

# El Big Bang: la punta del iceberg que detonó más interrogantes sobre el origen del universo

Elizabeth América Flores Frías, Tadeo Dariney Gómez Aguilar

La Dra. Flores Frías es Ingeniera Química egresada de la FCQel de la UAE-Mor. Posteriormente, cursó la Maestría y Doctorado en Ingeniería y Ciencias Aplicadas en la UAEMor. Actualmente, se encuentra haciendo su posdoctorado en el Instituto de Ciencias Físicas de UNAM, desarrollando síntesis de inhibidores de corrosión mediante plasma.

El Mtro. Gómez Aguilar es Ingeniero en Sistemas Computacionales, egresado de la Universidad Valle del Grijalva. Posteriormente, obtuvo la Maestría en Física en la Facultad de Ciencias en Física y Matemáticas de la Universidad Autónoma de Chiapas. Actualmente, es alumno del programa de Doctorado en Ciencias Físicas en el Instituto de Ciencias Físicas de la UNAM. Su investigación se enfoca en la cosmología del universo temprano, con especial atención al estudio de Agujeros Negros Primordiales y Ondas Gravitacionales.

Esta publicación fue revisada por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos.

La teoría del Big Bang, inicialmente llamada "el átomo primigenio", fue postulada por el astrofísico y sacerdote católico Georges Lemaître en 1931. Esta teoría demostraba que las ecuaciones de Einstein admiten soluciones para un universo en expansión y su aceptación se dio hasta 1965, cuando se descubrió el Fondo Cósmico de Microondas (CMB) el cual es la luz más antigua que podríamos observar en todo el universo.

¿Un universo que siempre ha existido o un universo que tuvo un inicio?

La teoría del Big Bang (Figura 1) revolucionó los paradigmas de la comunidad científica, que durante mucho tiempo había tenido la idea de un universo estático, eterno e inmutable. Para muchos, el concepto de expansión resultaba inconcebible.



FIGURA 1. REPRESENTACIÓN del Big Bang [HTTPS://BLOGS.UNAH.EDU.HN/DIRCOM/EL-UNIVERSO-3-MINUTOS-DESPUES-DEL-BIG-BANG](https://blogs.unah.edu.hn/dircom/el-universo-3-minutos-despues-del-big-bang)

En la actualidad estamos acostumbrados a cuestionar cordialmente los temas científicos, pero en 1931, Lemaître no solo enfrentó críticas, sino también una abierta hostilidad por parte de la comunidad científica. Muchos pensaban que aceptar esta teoría podría dar sustento a creencias religiosas sobre la creación, algo que se veía como incompatible con la ciencia, que debe ser demostrativa. La teoría de Lemaître vivió décadas de controversias, pues para muchos científicos era más sencillo aceptar un universo sin un inicio.

El físico Alexander Friedmann fue uno de los primeros en aplicar las ecuaciones de la relatividad de Einstein a un modelo que mostraba un universo en expansión. Su trabajo fue publicado en 1922 y desafiaba la visión predominante de un universo estático. Posteriormente, Georges Lemaître en 1927, basándose en las leyes de la termodinámica obtuvo también, y de forma independiente al trabajo de Friedman, que el universo no era estático, que lo llevaría a proponer la idea del Big Bang.

Lemaître mostró su trabajo a Einstein, quien inmediatamente respondió: "He leído su artículo, sus cálculos son correctos, pero su física es abominable". Einstein, como muchos científicos de su generación, se aferraba a la idea de un universo infinito e invariante, por lo cual, agregó una constante a su teoría de la relatividad general para obtener un universo cerrado, estable y estático.

El modelo cosmológico de Einstein se basaba en introducir una variable adicional, la "constante cosmológica", para contrarrestar los efectos de la gravedad, evitando un universo en expansión. Años más tarde, Einstein admitiría que esta constante fue un desacierto en su teoría, ya que su inclusión establecía la idea errónea de tener un universo estático. Pero el modelo cosmológico de Lemaître, al igual que el de Friedman, mostraba un universo en constante expansión y cambio. Así es que el modelo, ahora conocido como de Friedman-Lemaître, pasó a la historia de la ciencia como el primer modelo cosmológico que demostraba que el universo puede estar en constante

cambio. En 1927, Lemaître publicó un artículo donde estableció la relación entre la distancia de un objeto y la velocidad a la que se aleja de nosotros. Esta idea fue el principio que sentó las bases de lo que posteriormente se conocería como la Ley de Hubble, porque fue Edwin Hubble quien confirmó empíricamente esta expansión en 1929 (Figura 2). De acuerdo con sus observaciones, Hubble calculó la constante que explica la tasa de expansión del universo, conocida actualmente como la constante de Hubble.

