

## L'UNIVERS ACCELERAT

Quan el 1917 Albert Einstein aplicà les equacions de la relativitat general a la descripció de l'univers en el seu conjunt, el resultat no li va convèncer gaire. Obtenia un univers en expansió o contracció, i això semblava estar contra l'evidència observacional. Efectivament, el seu amic i col·lega W. de Sitter, director de l'Observatori de Leiden des de 1919 a 1934, li explicà correctament que les velocitats dels estels de la Via Làctia –l'univers conegut aleshores– eren massa petites per ser testimoni de cap expansió o contracció còsmica. Semblava, doncs, que les observacions apuntaven cap a un univers estàtic. Això portà Einstein a introduir en les seues equacions la famosa constant cosmològica  $L$ . Aquest terme no modifica la relativitat general, com a teoria de gravitació, en aquells fenòmens que poden ser observats en el sistema solar i les seues rodalies, com ara l'avançament del periheli de Mercuri o la deflexió de la llum dels estels en passar per les proximitats del disc solar. Per a escales cosmològiques, però, balanceja les equacions de tal manera que l'univers esdevé estàtic, encara que inestable.

Només dotze anys després dels treballs d'Einstein, l'astrònom americà Edwin Hubble mostrà que les galàxies van allunyant-se de nosaltres a una velocitat que és proporcional a la distància a la qual es troben, és a dir, una galàxia situada el doble de lluny que una altra va retrocedint el doble de ràpidament. Aquesta és la llei de Hubble i ens informa que l'univers s'expandeix. De fet, el mateix que observem nosaltres des de la Terra s'observaria des de qualsevol altra galàxia. Aquest va ser un descobriment cabdal per al desenvolupament de la cosmologia i el posterior adveniment de la teoria de la gran explosió. En assabentar-se Einstein dels resultats de Hubble, va reconèixer que la introducció de la constant cosmològica havia estat innecessària i, si més no, li havia impedit predir amb dotze anys d'antelació, i no solament amb arguments teòrics, l'expansió de l'univers. Diuen que anys després arribà a afirmar que la inclusió de  $L$  en les seues equacions havia estat l'error més gran de la seua carrera científica. Des d'aleshores la constant cosmològica va quedar bàsicament oblidada per la comunitat científica, llevat dels exercicis acadèmics i treballs teòrics que, per completesa, volien considerar tots els escenaris cosmològics possibles.

Anul·lada la constant cosmològica, els paràmetres que descriuen l'evolució còsmica són bàsicament dos i l'objectiu primordial de la cosmologia observacio-

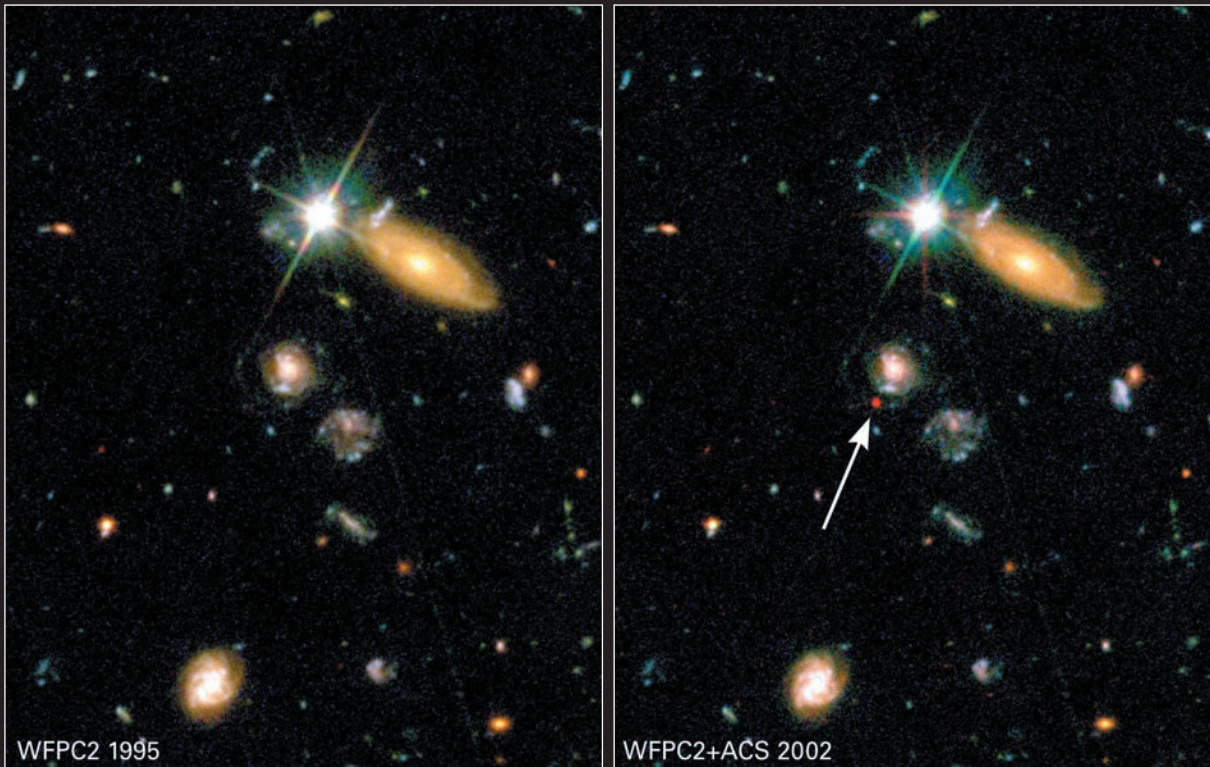
nal ha estat determinar amb exactitud els seus valors. D'una banda, cal determinar el ritme d'expansió actual de l'univers –l'anomenada constant de Hubble–, d'altra banda, i com que la gravitació és una força atractiva i actua alentint l'expansió, cal precisar el ritme de desacceleració. Aquest ve determinat, en absència de constant cosmològica, només per la densitat de matèria i energia en l'univers.

