esta revisión desafía muchas de las ideas y teorías que se construyeron en la época en que sólo estaba disponible la información sobre el Universo óptico, esto es, aquella que nos llega en forma de luz visible. En particular, tanto la radiación de fondo en microondas como el corrimiento al rojo de la luz que viene de objetos celestes distantes es posible que tengan otra explicación distinta de la gran explosión cosmogénica.

El Universo en Plasma

Como ya mencionamos, ni en la teoría del "estado estacionario" ni en la de "la gran explosión" se ignora que la materia está en estado de plasma, pero en ninguno de estos modelos se toman en cuenta las fuerzas electromagnéticas. Además, dado que la materia en el espacio interestelar e intergaláctico está muy enrarecida, estos medios han sido considerados como esencialmente vacíos. Sin embargo, las observaciones y modelaciones de los plasmas espaciales han mostrado que éstos pueden ser altamente dinámicos y capaces de generar fenómenos de escalas e intensidades incompatibles con la idea de un vacío. En los últimos años, el tremendo poder de las supercomputadoras ha hecho posible llevar a cabo cálculos tridimensionales completos, tomando en consideración tanto las fuerzas electromagnéticas como las gravitacionales en los plasmas que llenan el espacio y en aquéllos que constituyen los cuerpos estelares. Estas simulaciones han mostrado que un Universo lleno de plasma que interactúa tanto gravitacional como electromagnéticamente se comporta de manera fundamentalmente distinta a la de un Universo de cuerpos celestes separados por un vacío e interactuando solo en forma gravitacional. La principal diferencia surge por el hecho de que las fuerzas electromagnéticas son 39 órdenes de magnitud más intensas que las fuerzas gravitacionales, como se puede ver al comparar la atracción gravitacional entre dos electrones con su repulsión eléctrica.

Hasta ahora, los modelos generados en computadora que toman en cuenta la sensibilidad del plasma a las fuerzas electromagnéticas han podido reproducir con éxito tanto la intensidad de la radiación detectada proveniente de radiogalaxias distantes y cuasares, como de los complejos patrones de radio mapeados por los radiotelescopios. La ciencia del plasma también predijo la existencia de una estructura helicoidal de plasma de cientos de años luz de largo en el centro de nuestra Vía Láctea. En el verano de 1984, usando el Very-Large-Array (el más potente radio telescopio del mundo, el cual se encuentra en Nuevo México) los científicos descubrieron este plasma magnetizado en el centro de nuestra Galaxia. El plasma está estructurado en filamentos helicoidales con una longitud de cientos de años luz y excede en tamaño a todo lo que antes se había pensado como posible para las estructuras de materia organizada. Actualmente, los campos magnéticos en las galaxias constituyen una de las áreas de más rápido crecimiento en la investigación astrofísica y el Universo de plasma empieza a tomar color.

El corrimiento al Rojo en el Universo de Plasma

Como ya mencionamos arriba, la teoría del big bang y toda la cosmología moderna se basa en la creencia de que esencialmente todos los corrimientos hacia el rojo observados en la luz emitida por los cuerpos estelares son causados por efecto Doppler. Sin embargo, desde hace ya varios años se ha empezado a cuestionar esta interpretación al igual que la ley de Hubble, a pesar de que la confianza en esta ley ha sido tan grande, que es la herramienta más usada para determinar las distancias astronómicas: se mide el corrimiento al rojo en el espectro emitido por un objeto estelar y mediante la ley de Hubble se determina cuál es su distancia a nosotros.

Las fuentes de radio cuasiestelares, cuasares, descubiertas hace ya más de dos décadas, muestran un corrimiento al rojo tan grande que inmediatamente fueron colocadas en las regiones más distantes del Universo observable y, por supuesto, considerando que este corrimiento se debe a un efecto Doppler, les fue también adjudicada una velocidad enorme. Pero en las últimas décadas se han ido acumulando cada vez más evidencias de que esto probablemente no es así. No es extraño observar uno o varios cuasares cerca de algunas galaxias en las imágenes del cielo. Como las galaxias y los cuasares muestran corrimientos al rojo muy distintos, pareció lógico suponer que su cercanía era simplemente el efecto de la falta de perspectiva, pero que los cuasares están realmente cerca de estas galaxias, ambos tipos de objetos parecen pertenecer a un mismo sistema.

