

LA EXPLOSION DEL UNIVERSO

Raymundo Casas Navarro

El universo en el cual habitamos es tremendamente grande y esto implica que aparezamos como ínfimas —en verdad muy ínfimas— partículas de polvo. Pero al ser criaturas inteligentes tenemos un anhelo inagotable por saber y comprender la génesis, desarrollo y estructura de este cuerpo incommensurable, tan lejano y tan cercano a la vez.

Esto quizás no es un atributo exclusivo del hombre moderno; quizás esto se manifestó ya desde los albores de la humanidad. Es muy probable que todos los seres humanos de todos los tiempos siempre hayan sido conscientes de su pequeñez respecto a la magnitud del cosmos y siempre se hayan quedado absortos ante las maravillas de tal magnitud. En fin, al principio fue la curiosidad. No obstante, esto es verdad sólo *grosso modo*: el cosmos era considerado antiguamente muy pequeño aún, si lo comparamos con la magnitud que actualmente le asignarían los cosmólogos.¹ La concepción del cosmos, pues, no ha sido siempre la misma y sería muy interesante de verdad hablar de la evolución del concepto *cosmos* en la historia humana, pero ahora queremos discurrir más bien sobre la evolución del mismo universo según la cosmología.

Albert Einstein (1879 - 1955) se hizo famoso cuando su teoría de la relatividad general fue comprobada en 1919. Esta fue planteada en 1916 y pretendía explicar los fenómenos gravitatorios. Un año después extendió la aplicación de su teoría al estudio del origen, la evolución y configuración del universo. ¿Qué sucedía? Simplemente que cualquier interpretación de las ecuaciones relativistas conducía a formarse la imagen de un universo inestable, de un universo en expansión o en contracción. Esta conclusión también

¹ Realmente el universo está en expansión y, por lo tanto, no tiene límite fijo. El objeto más lejano observado por los astrónomos está a 10 mil millones de años luz. Nótese que 1 año luz equivale a 9 billones de kilómetros.

había sido deducida por el astrónomo holandés Willem de Sitter en el mismo año. Empero, Einstein se resistió a aceptar esta deducción porque estaba seguro de que el universo era estable e inmutable tal como lo describían la mayoría de los astrónomos. Una vez más, la seguridad no fue un criterio de verdad. ¿Cómo solucionó Einstein el problema? Para que la teoría de la relatividad se adecuara a la visión de un universo estable, isótropo² y homogéneo, alteró sus ecuaciones añadiendo un número, la constante cosmológica. Según Einstein se trataba de una “insignificante modificación”. En este punto Einstein no fue demasiado audaz pero si él no lo era alguien debía serlo.

Alexander Friedmann (1888-1925), un excelente matemático ruso, trabajó con las ecuaciones de Einstein usando la constante cosmológica, de un lado, y desconsiderándola, de otro. De este modo obtuvo dos soluciones, un universo estable y un universo en expansión respectivamente. En realidad Friedmann es importante para la actual cosmología porque:

- 1) Dedujo de la hipótesis de un universo en expansión dos modelos teóricos que aún hoy avivan una fuerte polémica. En el primer modelo la densidad de la materia nunca llega a alcanzar la cantidad crítica lo que entraña que el Universo es abierto y puede expandirse eternamente. En el segundo modelo la densidad es mayor que el índice crítico y por lo tanto la expansión no será eterna.
- 2) A raíz de este universo expansivo dedujo que en el pasado existió un período singular en el que toda la materia del universo estuvo concentrada en un solo punto. Los astrofísicos, hoy en día, llaman a este punto una “singularidad”.

¡Todo esto en 1922! Mas Friedmann no fue tomado muy en serio. Después de todo, lo que planteaba —aunque interesante— no dejaba de ser un mero juego matemático.

Einstein había realizado ciertas críticas a los desarrollos matemáticos de Friedmann y éste murió de fiebre tifoidea cuando apenas contaba con 37 años.

