



En la imatge es veu el camp profund de galàxies observat pel telescopi espacial Hubble durant deu dies d'exposició (cortesia de Robert Williams i l'equip HDF amb el suport d'AURA/STScI i NASA). Més de 2.500 galàxies s'aprecien en una petita regió del cel, d'un minut d'arc d'amplària, pròxima a la constel·lació de l'Óssa Major. Els objectes més febles brillen 4.000 milions de vegades menys que els estels més dèbils que podem observar al cel cada nit a ull nu. Són galàxies distants, la llum de les quals va sortir, en alguns casos, quan l'univers tenia només el 10% de l'edat actual i per tant ens mostren com era l'univers primitiu.

# LA CURIOSA HISTÒRIA DEL BIG BANG

## L'ORIGEN DELS ELEMENTS I L'ENERGIA DELS ESTELS

José Adolfo de Azcárraga

### ■ ELS INICIS DE LA COSMOLOGIA DE LA GRAN EXPLOSIÓ

La idea del *big bang* o «gran esclafit» té el seu origen en els estudis del meteoròleg i matemàtic rus Aleksandr Friedmann (1888-1925) i del belga Georges Lemaitre (1894-1966). Friedmann va mostrar l'any 1922 en la revista *Zeitschrift für Physik* que les equacions del camp gravitatori d'Einstein (sense terme cosmològic) admeten solucions que descriuen un univers en expansió. Lemaitre, que va treballar a Cambridge entre 1923 i 1924 sota la supervisió del gran Arthur Eddington (1882-1944), va publicar el 1927, ja a la Universitat de Lovaina, *Un univers homogène de masse constante et de rayon croissant rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extragalactiques*, que descrivia un univers de radi creixent. Lemaitre considerava que l'univers primitiu era constituït per un «àtom primigeni» l'expansió del qual –«l'explosió de l'ou còsmic»– originava l'univers actual. La condició de sacerdot de Lemaitre va donar peu de seguida a interpretacions teologocreationistes de la seua teoria, però ell mateix va tractar de separar ciència i religió, «dues formes d'arribar a la veritat» que havia decidit «seguir simultàniament». Per la seua banda, Albert Einstein (1879-1955), inicialment hostil a un univers variable, va acceptar el 1931 que aquest estava en expansió quan el gran astrònom nord-americà Edwin Hubble (1889-1953) va observar que les galàxies s'allunyen amb velocitats proporcionals a la distància de l'observador, la qual cosa suggereix un inici i un origen comú per al seu viatge. Einstein va reconèixer llavors el valor de les idees de Friedmann i Lemaitre, «el castell de focs artificials al començament del començament», en frase d'aquest últim.

### ■ FRED HOYLE I EL FRUSTRAT MODEL ESTACIONARI

L'evolució del pensament d'Einstein –i que perdera la gran oportunitat de *predir* l'expansió de l'univers– és una història que no ens concerneix aquí. No obstant això, l'acceptació final del *big bang* (que abans de rebre aquell nom es deia *model d'evolució dinàmica* de l'univers) és tan interessant com plena de girs inesperats. La teoria inicialment competidora, el frustrat *model estacionari* de l'univers, va ser concebuda per Fred Hoyle (1915-2001) el 1948 junt amb dos jueus vienesos emigrats, Hermann Bondi (1919-2005) i Thomas Gold (1920-2004), que havien treballat amb ell al radar de l'Armada durant la guerra mundial. Hoyle, alumne de Paul Dirac (1902-84) i de Rudolf Peierls (1907-95) a Cambridge, va decidir dirigir la seua atenció als estels quan Peierls es va traslladar a Birmingham i, a més, va sentir comentar a Dirac que «el 1926 [l'any d'or de la física quàntica], persones corrents podien fer grans contribucions als fonaments de la física; avui [per 1938] no troben problemes importants que resoldre». Hoyle va proposar a Cambridge un model d'univers *estacionari* a gran escala, com ho és un riu que flueix, que sempre és el mateix encara que no siga *estàtic*. El seu model era compatible amb la llei de Hubble –la recessió de les galàxies– i descrivia un univers aproximadament igual pertot arreu, en totes les direccions i en qualsevol temps, d'acord amb el «principi cosmològic perfecte» de Bondi i Gold de 1948. En aquest model estacionari l'univers era etern, en expansió i immutable al mateix temps, sempre en el mateix estat. Això requeria, és clar, una creació contínua de matèria que, encara que faltava explicar-ho, era mínima: un mer àtom per segle en un volum comparable al de l'Empire State novaiorquès. Però el model tenia una virtut: era fàcilment