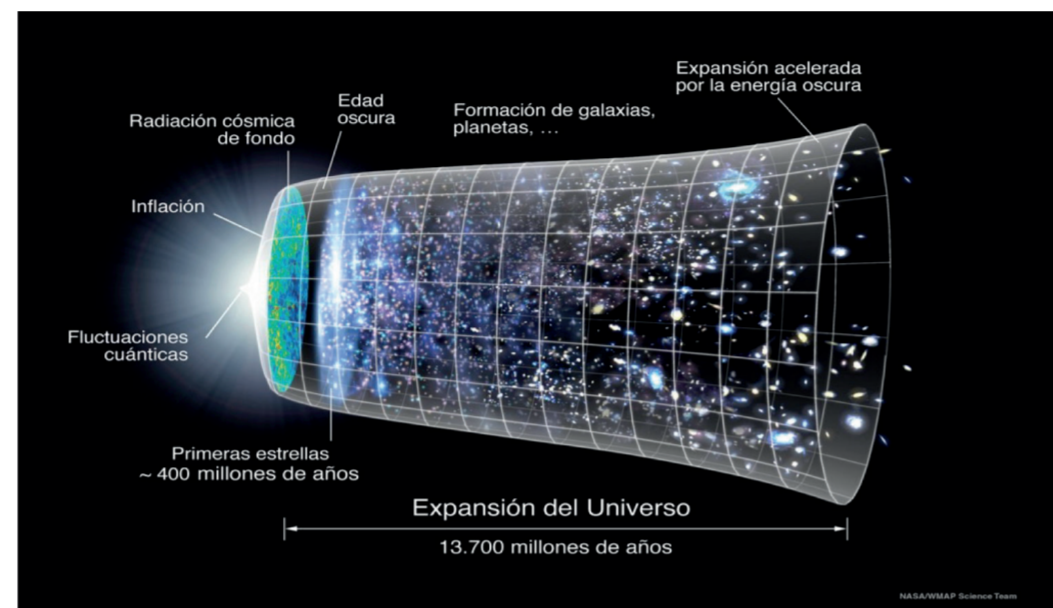


FIGURA 2. UNIVERSO en expansión [HTTPS://LEYESDELUNIVERSO.ES/LEY-DE-HUBBLE/](https://leyesdeluniverso.es/ley-de-hubble/)

Einstein reconoció su error e igualó a cero su constante cosmológica, para dar paso a la solución ya conocida de un universo en expansión.

Otro hito en la confirmación del Big Bang fue el descubrimiento en 1965 de la radiación cósmica de fondo, una fuente de radiación electromagnética procedente del universo primigenio. Esta radiación se originó unos 300,000 años después del Big Bang, durante el proceso de recombinación, cuando los electrones fueron capturados por protones para formar los primeros átomos neutros. Este descubrimiento le valió a Arno Penzias y Robert Wilson el Premio Nobel de Física en 1978. La radiación que encontraron corresponde a una emisión que viene de todos lados del universo, con una temperatura de -270.5°C (2.7 Kelvin), y es una de las pruebas más sólidas del modelo cosmológico asociado a la Gran Explosión [1].

A pesar de estos descubrimientos, la teoría del Big Bang siguió generando controversias. Muchos científicos intentaron regresar a algo similar al modelo del estado estacionario, pero esta idea se disipó y ahora el Big Bang es aceptado como el modelo estándar de cosmología. De hecho, la existencia de agujeros negros y la singularidad que inició al universo quedaron formalmente establecidas cuando Stephen Hawking y Roger Penrose demostraron los teoremas de las singularidades.

¿Realmente en algún momento del

pasado todas las galaxias estuvieron infinitamente juntas, todas en un punto?

