

## UN POCO DE COSMOLOGÍA



Willem de Sitter, Alexander Friedmann, Georges Lemaître son los nombres de los científicos que estudiaron y desarrollaron el modelo inicial de universo que elaboró Albert Einstein a partir de su teoría de la relatividad generalizada y pueden ser considerados como los padres de la cosmología moderna.

En la foto adjunta vemos a Einstein con Lemaitre. El sacerdote fue el que, a partir de las ideas relativistas, postuló la existencia de un Big Bang.

Al primero, no le gustaba esa idea al comienzo, pues consideraba una intrusión religiosa en la ciencia el introducir un principio al universo. Después comprendió lo acertado de la idea del jesuita que en realidad no afectaba a los principios agnósticos del físico alemán: que el espacio-tiempo comenzara a existir desde un momento dado, no implicaba necesariamente que existiera un creador externo; simplemente era un suceso tan inexplicable como la idea de un universo infinito, eterno y homogéneo en la que él había creído hasta

entonces. Si hay una razón de ser del universo, puede que se encuentre dentro de él mismo o puede que no. De momento sigue siendo un misterio a cuyas profundidades tratan de acercarse nuestros científicos, independientemente de si profesan o no alguna creencia religiosa.

La siguiente es una de las ecuaciones de Einstein para explicar el estado del cosmos en un momento dado, suponiendo que se porta como un gas de presión interna despreciable:

$$R'' = -4\pi\rho_o G \frac{R_o^3}{3R^2} + \frac{\Lambda R}{3}$$

En esta ecuación  $R$  es la escala del universo en un momento dado.  $R_o$  sería la escala en el momento actual, que solemos tomar como unidad. En un momento en que por ejemplo  $R$  tuviera un valor 2, el universo observable sería dos veces más amplio que el actual.  $R''$  es la derivada segunda de  $R$  con el tiempo, es decir, la aceleración con que varía la escala en un momento dado. La  $G$  es la constante de gravitación universal clásica. La densidad media del universo en el momento actual viene dada por  $\rho_o$ , mientras que  $\Lambda$  es la llamada constante cosmológica.

Inicialmente no existía el sumando que contiene esta constante. Einstein se dio cuenta de que su ecuación significaba que la escala  $R$  debería estar variando con el tiempo e introdujo la constante cosmológica que se cancelaría con el primer término para hacer estable el universo.

Cuando más tarde Hubble, al descubrir el corrimiento al rojo de las galaxias, que implicaba la expansión cósmica, dio la razón a Lemaitre, Einstein declaró que la constante cosmológica había sido su máximo error teórico.

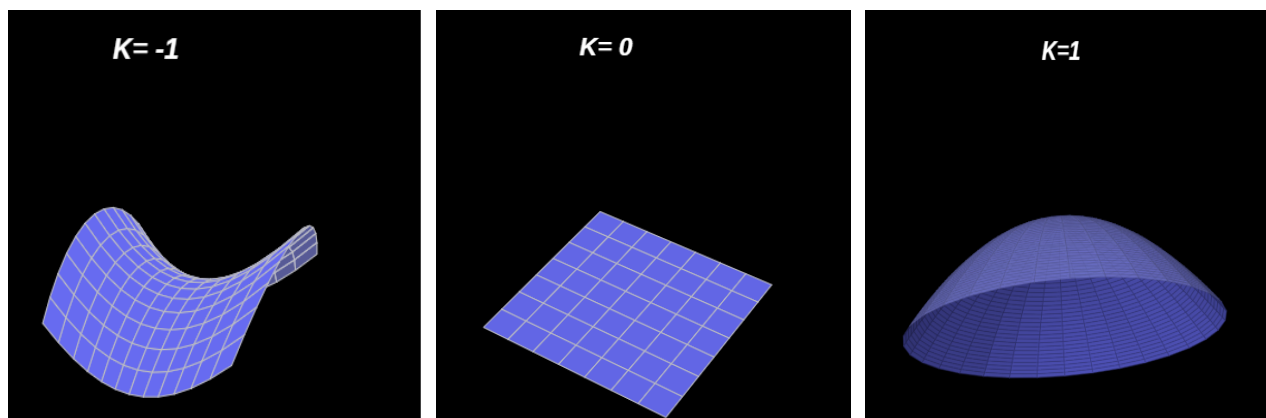
Hasta hace poco se creyó efectivamente que, a partir del Big Bang la expansión del universo se iba ralentizando poco a poco por la fuerza de la gravedad, existiendo la duda de si la densidad de materia era suficiente para que la expansión se detuviera algún día y comenzara la contracción hacia el Big Crunch.

Observemos otra de las ecuaciones de Einstein:

$$8\pi\rho Gc^{-2} = -2 \frac{R''}{R} - \frac{1}{R^2} (kc^2 + (R')^2) + \Lambda$$

En ella aparecen, junto a los parámetros ya citados, la velocidad de la luz  $c$ , la velocidad de la expansión  $R'$ , la presión media en el cosmos  $P$ , que consideramos despreciable, y la constante de curvatura  $k$ .

Esta constante puede tener en realidad tres valores 0, 1, -1.



Si  $k=0$  el universo sería “plano”. Eso no significa que sea una lámina de papel, sino que en él se cumple exactamente la geometría de Euclides. Por ejemplo, los tres ángulos de un triángulo, por más grande que sea, siempre sumarán  $180^\circ$ . El espacio en ese caso sería infinito y la expansión no se detendría nunca.

Si  $k=-1$ , cualquier superficie suficientemente grande en el universo tendría la forma de un hiperboloide, en el que la suma de los ángulos del triángulo es menor de  $180^\circ$ . Como en el caso anterior, el espacio sería infinito y tampoco se detendría la expansión.

Si  $k=1$ , nos encontramos con un universo cerrado, esférico. La suma de los ángulos de un gran triángulo sería mayor de  $180^\circ$ . El espacio se cerraría sobre sí mismo, de forma que tendría un tamaño finito, la expansión se detendría en algún momento y el Big Crunch sería inevitable.

A finales del siglo XX se descubrieron pruebas de la existencia de “materia oscura”, invisible para nosotros pero con efectos gravitatorios, y la “energía oscura”, de origen desconocido y que tiende a acelerar la expansión. Una forma de expresar matemáticamente esa energía oscura es volver a introducir la constante cosmológica que, en vez de equilibrar la atracción gravitatoria como suponía Einstein, puede tener un valor mayor que asegure una expansión acelerada.

Según el más moderno [modelo Lambda-CDM](#), que coincide bastante bien con los datos observados actualmente, después del Big Bang, acaecido hace unos 13700-13800 millones de años, la expansión del universo fue frenando gradualmente hasta que hace unos cinco mil millones comenzó a acelerar debido a la energía oscura. Hoy en día la idea predominante es que nos encontramos en un universo prácticamente plano, cuya expansión será infinita en el tiempo y en el espacio y toda la materia quedará al final diluida en una sopa de neutrinos y fotones, dentro de un vacío inmenso.

Cabe, claro está, que el universo sea finito, pero tan inmenso que la porción en que vivimos, nuestro universo observable, nos parece plana, como les parecía nuestro planeta a los habitantes antiguos, cuando veían la Tierra como una superficie plana infinita.