«L'UNIVERS DESCRIT PEL  
"BIG BANG" POSSEÏA  
UN ORIGEN DEFINIT; EN  
EL SEU COMENÇAMENT ERA  
INCREÏBLEMENT DENS  
I PRÀCTICAMENT EN  
EQUILIBRI TÈRMIC, AMB UNA  
ALTÍSSIMA TEMPERATURA,  
REFREDANT-SE VELOÇMENT  
AMB EL PAS DEL TEMPS»



Fred Hoyle, autor de la teoria del model estacionari de l'univers.



George Gamow va estudiar l'origen dels elements químics.

refutable en el sentit popperia, i les observacions astronòmiques el van posar aviat en compromisos. El colp de gràcia –la troballa de la radiació de fons– arribaria, però, de manera inesperada.

L'univers descrit pel *big bang*, al contrari, posseïa un origen definit; en el seu començament era increïblement dens i pràcticament en equilibri tèrmic, amb una altíssima temperatura que es va anar refredant veloçment amb el pas del temps. El model del *gran esclafit* donava, a més, la clau per a una qüestió essencial: les elevades temperatures dels primers minuts de l'univers en expansió permetien explicar l'aparició dels elements molt lleugers (deuteri, heli  $\text{He}^3$  i  $\text{He}^4$ ) com a conseqüència de processos entre protons, neutrons i electrons, substància primordial que el físic russoamericà George Gamow (1904-68) va denominar *ylem*. La història de l'origen dels distints elements va lligada a la del *big bang* i mereix un comentari perquè, conceptualment, la *nucleosíntesi* és a l'aparició dels elements el que la teoria de l'evolució a l'origen de les diferents espècies. Igual com Darwin

es va preguntar el perquè de l'existència i varietat de les espècies, era important explicar la gènesi dels distints elements de la naturalesa.

#### ■ GAMOW I COL-LABORADORS ENTREN EN ESCENA

El 1945 Gamow, que es trobava a la Universitat George Washington, va prendre Ralph Asher Alpher (1921-) com a doctorand. Alpher era fill d'un emigrant d'Odessa (Ucraïna), on havia nascut Gamow, i acabava de perdre una beca en el Massachusetts Institute of Technology en descobrir-se que era jueu. Alpher va

mostrar que la temperatura dels primers minuts després del *big bang* podia explicar la gran abundància d'heli a l'univers, la qual cosa va constituir un segon argument en favor de la *gran explosió* (el primer era l'expansió de l'univers). Gamow i Alpher van sotmetre a la revista científica *The Physical Review* el seu *Origen dels elements químics* el 1948. Però, en una mostra del seu peculiar sentit de

**«HOYLE VA PROPOSAR A CAMBRIDGE UN MODEL D'UNIVERS ESTACIONARI A GRAN ESCALA, COM HO ÉS UN RIU QUE FLUEIX, QUE SEMPRE ÉS EL MATEIX ENCARA QUE NO SIGA ESTÀTIC»**