Existeix una densitat crítica tal que si la densitat real de l'univers és inferior a aquest valor, l'univers s'expandirà per sempre, encara que la gravetat anirà frenant l'expansió. Si, pel contrari, la densitat de l'univers supera aquest valor crític, la gravitació vencerà l'expansió còsmica, l'aturarà i farà que l'univers comence una fase de contracció. No sembla ser aquest el cas. Sumant tota la matèria visible que hi ha a l'univers en planetes, estels i galàxies no arribem a l'1% de la densitat crítica. Fins i tot, afegint la matèria fosca que sabem que existeix a les galàxies i als cúmuls de galàxies arribaríem com a molt al 30% del valor crític. Hi ha, però, arguments teòrics que afavoreixen un univers amb densitat igual a la densitat crítica. A aquesta mateixa conclusió s'arriba quan s'analitzen els mapes de la radiació còsmica de fons (vegeu MÈTODE, núm. 38).

Així estava la situació el 1998, quan dos equips internacionals d'astrònoms que havien passat anys estudiant les supernoves en galàxies molt allunyades anunciaren un descobriment sorprenent.

L'observació d'aquestes supernoves aportava indicis observacionals suficients per assegurar que el ritme a què actualment –i des de fa 5.000 milions d'anys– va expandint-se l'univers no va minvant com a conseqüència de la gravitació, sinó al contrari, augmenta amb el pas del temps: l'expansió s'accelera. L'equip liderat per Saul Perlmutter, de Califòrnia, i l'equip liderat per Brian Schmidt, d'Austràlia, han competit en els darrers anys per assolir allò que la revista *Science* va considerar el gran descobriment científic de l'any 1998.

Les supernoves de tipus Ia (vegeu MÈTODE, núm. 28) tenen una brillantor equivalent a la de mil milions de sols i, per tant, són visibles, amb la generació actual de telescopis, a distàncies superiors als 5.000 milions d'anys llum. En les imatges podem veure dues supernoves, SN1998bu en la galàxia M96 a 40 milions d'anys llum, i SN2002dd a 8.000 milions d'anys llum. Aquestes explosions estel·lars són observables només durant algunes setmanes i poden ser utilitzades com candeles estàndard, això vol dir que podem in-



Dues imatges de l'univers profund obtingudes pel telescopi espacial Hubble en la constel·lació de l'Óssa Major. La primera es va realitzar el 1995, la segona el 2002. En aquesta segona s'aprecia, assenyalat per la fletxa, l'esclat de la supernova SN2002dd, situada a 8.000 milions d'anys llum. (Cortesia de NASA i J.P. Blakeslee -Johns Hopkins University.)

ferir amb facilitat la distància a què es troben a partir de la seua brillantor. Doncs bé, els dos grups detectaren que les supernoves a aquestes distàncies tan impressionants eren el 25% més febles del que haurien de ser. Després d'analitzades totes les possibilitats, van concloure que, en realitat, la distància que la llum de les supernoves havia recorregut per arribar als nostres telescopis era major que no es pensava, i que això només podia ser explicat si l'univers es va accelerant.

La raó d'aquesta acceleració no és clara. Els cosmòlegs parlen, sense saber ben bé què és, d'energia fosca: no és matèria i per tant no es pot detectar per cap efecte gravitatori, tampoc no emet radiació. Es tracta d'una energia que s'associa al mateix espai buit, que actua com una gravetat repulsiva amb pressió negativa i que pot ser la responsable de l'acceleració còsmica... curiosament, això és el que fa la constant cosmològica. Molts s'han afanyat a replegar-la de la paperera d'Einstein i, encara que no siga l'única forma d'energia fosca –hi ha altres alternatives amb noms tan suggeridors com quintaessència–, la constant cosmològica produeix l'acceleració en l'expansió còsmica que les supernoves llunyanes han mostrat.



Les tres imatges de la galàxia M96, a 40 milions d'anys llum, es van fer amb el telescopi d'1.2 m de l'observatori Whipple, el 14-3-97 (esquerra), on no s'aprecia la supernova; el 18-5-98 (centre), on assoleix la màxima brillantor; i el 19-11-98 (dreta), on ja és evident que la lluminositat ha minvat. (Cortesia de S. Jha, P.M. Challis, P.M. Garnavich i R.P. Kershner.)

L'error d'Einstein ha esdevingut un ingredient bàsic del model cosmològic que avui millor explica l'univers. Tot plegat em recorda el lúcid aforisme de Joan Fuster: “També l'error té el seu mèrit”, deia Voltaire. I, si estava equivocac quan ho afirmava, no feia sinó abonar una evidència.”

VICENT J. MARTÍNEZ  
 Director de l'Observatori Astronòmic  
 de la Universitat de València