También se han encontrado ciertos grupos de galaxias donde hay una de ellas con un corrimiento al rojo diferente por muchos órdenes de magnitud a los de las demás del grupo. Inicialmente se pensó también que esta galaxia diferente estaba en el fondo y no pertenecía al grupo, pero ahora han surgido evidencias de que las galaxias diferentes también pertenecen a los grupos. Por otro lado, se han observado también cuasares con corrimientos al rojo muy distintos uno del otro y que muestran evidencias de ser cuerpos cercanos asociados entre sí.

Recientemente, Emil Wolf, de la Universidad de Rochester, ha propuesto un mecanismo que hasta ahora no se había reconocido y que produciría también un corrimiento al rojo de la luz sin ser un efecto Doppler, esto es, sin implicar velocidades de recesión respecto al observador. Wolf sugiere que la frecuencia de la luz se puede correr hacia el rojo cuando ésta pasa a través de un medio dispersor en el cual el índice de refracción varía aleatoriamente tanto en el espacio como en el tiempo. De esta manera, la luz emitida puede ir cambiando su frecuencia en el camino aún cuando la fuente esté en reposo. Los resultados de los cálculos de Wolf muestran, además que el efecto general sería un corrimiento tipo Doppler a través de todo el espectro.

De esta manera, objetos muy cercanos entre sí e incluso asociados en un mismo sistema de cuerpos estelares, podrían tener diferentes corrimientos al rojo dependiendo de las características del material (plasma) que esté en su vecindad. Pero además, este mismo efecto abre la posibilidad de que todos los corrimientos al rojo que sí se ha podido corroborar que están asociados con la distancia a la que se encuentra el emisor, se deban también al efecto dispersor del plasma que llena el espacio que tiene que atravesar la luz emitida en su camino hacia la Tierra, el cual antes se consideraba vacío. Aún no se ha hecho ningún trabajo en este contexto, pero si resulta que los corrimientos al rojo observados en las emisiones electromagnéticas de los cuerpos estelares no se deben a un efecto Doppler, entonces ya no podremos seguir hablando de un Universo en expansión.

La Radiación de fondo en el Universo de Plasma

En 1988, Anthony L. Peratt, astrofísico del Laboratorio Nacional de Los Alamos, publicó un artículo en el que analiza el problema general de las teorías cosmológicas para el Universo de plasma y, en particular, comenta sobre la radiación de fondo en microondas. Según hace notar, entre todos los grandes éxitos descriptivos del Universo de plasma, aparece también en las simulaciones por computadora la emisión de una radiación de fondo que corresponde a la emisión de un cuerpo negro de muy baja temperatura. Esta

temperatura, según los modelos, es de 2° Kelvin, que es un valor muy cercano al correspondiente al de la radiación de fondo observada que es de 2.7°K

Como mencionamos al principio, la radiación de fondo cósmica también se ha considerado como una evidencia de la gran explosión. Sin embargo, en el Universo de plasma no es más que una manifestación de la presencia universal del plasma mismo. Podría pensarse que ambas posibilidades no se contradicen y que debe existir otra radiación de fondo equivalente a 2°K que se deba a la presencia del plasma y que la de 2.7°K es la que se debe al big bang. Sin embargo, solo se observa la de 2.7°K , y como incuestionablemente el plasma está ahí, es mucho más plausible esperar que

mejores simulaciones del Universo de plasma conduzcan al valor esperado.

La conclusión de todo esto es que las dos observaciones pilares de la teoría del big bang parecen encontrar explicaciones alternativas en los nuevos modelos astrofísicos que involucran a las fuerzas electromagnéticas. Por supuesto que es prematuro intentar desacreditar al modelo de la gran explosión basándose en los comentarios anteriores. Ciertamente se necesitan más cálculos teóricos, mejores simulaciones y mejores observaciones. Pero aquéllos que nunca pudimos aceptar semejante teoría, tenemos ahora una esperanza en los plasmas.

La capa de Ozono y el Clima

Los científicos han observado el significativo adelgazamiento de la capa de Ozono en la Antártida, y aún cuando este adelgazamiento está directamente asociado con la actividad química de los gases cloro-fluoro-carbonados que usa el hombre, parece haber otros efectos que ayudan a que la capa se adelgace rápidamente. Uno de estos efectos es la variación de temperatura en la estratósfera polar, ya que el enfriamiento también produce un adelgazamiento en la capa de ozono. Aún cuando este fenómeno está siendo estudiado, requiere de mayor esfuerzo para lograr dilucidar los diferentes factores que inciden en el adelgazamiento de la capa.