l'humor, Gamow va decidir que l'article quedaria millor afegint un altre gran científic, Hans Bethe, com a tercer firmant: la pronúncia dels cognoms Alpher, Bethe i Gamow recorda les tres primeres lletres de l'alfabet grec *alfa, beta, gamma* ( $\alpha, \beta, \gamma$ ). A *alfa*, com és natural, no li agradava la idea que Bethe signara també el seu article sense haver-hi col·laborat: sospitava, i amb raó, que l'addició d'un segon pes pesant com a autor empetitiria la seua decisiva contribució. Però un doctorand té escàs marge de maniobra davant el seu director de tesi: Bethe va llegir el treball, li va agradar la broma, i l'article es va publicar amb tres autors. Bethe, a més, ja tenia *antecedents*: com a jove *fellow* postdoctoral del laboratori Cavendish de Cambridge havia col·laborat el 1931 en un treball –aquest una farsa sense pal·liatiu– que es va publicar sense que els editors de *Naturwissenschaften* advertiren que ridiculitzava una idea d'Eddington per a deduir el valor de la constant d'estructura fina, la que determina la intensitat de la interacció electromagnètica. Pel que fa a l'article  $\alpha$ - $\beta$ - $\gamma$ , Gamow explica que, quan aquest va passar a ser el punt de partida de qualsevol estudi sobre la nucleosíntesi, Bethe va considerar seriosament canviar el seu nom pel de Zacaries per a ser citat, almenys, en últim lloc.

#### ■ LA GRAN EXPLOSIÓ I LA RADIACIÓ DE FONTS: UNA IDEA AMB DIVERSOS PARES

Alpher i Robert Herman –fill d'un altre emigrat jueu que, de nou segons Gamow, es va negar a canviar el seu cognom per Delter perquè fera joc amb la delta – $\delta$ – que segueix a  $\alpha, \beta$  i  $\gamma$ – van mostrar posteriorment que el model del *big bang* contenia una predicció espectacular. La radiació (la llum) que omplia l'univers havia d'observar-se avui, refredada per l'expansió, com una *radiació còsmica de fons* a la zona de microones de l'espectre (així anomenada perquè correspon a una banda de longituds d'ona més curtes que les de la VHF del radar del començament de la Segona Guerra Mundial). No obstant això, aquesta



Ralph Asher Alpher.

**«ALPHER VA MOSTRAR QUE LA TEMPERATURA DELS PRIMERS MINUTS DESPRÉS DEL “BIG BANG” PODIA EXPLICAR LA GRAN ABUNDÀNCIA D’HELI A L’UNIVERS, LA QUAL COSA VA CONSTITUIR UN SEGON ARGUMENT A FAVOR DE LA “GRAN EXPLOSIÓ”»**

implicacions cosmològiques del seu descobriment accidental a través de Robert Dicke (1916-97) i Philip John Peebles (1935- ). Aquests també havien predit a Princeton l'existència d'aquesta radiació, sense conèixer les investigacions pioneres de Gamow, Alpher i Herman de deu anys abans (també ho van fer el 1964 A. Doroxkevix i I. Novikov a l'URSS, suggerint fins i tot que l'antena dels laboratoris Bell podria cercarla!). Dicke i els seus col·legues, que abans de parlar amb Penzias havien començat fins i tot a cercar la radiació de fons ells mateixos, explicaven en l'article la connexió del descobriment de Penzias i Wilson amb el *big bang*, que quedava així definitivament establert. Segons Eddington, «No s'ha de confiar mai completament en una observació sense tenir almenys una teoria per a explicar-la»; en aquest cas l'observació –la radiació de fons– i la teoria –el *gran esclafit*– estaven en perfecta sintonia. Dels precursors del *big bang*, només Lemaitre vivia encara per a assaborir el moment.