La teoría del Big Bang, basada en las observaciones de Hubble, sugería que en algún momento del pasado el material de todas las galaxias estuvo concentrado en un solo punto. Sin embargo, durante mucho tiempo persistió la duda: ¿permiten las leyes de la física que exista una densidad infinita, como la que habría ocurrido en el Big Bang?

La respuesta estaba en la propia teoría de

singularidades, regiones donde la curvatura del espacio-tiempo se cierra en sí misma. Junto con Penrose desarrolló nuevas herramientas matemáticas para analizar estas regiones. Finalmente, en 1970, demostraron que, de acuerdo con la relatividad general, el universo tuvo un estado de densidad infinita en su pasado: una singularidad que marca el principio del universo, el Big Bang, y también el inicio del tiempo [3].

La existencia de un final para el universo implicaría necesariamente que tuvo un principio.

En este punto, el universo estará prácticamente un vacío. Las partículas restantes, como los electrones y las partículas de luz (fotones), estarán muy separadas debido a la expansión del universo y rara vez, o nunca, interactuarán. Esta es la verdadera muerte del universo, conocida como "muerte térmica" [4]. La idea fue propuesta en un principio por William Thomson, más tarde fue Lord Kelvin, quien en 1851 teorizó acerca de las consecuencias de la pérdida de calor basándose en la segunda ley de la termodinámica establecida por Sadi Carnot en 1824, pero fue Hermann von Helmholtz quien desarrolló la idea de la muerte térmica del universo. La segunda ley de la termodinámica, una de las piedras angulares de la física postula que, en un sistema cerrado, la entropía (medida del desorden en un sistema), tiende a aumentar con el tiempo. Esto aplicado a nuestro universo significa que, con el tiempo, la cantidad de energía disponible para realizar trabajo disminuirá, y la entropía alcanzará su máximo valor, por lo tanto, esto haría que el universo sea inerte y frío.

El universo que comenzó en un Big Bang se encontraba en equilibrio térmico que se designa al estado de máxima entropía pero representado en un estado de máxima entropía permitido para un universo de tal tamaño. A medida que el universo se expandió, la entropía máxima permitida aumentó con el universo mismo, o cerca de objetos cuya atracción gravitacional sea extremadamente intensa como los agujeros negros. Los cuales son producto de la última fase evolutiva de las estrellas muy masivas que explota y se colapsa. Si el núcleo estelar colapsado que se forma en la explosión tiene suficiente masa, el espacio-tiempo que lo circunda se va curvando hasta cerrarse en sí mismo. Cuando esto sucede ya nada puede salir de ahí, los agujeros negros no emiten luz, ni otra señal; solo se manifiestan por medio de su atracción gravitacional e incrementan la entropía del universo [2]. A partir de mediados de los años 60, Hawking se dedicó al estudio de las

singularidades, regiones donde la curvatura del espacio-tiempo se cierra en sí misma. Junto con Penrose desarrolló nuevas herramientas matemáticas para analizar estas regiones. Finalmente, en 1970, demostraron que, de acuerdo con la relatividad general, el universo tuvo un estado de densidad infinita en su pasado: una singularidad que marca el principio del universo, el Big Bang, y también el inicio del tiempo [3].

ción analicemos de donde proviene nuestra baja entropía, la organización de nuestros cuerpos es tal debido a los alimentos que comemos y al oxígeno que respiramos. Con frecuencia escuchamos decir que obtenemos energía de nuestra ingesta de alimentos y oxígeno, los alimentos consumimos se combinan con el oxígeno que introducimos en nuestros cuerpos y por lo tanto nos proporcionan energía, pero esa energía, en su mayor parte escapa de nuevo de nuestros cuerpos, principalmente en forma de calor. Necesitamos reemplazar la energía que perdemos continuamente en forma de calor, cuanto más energéticos somos más energía perdemos y toda esa energía debe ser reemplazada, el calor es la forma más desordenada de energía que existe, la forma con mayor entropía. Puesto que "la energía se conserva" y puesto que el contenido real de energía de nuestros cuerpos permanece constante a lo largo de nuestra vida, no hay necesidad de añadir nada al contenido de energía de nuestro cuerpo, no necesitamos más energía de la que ya tenemos. Lo que si necesitamos es reemplazar la energía que perdemos continuamente en forma de calor, la cual tomamos del alimento y oxígeno (baja entropía) y desechamos en forma de alta entropía (calor, dióxido de carbono y excrementos), por lo que estamos luchando continuamente contra la segunda ley de la termodinámica [5]. Lo mismo pasa con el universo, la energía no aumenta con el tiempo, esta se conserva, pero se disipa en forma de calor; es decir que toda la energía contenida a partir del Big Bang sigue siendo la misma cantidad de energía que hace aproximadamente 13798 millones de años, pero disipada en un universo en constante expansión, contribuyendo a un universo en continuo aumento de entropía y ocasionando que el universo se esté enfriando. Ahora, toda esa energía se tiene que redistribuir en fragmentos cada vez mayores y así sucesivamente a medida que el universo se siga expandiendo.

