

## Més ràpid que la llum?

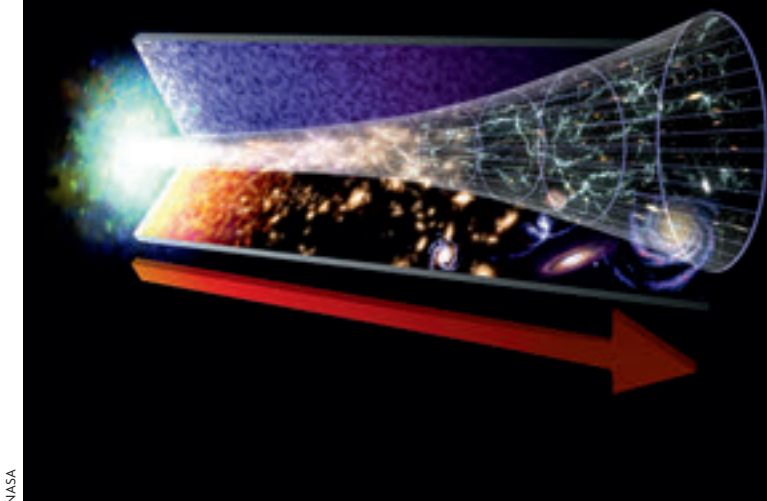
per VICENT J. MARTÍNEZ

L'univers està en expansió. Aquest descobriment s'atribueix fonamentalment a Edwin Hubble, a partir d'un article publicat el 1929, encara que l'astrònom belga Georges Lemaître havia arribat a la mateixa conclusió dos anys abans. A més, les dades dels desplaçaments cap al vermell de les galàxies mesurats per Vesto Slipher i pel mateix col·laborador de Hubble, Milton Humason, així com el procediment per determinar distàncies a partir de la relació període-lluminositat de Henrietta Leavitt, van ser determinants per a arribar a aquesta conclusió.

Quan imaginem l'univers en expansió, visualitzem les galàxies allunyant-se les unes de les altres. Qualsevol observador situat en un planeta com el nostre observaria que les galàxies distants se n'allunyen a una velocitat proporcional a la distància que les separa de l'observador. Però l'observador no mesura directament la velocitat d'allunyament de les galàxies, sinó el desplaçament cap al vermell de l'espectre de la llum que prové de cadascuna. L'espectre ens dona la quantitat d'energia rebuda en funció de la longitud d'ona. Que estiga desplaçat cap al vermell implica que la corba de l'espectre d'una galàxia distant s'ha mogut cap a longituds d'ona més llargues. Hubble ho va interpretar com un desplaçament Doppler a causa de la velocitat radial d'allunyament de les galàxies i, per això, la llei de Hubble se sol representar com  $v = Hd$ . La velocitat ( $v$ ) és proporcional a la distància ( $d$ ).

Convé aclarir que el desplaçament al vermell Doppler i el desplaçament al vermell cosmològic són semblants però no idèntics. En el primer, si una font lluminosa s'allunya a gran velocitat, l'observador la detecta enrogada, de la mateixa manera que quan s'allunya una ambulància percebem el so de la sirena més greu que quan s'acosta. Les equacions de l'efecte Doppler, per a velocitats relatives altes, són les de la relativitat especial. El desplaçament cap al roig cosmològic, al contrari, és conseqüència de l'expansió de l'espai i les seues equacions són les de la relativitat general.

Visualitzar les galàxies allunyant-se les unes de les altres amb el pas del temps ens permet rebobinar la pel·lícula còsmica i imaginar que en el passat estaven més juntes. A partir d'aquesta imatge no és difícil arribar a la idea del Big Bang, la gran explosió que va iniciar l'expansió còsmica. Desafortunadament, ací la nostra ment recorre quasi inevitablement a l'imaginari del cine bèl·lic. L'error comú és pensar en el Big



NASA

L'evolució de l'univers des del Big Bang fins al moment present.

**«La velocitat de recessió no és conseqüència d'un moviment de les galàxies en l'espai, sinó de l'expansió del mateix espai»**

Bang com a l'explosió d'una bomba que s'esdevé en un lloc i envia matèria en totes les direccions. En realitat, el Big Bang és una «explosió» del mateix espai que ocorre simultàniament pertot arreu (en un espai que ben bé podria ser infinit des de l'inici). Per tant, l'expansió de les galàxies és una expansió del mateix espai que les arrossega amb elles i fa que la seua llum ens arribe desplaçada cap al vermell.

La llum d'una galàxia el desplaçament de la qual cap al vermell siga  $z = 1,5$  va partir quan l'univers tenia 4.300 milions d'anys; com que l'edat de l'univers avui és de 13.800 milions d'anys, aquella llum ha estat viatjant durant 9.500 milions d'anys abans d'arribar a la Terra. A més, com que en tot aquell temps l'univers s'ha anat expandint, la distància a què es troba aquella galàxia (la  $d$  en la Llei de Hubble) és de 14.600 milions d'anys llum. Doncs bé, aquella galàxia i totes les que estan més lluny, en el marc del model cosmològic actual, s'estan allunyant de nosaltres (o nosaltres d'elles) a velocitats superiors a la de la llum ( $c = 300.000$  km/s). Aquest fet no viola cap principi de la física, ja que, com hem indicat (però convé repetir-ho almenys tres vegades cada dia), la velocitat de recessió no és conseqüència d'un moviment de les galàxies en l'espai, sinó de l'expansió del mateix espai. ☺

Vicent J. Martínez. Catedràtic d'Astronomia i Astrofísica. Observatori Astronòmic de la Universitat de València.