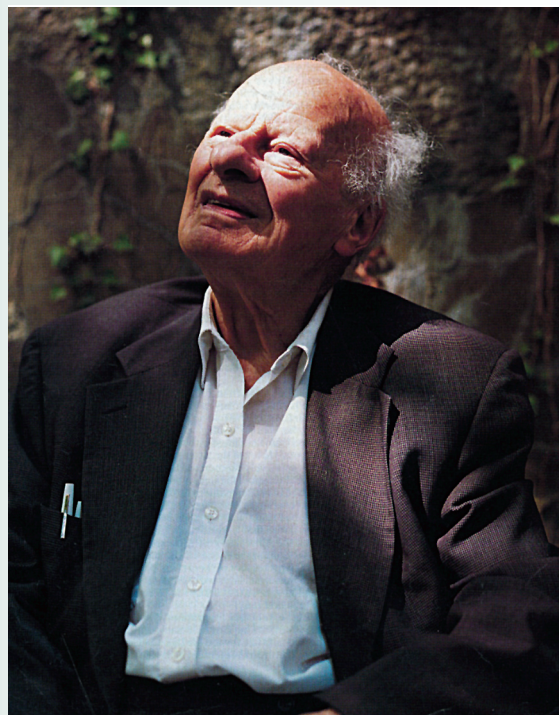
Inicialment, els partidaris de l'estat estacionari van argumentar que aquesta radiació de fons podia ser resultat de la dispersió per galàxies llunyanes, però la gran homogeneïtat que presentava –inabastable per

importantíssima predicció va caure en l'oblit. Anys després, dos radioastrònoms dels laboratoris de la *Bell Telephone*, Arno Penzias (1933- ), jueu nascut a Munic, i el texà Robert Wilson (1936- ), van acabar convencent-se que el soroll de fons que captava la radioantena de Holmdel (Nova Jersey) que estaven calibrant per mesurar la radiació fora del pla de la Via Làctia, que resultava impossible d'eliminar, existia realment. El 1965 Penzias i Wilson van publicar en l'*Astrophysical Journal* la seua troballa de la *radiació de fons* que omple l'univers, d'una temperatura d'uns 2,73 °K (graus Kelvin o centígrads sobre el zero absolut), esmentant que «una possible explicació de l'excés de temperatura del soroll [era] la donada per Dicke, Peebles, [P. G.] Roll i [D. T.] Wilkinson en una carta en aquest mateix número». I és que, llavors, Penzias i Wilson ja coneixien les importants

## HANS A. BETHE (1906-2005) I L'ENERGIA DELS ESTELS

Quan Bethe, l'antic director de la secció teòrica de Los Alamos, va signar l'article  $\alpha$ - $\beta$ - $\gamma$ , era ja un científic il·lustre, entre altres raons, pel seu estudi sobre la producció d'energia als estels, iniciat amb l'article *Formació de deuterons per combinació de protons* (1938) amb C. L. Critchfield. La fusió de dos protons ( $p$ - $p$ ) ja havia estat suggerida per Carl von Weizsäcker (1912- ) el 1937, i Bethe i Critchfield la van utilitzar per a explicar la producció d'energia solar. Aquesta s'inicia amb la fusió  $p$ - $p$  de dos protons que dona lloc a deuteri  $H^2$  (un nucli d'hidrogen –un protó  $p$ – amb un neutró addicional) amb emissió d'un positró i un neutrí (que Bethe i Critchfield no van considerar). El procés acaba amb la producció d'heli  $He^4$ , que posseeix dos protons i dos neutrons i per tant té nombre de massa  $A=2+2=4$ , a través de l'isòtop  $He^3$  (dos protons i un sol neutró,  $A=3$ ). Aquesta és la cadena  $p$ - $pI$ ; en un 15% dels casos, en la cadena  $p$ - $pII$ , intervé a més el beril·li  $Be^7$  i el liti  $Li^7$  (també és possible una altra cadena en el Sol, la  $p$ - $pIII$ , però només contribueix en un 0,02%). Afortunadament per a nosaltres, la cadena  $p$ - $p$  és un procés molt lent, la qual cosa permet que el Sol llueixi i ens escalfi encara. Bethe, a més, va descobrir l'any 1939 el cicle carboni-nitrogen-oxigen-carboni, en què el C, el N i el O actuen repetidament com a catalitzadors en la combinació de quatre protons que acaba produint també  $He^4$  (junt amb electrons i neutrins) i energia. El cicle CNO domina completament l'alliberament d'energia als estels grans, la temperatura interior dels quals supera els 18 milions de graus, que és la del nucli d'estels amb una massa d'una vegada i mitja la del Sol. Aquest –i altres estels igualment «lleugers»– produeixen la major part de la seua energia a través de la cadena  $p$ - $pI$  abans esmentada.

