

## ¿Más rápido que la luz?

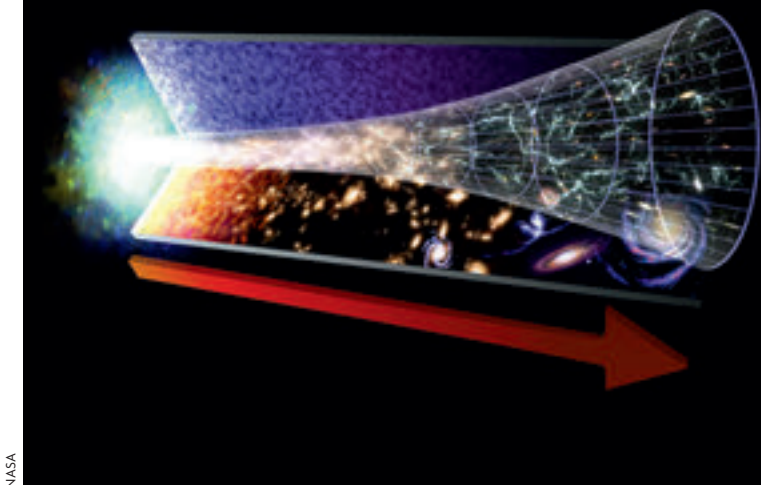
por VICENT J. MARTÍNEZ

El universo está en expansión. Este descubrimiento se atribuye fundamentalmente a Edwin Hubble, a partir de un artículo publicado en 1929, aunque el astrónomo belga Georges Lemaître había llegado a la misma conclusión dos años antes. Además, los datos de los desplazamientos hacia el rojo de las galaxias medidos por Vesto Slipher y por el propio colaborador de Hubble, Milton Humason, así como el procedimiento para determinar distancias a partir de la relación periodo-luminosidad de Henrietta Leavitt, fueron determinantes para llegar a esta conclusión.

Cuando imaginamos el universo en expansión, visualizamos las galaxias alejándose unas de otras. Cualquier observador situado en un planeta como el nuestro observaría que las galaxias distantes se alejan de él a una velocidad proporcional a la distancia que las separa del observador. Pero el observador no mide directamente la velocidad de alejamiento de las galaxias, sino el desplazamiento hacia el rojo del espectro de la luz que proviene de cada una de ellas. El espectro nos da la cantidad de energía recibida en función de la longitud de onda. Que esté desplazado hacia el rojo implica que la curva del espectro de una galaxia distante se ha movido hacia longitudes de onda más largas. Hubble lo interpretó como un desplazamiento Doppler debido a la velocidad radial de alejamiento de la galaxias y, por eso, la ley de Hubble se suele representar como  $v = Hd$ . La velocidad ( $v$ ) es proporcional a la distancia ( $d$ ).

Conviene aclarar que el desplazamiento al rojo Doppler y el desplazamiento al rojo cosmológico son similares pero no idénticos. En el primero, si una fuente luminosa se aleja a gran velocidad, el observador la detecta enrojecida, del mismo modo que cuando se aleja una ambulancia percibimos el sonido de su sirena más grave que cuando se acerca. Las ecuaciones del efecto Doppler, para velocidades relativas altas, son las de la relatividad especial. El desplazamiento hacia el rojo cosmológico, por el contrario, es consecuencia de la expansión del espacio y sus ecuaciones son las de la relatividad general.

Visualizar las galaxias alejándose unas de otras con el paso del tiempo nos permite rebobinar la película cósmica e imaginar que en el pasado estaban más juntas. A partir de esta imagen no es difícil llegar a la idea del Big Bang, la gran explosión que inició la expansión cósmica. Desafortunadamente, aquí nuestra mente recurre casi inevitablemente al imaginario del cine bélico. El error común es pensar en el Big Bang como la



NASA

La evolución del universo desde el Big Bang hasta el momento presente.

**«La velocidad de recesión no es consecuencia de un movimiento de las galaxias en el espacio, sino de la expansión del propio espacio»**

explosión de una bomba que ocurre en un lugar y envía materia en todas las direcciones. En realidad, el Big Bang es una «explosión» del propio espacio que ocurre simultáneamente en todas partes (en un espacio que bien podría ser infinito desde el inicio). Por tanto, la expansión de las galaxias es una expansión del propio espacio que las arrastra con ellas y hace que su luz nos llegue desplazada hacia el rojo.

La luz de una galaxia cuyo desplazamiento hacia el rojo sea  $z = 1,5$  partió cuando el universo tenía 4.300 millones de años; como la edad del universo hoy es de 13.800 millones de años, esa luz ha estado viajando durante 9.500 millones de años antes de llegar a la Tierra. Además, como en todo ese tiempo el universo se ha estado expandiendo, la distancia a la que se encuentra esa galaxia (la  $d$  en la Ley de Hubble) es de 14.600 millones de años luz. Pues bien, esa galaxia y todas las que están más lejos, en el marco del modelo cosmológico actual, se están alejando de nosotros (o nosotros de ellas) a velocidades superiores a la de la luz ( $c = 300.000$  km/s). Este hecho no viola ningún principio de la física, ya que, como hemos indicado (pero conviene repetirlo al menos tres veces al día), la velocidad de recesión no es consecuencia de un movimiento de las galaxias en el espacio, sino de la expansión del propio espacio. ☺

Vicent J. Martínez. Catedrático de Astronomía y Astrofísica. Observatorio Astronómico de la Universitat de València.