Sí, teoría, simple teoría. La matemática no podía decidir y esto le cupo, como siempre, a la experiencia. Dicho sea de paso, la ciencia es teoría controlada rigurosamente por la experiencia.³ El paso decisivo para la aceptación de la teoría de la expansión del universo fue dado por un ex-

² Igual en todas las direcciones.

³ Cf. Julio Sanz *Introducción a la ciencia*. Lima, Amaru Editores, 1987.

campeón de boxeo llamado Edwin Hubble (1889–1953) y lo dió en 1929 cuando anunció que la velocidad de alejamiento de las galaxias era proporcional a su distancia de la Vía Láctea. La conclusión de Hubble se basaba en un sinnúmero de observaciones, realizadas en casi una década, y por lo tanto Friedmann fue reivindicado mientras que Einstein tuvo que admitir que su hipótesis acerca de la constante cosmológica, la presunta modificación insignificante, fue el error más grande de su vida.

Con el objeto de esclarecer esta conclusión del astrónomo Edwin Hubble conocida como la “ley de Hubble” hagamos una digresión sobre el “efecto Doppler-Fizeau”. Se suele ilustrar el efecto Doppler con el silbido de una locomotora cuyo tono aumenta cuando se nos acerca y, al contrario, disminuye cuando se nos aleja. Esta variación en el tono se explica por el hecho de que el número de ondas sonoras por segundo que impresionan nuestro tímpano varía a causa del movimiento de su fuente de origen. Esto se aplica tanto a las ondas sonoras como a las ondas luminosas y se llama efecto Doppler porque fue descubierto en 1842 por el físico austriaco Christian Doppler. ¿Por qué se le añade el nombre de Fizeau? Porque en 1848 el físico francés Armand Fizeau sugirió que el efecto Doppler en la luz podía determinarse mejor analizando la posición de las líneas espectrales.⁴ Si la fuente luminosa se dirige hacia nosotros, nos llegan más ondas luminosas por segundo y observamos que en el espectro hay un corrimiento hacia el violeta (onda de más alta frecuencia). De otra parte, si la fuente se aleja de nosotros, nos llegan menos ondas luminosas por segundo y observamos que en el espectro hay un corrimiento hacia el rojo (onda de la más baja frecuencia).

Ahora bien, Hubble descubrió que todas (bueno, casi todas) las galaxias tenían un corrimiento hacia el rojo, que este corrimiento se correlacionaba con la distancia. De esto dedujo que:

- 1) La velocidad de alejamiento de las galaxias es directamente proporcional a su distancia relativa. Esto puede ser expresado como sigue: *A mayor distancia mayor velocidad*. Vale decir que si una galaxia X está a doble distancia que otra galaxia Y respecto de nosotros entonces X se aleja con doble velocidad que Y.
- 2) El universo está en expansión.

La cosmología andaba por buen camino. Este camino había sido señalado por Friedmann y otra idea interesante debida a él también iba a tener su

⁴Por este motivo, sólo cuando se habla de la luz se refiere al *efecto Doppler-Fizeau*. Cuando la referencia es al sonido, se habla simplemente del *efecto Doppler*.

reposición aunque quizá no se le reconociera inmediatamente como el precursor.