Bethe va rebre *en solitari* el Nobel de 1967, el primer en el camp de l'astrofísica, i l'actual model solar es basa en les seues idees de 1938 i 1939. Fins i tot un seriós problema dels anys setanta, l'escassetat dels neutrins (*tots* de «tipus electró») que havien de produir-se en les reaccions  $p$ - $p$  o CNO en el nucli solar, observada en un laboratori subterrani situat a la

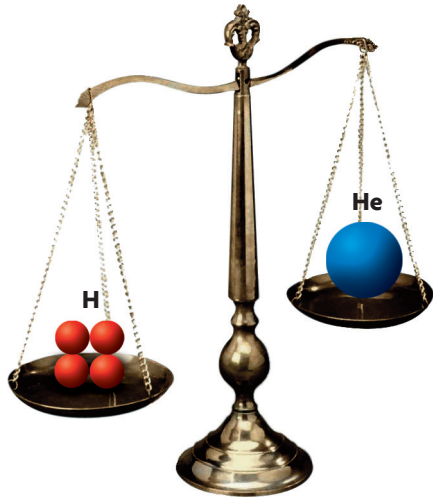


Hans A. Bethe (la lletra beta en l'article d'Alpher i Gamow).

**«BETHE VA REBRE  
EN «SOLITARI» EL NOBEL  
DE 1967, EL PRIMER EN  
EL CAMP DE L'ASTROFÍSICA,  
I L'ACTUAL MODEL SOLAR  
ES BASA EN LES SEUES  
IDEES DE 1938 I 1939»**

mina d'or *Homestake*, a Dakota del Sud, ha quedat resolt considerant les oscil·lacions entre els *distints* tipus de neutrins. Com va confirmar el 2001 el Sudbury Neutrino Observatory canadenc, l'emissió de neutrins de tots els tipus pel Sol és consistent amb la producció d'electrons de tipus electró en el nucli solar. El mateix Bethe va analitzar el 1990 (junt amb John Bahcall, difunt també el 2005) la necessitat de tenir en compte la «nova física» –les oscil·lacions entre *distints* tipus de neutrins que no són possibles en el *model estàndard* de les interaccions de partícules– per resoldre, finalment, el problema dels neutrins solars.

J. A. DE A.



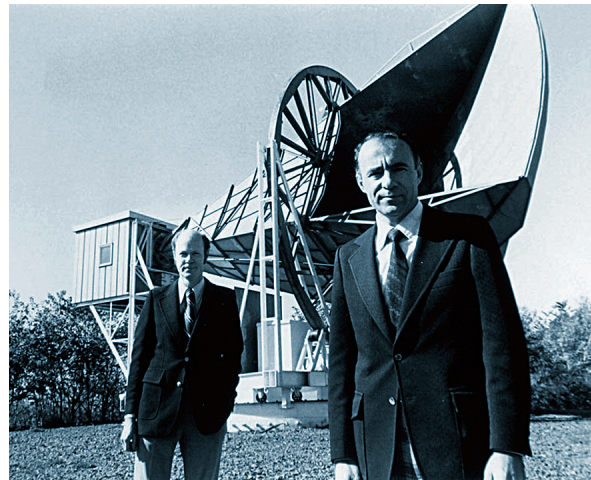
La “crema” d’hidrogen allibera energia perquè l’heli  $\text{He}^4$  resultant és més lleuger que quatre nuclis d’hidrogen. A causa d’aquest fenomen, Eddington ja havia suggerit el 1920 que la “crema” d’hidrogen podria ser la font de l’energia solar.

una tal difusió— va fer que la radiació de fons s’acceptara aviat com la tercera i definitiva corroboració del *big bang* (encara que llavors el model tenia poc a veure amb la sofisticada teoria d’avui, amb el seu període inicial d’inflació o rapidíssima expansió en els primers instants, les seues transicions de fase i totes les implicacions de la física actual). Quan finalment es va conèixer la història completa de la radiació de fons, Penzias va escriure a Gamow, que llavors tractava de reivindicar la prioritat en la seua predicció. Gamow li va respondre amb una història detallada i un comentari: «Com veus, el món no va començar amb el totpoterós Dicke.» Alpher es va sentir encara més postergat. Però Penzias i Wilson van rebre el Nobel el 1978 i, en el seu discurs d’acceptació, Penzias va fer una detallada descripció històrica en què el treball d’Alpher, junt amb el de Gamow i Herman, va rebre per fi el reconeixement merescut.