¿Por qué la teoría del Big Bang sigue generando dudas?

Describir un principio para el tiempo y el espacio, es la base de la teoría del Big Bang. Sin embargo, la comunidad científica aún cuestiona el origen del universo a partir de una singularidad inicial, debido a que aún quedan muchas interrogantes por ser resueltas, principalmente explicar la expansión extremadamente rápida del universo en los instantes iniciales y resolver el llamado problema del horizonte en el fondo cósmico de microondas (CMB). Es en este sentido en que el fondo cósmico de microon-

das (CMB, Figura 3) es una de las evidencias más contundentes del Big Bang, debido a que la débil radiación remanente del Big Bang, ha sido una fuente de datos que ha permitido validar o desechar modelos cosmológicos para describir la evolución inicial del universo. Y es a partir del hecho que el CMB aparece homogéneo en todas las direcciones (problema del horizonte) incluso en regiones, que aparentemente, nunca pudieron haberse comunicado entre sí y que están separadas a una distancia mucho mayor de la que se obtiene al multiplicar la velocidad de la luz por la edad del universo.

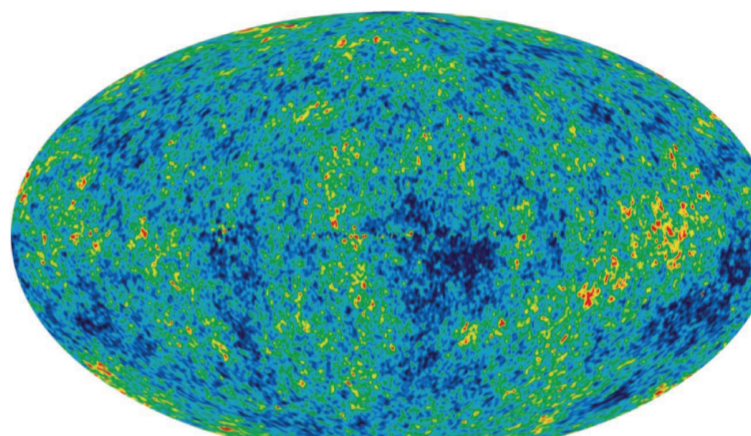


FIGURA 3. IMAGEN del Fondo Cósmico de Microondas, muestra ecos del Big Bang [HTTPS://WWW.SPACE.COM/33892-COSMIC-MICROWAVE-BACKGROUND.HTML](https://www.space.com/33892-cosmic-microwave-background.html) [HTTPS://WWW.MUYINTERESANTE.COM/CIENCIA/21426.HTML](https://www.muyminteresante.com/ciencia/21426.html)

Sin embargo, actualmente la teoría de la inflación o teoría inflacionaria (una teoría provisional) propone una solución a este problema, que ha sido llamado problema del horizonte o problema de la homogeneidad. Según esta teoría, el universo inicialmente se expandió tan rápidamente que casi todo lo que se formó antes de la época de inflación quedó fuera de nuestra región observable. Esto explicaría por qué el CMB parece homogéneo dentro de nuestro universo observable, aunque no podemos saber con certeza cómo es en las regiones que se encuentran más allá de nuestro horizonte cósmico. El problema de esta teoría es que está basada en teorías físicas no confirmadas.

Otras teorías alternativas: El Gran Rebote, el Universo espejo y la Cosmología Cíclica Conformada.