En 1927 el astrónomo belga Georges Lemaître (1896-1966) ideó un modelo en expansión que *retro-proyectado* debía concluir en un universo muy pequeño y bastante denso. Haciendo analogía con ciertas mitologías chinas lo llamó el *huevo cósmico*. Como según las ecuaciones de Einstein (correctamente interpretadas por De Sitter y Friedmann) el universo sólo podía estar en expansión y ya que el huevo cósmico tenía una enorme densidad, sólo algo pudo haber pasado. ¿Qué? Un gran estallido se dio con una violencia inusitada y las galaxias de hoy no son más que los trozos desperdigados del huevo cósmico primordial. La teoría de Lemaître no tuvo mejor suerte que la de Friedmann hasta que en la década de 1930 el notable físico ruso-norteamericano George Gamow, nacido en 1904, popularizó la idea de una explosión inicial del Universo o *big bang*, como la denominó. Esta teoría necesitaba de una verificación empírica porque francamente es increíble; no se podía aludir a la misma expansión del universo ya que se caería irremisiblemente en un enojoso círculo vicioso. En 1949 Gamow formuló que si el *big bang* había tenido lugar, la radiación que lo acompañaría habría perdido energía a medida que el Universo se expandía y debería existir ahora en la forma de emisión de radioondas procedentes de todas las partes del firmamento como una homogénea radiación de fondo. Gamow pensó que tal radiación debía ser de (5° K).⁵ Esta determinación fue corregida por el físico norteamericano Robert Henry Dicke. El razonamiento de Gamow era impecable pero la radiación cósmica era de 3° K. ¡Qué predicción más interesante y espectacular!. En 1964, casi casualmente, dos ingenieros de los laboratorios Bell detectaron estos 3° K. La teoría del Big Bang recibía su primer gran espaldarazo experimental.

El Big Bang ocurrió hace 15 mil millones de años. Se ha descrito los tres primeros minutos a partir del Big Bang hasta los 10^{-43} segundos. Ese es el límite de Planck y el universo allí era muy simple. Las cuatro fuerzas básicas que hoy conocemos que actúan separadamente (la fuerza de la gravedad, la fuerza electromagnética, la fuerza débil y la fuerza fuerte) estaban unidas. En relación a esto cabe decir que la figura del huevo cósmico ha dejado su lugar a la *gota superdensa*. ¿Por qué? Sólo un céntimo de segundo después del *Big Bang* la temperatura es de 82 mil millones de grados centígrados y a escasos segundos de él el tamaño del universo es de 10^{-28} cms.!

⁵ Son cinco grados Kelvin, es decir 5 grados por encima del 0 absoluto. El cero absoluto es -273° C. Entonces 5° K equivalen a -268° C.

La teoría del *Big Bang* ha recibido muchas más verificaciones luego de la espectacular de 1964. Como se sabe, la teoría del *big bang* implica fuertemente la unificación de las fuerzas fundamentales. Esto lleva aparejado ciertas hipótesis relacionadas a tales fuerzas. En 1979 tres notables físicos (Weinberg, Glashow y Salam) predijeron la existencia de un conjunto de partículas, bosones vectores, que "transportan" la fuerza débil. Pues bien, en 1983 un equipo de investigación experimental dirigido por Carlo Rubbia anunció el descubrimiento de tres bosones W^+ , W^- y Z^0 . La corroboración de la teoría del *big bang* no pudo ser mejor.

Hace 15 mil millones de años, pues, el universo se hallaba en un estado de singularidad. A partir del cual se produjo un gran estallido, un *big bang*, que convirtió la energía en materia y así sucesivamente. El universo se encontraba en tal densidad que a partir de allí se ha ido enfriando. Esto quiere decir que el universo está en expansión. La cuestión es: ¿seguirá estándolo? Todo parece indicar que sí y entonces el universo va a su postrer y final enfriamiento. ¿Pero si existe la suficiente masa para revertir la expansión? En este caso juegan un papel importante los neutrinos; si éstos tienen masa la expansión se detendría, se desarrollaría un proceso cósmico inverso y el universo se volvería a calentar hasta llegar al *bing crunch* (gran implosión). ¿Qué vendría después? ¿Otra explosión? ¿Y así sucesivamente *ad infinitum*? Lo cierto es que nuestra curiosidad, nuestro afán de conocimiento, nos ha llevado a plantearnos y respondernos una serie de trascendentes preguntas. Y posiblemente no lleguemos a —tal vez no podamos— responderlas todas.