**«LA RADIACIÓ DE FONTS ES  
VA ACCEPTAR D’HORA COM  
LA TERCERA I DEFINITIVA  
CORROBORACIÓ  
DEL “BIG BANG”»**

■ L’«ORIGEN DE LES ESPÈCIES  
NUCLEARS» O TEORIA DELS ELEMENTS PESANTS

Queda encara una cosa per aclarir: la nucleosíntesi dels elements pesants. Gamow i col·laboradors no havien pogut arribar més lluny de la síntesi de l’heli. La immensa majoria del  $\text{He}^4$  de l’univers és d’origen cosmològic i es produeix uns tres minuts llargs després del *big bang*, quan s’ha refredat des d’uns increïbles  $10^{32}$  °K a menys de  $10^9$  °K i ja s’ha format deuteri; Gamow ja havia observat el 1948 que, a major temperatura, l’energia dels fotons impediria la forma-

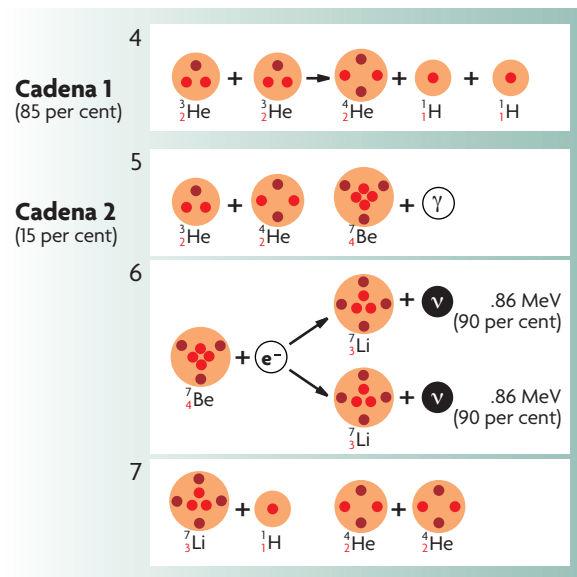


Penzias i Wilson, dos radioastrònoms guanyadors del Nobel per la seua troballa de la radiació de fons.

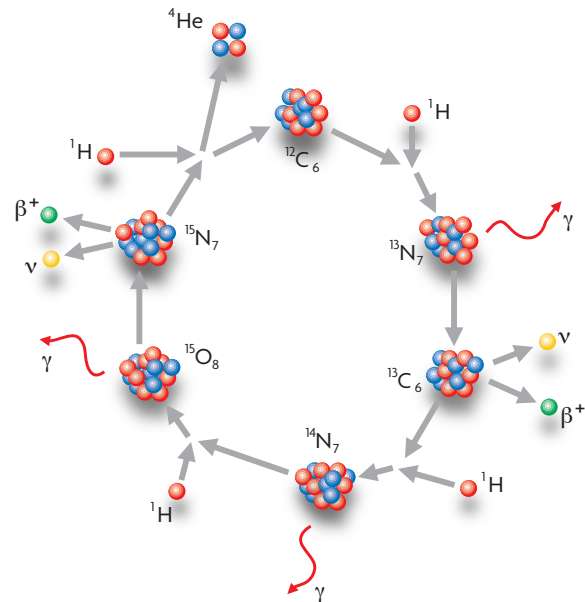
ció d’elements pesants. Quan prop d’un milió d’anys després del *big bang* es van formar els estels, la matèria de l’univers estava constituïda fonamentalment per una quarta part d’heli i quasi tota la resta per hidrogen. Una petita fracció de l’heli era resultat de la crema d’hidrogen als estels, que, com hem vist en el requadre de Bethe, també produeix heli (i allibera energia). No obstant això, tot intent d’anar més enllà del  $\text{He}^4$  topava amb nuclis inestables que impedièren continuar amb la formació de nuclis més pesants. Hoyle —el líder de la teoria de l’univers estacionari— va representar un paper decisiu en la solució d’aquest problema... i en el nom mateix del *big bang*. El 1949, en una xarrada radiofònica de divulgació per la BBC, Hoyle va utilitzar el nom de *big bang* per ridiculitzar la idea d’un univers en expansió creat per un gran esclafit inicial. Però no va calibrar que la seua malintencionada expressió era, en realitat, una excel·lent caracterització del