La teoría del "Big Bounce", también llamada del "gran rebote", sostiene que el universo está en un estado oscilante; los cúmulos de galaxias se han separado entre sí como consecuencia de la gran explosión y la velocidad de expansión debe ir disminuyendo a causa de las fuerzas gravitacionales que actúan en ellos, de manera que todo volvería a colapsar creando un "Big

Crunch", un gran crujido, pero que posteriormente tendría que volver a expandirse. Esto abre la posibilidad a considerar que el espacio-tiempo ha existido siempre y es cíclico. Esta teoría entraría en conflicto con la segunda ley de la termodinámica dado que la entropía tendría que revertirse (ir disminuyendo) en un universo colapsante, por ejemplo, en los agujeros negros tenemos un microcosmos colapsante, de modo que si la entropía se invertiría en un universo colapsante también habría groseras violaciones de la segunda ley de la termodinámica en las proximidades de un agujero negro. Sin embargo, estudios más recientes

y el que no veamos la antimateria en nuestro universo. Por tanto, esta teoría no suplanta a la de Big Bang, sino la complementa.

Otra alternativa es la Cosmología Cíclica Conformada, propuesta por Roger Penrose. Esta teoría sugiere que el universo nunca se contrae, solo se expande.

Finalmente, la materia en el universo sería absorbida por agujeros negros supermasivos, y tras un universo vacío, comprimido, ocurriría un nuevo Big Bang, marcando el inicio de un nuevo ciclo cósmico o eón. Penrose incluso sugiere que podría haber un rastro de la era anterior en la radiación cósmica de microondas, dejando una "señal" del pasado incrustada en la radiación [8].

Todas estas teorías alternativas surgen a interrogantes que ha dejado la teoría del Big Bang aunque muchos científicos la clasifiquen aun como una teoría provisional o hipótesis. Ciertamente no lo es, más bien es una teoría útil, y las restantes provisionales porque aún carecen de fundamento experimental a diferencia del Big Bang.

Aun no existe una teoría suprema que culmine en resolver todas las interrogantes que ha dejado la teoría del Big Bang.

Necesitamos comprender porque las singularidades del espacio-tiempo tienen la estructura que parecen tener, pero estas singularidades del espacio y tiempo son regiones en la que nuestra comprensión de la física parece haber llegado al límite, razón por la que muchos físicos piensan que las singularidades no existen porque las leyes de la física colapsan ahí y temen aceptar que la física tiene un límite.

Muchos científicos de primera fila se han dedicado a la construcción de varias teorías como las mencionadas anteriormente. Si se lograra resolver todos los enigmas del origen del universo ciertamente no sería una teoría cuántica ordinaria sería una teoría cuántica de la propia estructura del espacio-tiempo como lo escribió Roger Penrose sería conocida como "gravitación cuántica."

Si descubrimos una teoría completa, sus principios deberían ser, con el tiempo, comprensibles para todos, no solo para unos pocos científicos. Entonces, todos, filósofos, científicos y personas comunes y corrientes podrían tomar parte en el debate de por que nosotros y el universo existimos. Hallar la respuesta a esta pregunta representaría el triunfo definitivo de la razón, porque entonces conoceríamos la mente de Dios. Stephen Hawking.

Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos.



ESTA PUBLICACIÓN FUE REVISADA POR EL COMITÉ EDITORIAL DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS

Para actividades recientes de la academia y artículos anteriores puede consultar: [www.acmor.org](http://www.acmor.org) ¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTACTANOS: [coord.comite.editorial.acmor@gmail.com](mailto:coord.comite.editorial.acmor@gmail.com)

## Referencias

- [1] <https://www.sea-astronomia.es/glosario/radiacion-de-fondo-de-microondas>
- [2] Hacyan, Shahan. (1993). Los Hoyos Negros y la Curvatura de Espacio-Tiempo. La ciencia desde México.
- [3] <https://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/162/>

la-singularidad-de-stephen-hawking

- [4] [https://phys.org/news/2015-09-fate-universe-heat-death-big-rip.html#google\\_vignette](https://phys.org/news/2015-09-fate-universe-heat-death-big-rip.html#google_vignette)
- [5] Penrose, Roger. (2002). La mente nueva del emperador. Fondo de la Cultura Económica.
- [6] <https://theconversation.com/el-destino-del-universo-esta-en-manos-de->

la-energia-oscura-222225

- [7] <https://bigthink.com/starts-with-a-bang/physicists-question-fate-universe/>
- [8] <https://www.bbc.com/mundo/vert-fut-51245606>