model, i per això va quallar de seguida: Hoyle, l’irreconciliable enemic de la cosmologia del *big bang*, va ser irònicament qui la va batejar.

Pel que fa a la nucleosíntesi, la primera dificultat era superar el coll de botella que representava el nombre de massa  $A=5$  i poder explicar la formació del carboni-12 ( $\text{C}^{12}$ ) a partir del beril·li-8 ( $\text{Be}^8$ ) i el  $\text{He}^4$ ; l’isòtop  $\text{Be}^8$ , format als estels a partir de dos  $\text{He}^4$ , és molt inestable i no pot capturar un tercer  $\text{He}^4$  per a formar el carboni  $\text{C}^{12}$  ordinari abans de desintegrar-se. Hoyle es va adonar l’any 1954 que el  $\text{C}^{12}$  podia



Les cadenes p-pI (1) i p-pII (2).



Els processos del cicle CNO.

generar-se, a pesar de tot, a través d'una «captura resonant» que requeria l'existència d'un estat excitat del carboni. El problema era que aquest estat, que permetria més fàcilment la unió del beril·li i l'heli, era desconegut. Però, si el carboni s'havia originat realment a partir de nuclis més lleugers, aquest estat excitat del  $\text{C}^{12}$  havia d'existir: d'una altra manera la producció de carboni, molt més lenta, no hauria donat lloc a l'abundància actual d'aquest element. Hoyle va calcular que aquest estat excitat havia de tenir un poc més d'energia (7,65 MeV) que el carboni ordinari. Es podria pensar llavors a continuar i obtenir l'oxigen  $\text{O}^{16}$  per l'addició d'un altre  $\text{He}^4$  al  $\text{C}^{12}$ , però en aquest cas a l'estat del  $\text{O}^{16}$  li faltava energia, i afortunadament: aquesta reacció hauria disminuït dràsticament l'abundància del carboni en favor de la d'oxigen i impedit el desenvolupament de la vida. Així, segons Hoyle, la síntesi de nuclis més complexos és resultat de tres fets afortunats: la gran inestabilitat del  $\text{Be}^8$ , l'existència del nivell ressonant del  $\text{C}^{12}$  per damunt de l'energia de  $\text{Be}^8 + \text{He}^4$  i que el nivell potencialment perillós del  $\text{O}^{16}$  estiguera per sota del llindar de  $\text{C}^{12} + \text{He}^4$ . Aquests nivells són extraordinàriament sensibles als valors de les constants que determinen la repulsió

elèctrica dels protons i la força nuclear que lliga protons i neutrons en el nucli. Per això, aquest «finíssim ajust» s'ha usat –trobe que erròniament– com una justificació del *principi antròpic* (que en essència condiona les lleis de la física al fet que puga existir la vida), els antecedents del qual, per tant, es remuntarien a Hoyle.

**«EN UNA XARRADA  
RADIOFÒNICA, HOYLE  
VA UTILITZAR EL NOM DE “BIG  
BANG” PER RIDICULITZAR LA  
IDEA D'UN UNIVERS  
EN EXPANSIÓ.  
L'IRRECONCILIABLE ENEMIC  
DE LA COSMOLOGIA  
DEL “BIG BANG”  
VA SER IRÒNICAMENT  
QUI LA VA BATEJAR»**

■ WILLIAM FOWLER I UN NOBEL PARCIALMENT INJUST

Però tornem a la crucial resonància del carboni. Hoyle, de visita a Caltech, a Pasadena, el 1953, va persuadir el físic experimental William A. Fowler (1911-1995) perquè la cercara amb un argument irresistible per a qual-sevol científic: si la predicció era errònia es podria descartar de seguida i, si resultava certa, Fowler hauria fet un descobriment transcendental. La recerca era més que rendible, i Fowler, que al principi mirava amb considerable recel Hoyle, va concloure que valia la pena invertir una setmana o dues en la seua proposta. Sempre és millor saber on cercar que fer-ho a cegues i Fowler va trobar l'estat excitat del carboni en pocs dies, exactament amb l'energia prevista. Salvada ja la barrera de la generació de carboni, Hoyle i Fowler (junt amb el matrimoni Burbidge, George i Margaret) van explicar



William A. Fowler va guanyar el Nobel que també mereixia Fred Hoyle.

finalment l'aparició dels distints elements en un monumental treball, *Synthesis of the elements in stars*, publicat el 1957 en el *Review of Modern Physics*. En aquest clàssic i llarguíssim article (conegut com B<sup>2</sup>FH per les inicials dels seus autors) s'estudiaven les reaccions nuclears que donaven lloc als distints elements, conclouent que era «possible explicar, de manera general, les abundàncies de pràcticament tots els isòtops dels àtoms, des de l'hidrogen a l'urani, per mitjà de la seua síntesi als estels i les supernoves», l'explosió de les quals també va estudiar Hoyle. De fet, hi ha molts processos nuclears que intervenen en la generació dels diversos elements, i estan estretament interrelacionats amb les distintes temperatures de l'interior dels estels i la seua evolució, la qual cosa fa que la nucleosíntesi siga molt complexa. D'acord amb una humorística *Gènesi segons Gamow*, el qual, a pesar de les seues crítiques a la teoria de l'estat estacionari, tenia Hoyle en alta estima, «Déu va dir: que Hoyle siga. I Hoyle va ser fet. I Déu

el va mirar i li va demanar que creara els elements pesants com li vinguera de gust. I Hoyle va decidir fer els elements pesants dins dels estels, i escampar-los utilitzant les explosions de supernoves [...] I així, amb l'ajuda de Déu, Hoyle va fer els elements pesants, però tot va acabar sent tan complicat que avui dia ni Hoyle, ni Déu, ni ningú, és capaç d'esbrinar exactament com es van originar».

El problema de la nucleosíntesi, primer de l'heli com a conseqüència del *big bang* i després dels elements pesants dins ja dels estels, quedava resolt amb poques paraules per B<sup>2</sup>FH. Com a conseqüència, Fowler va rebre la meitat del Nobel de física de 1983 «pels seus estudis teòrics i experimentals sobre les reaccions nuclears importants en la formació dels elements químics de l'univers» (l'altra meitat va ser per a l'indi S. Chandrasekhar (1910-95), de la universitat de Chicago, «pels seus estudis teòrics dels processos físics importants per a l'estructura i evolució dels estels»). Va ser un Nobel parcialment injust: Hoyle devia haver-lo rebut amb Fowler, el qual va lamentar que no fóra així. Potser l'esquerpa personalitat de Hoyle li va guanyar enemics en l'entorn del comitè Nobel: Hoyle,

**«FOWLER VA REBRE LA MEITAT DEL NOBEL DE FÍSICA DE 1983. VA SER UN NOBEL PARCIALMENT INJUST: HOYLE DE VIA HAVER-LO REBUT AMB FOWLER. POTSER L'ESQUERPA PERSONALITAT DE HOYLE LI VA GUANYAR ENEMICS EN L'ENTORN DEL COMITÈ NOBEL»**

per exemple, havia protestat enèrgicament quan el premi de 1974, que van rebre els seus col·legues de Cambridge Martin Ryle (1918-1984) «per les seues observacions i invencions» (en el camp de la radioastronomia) i Anthony Hewish (1924- ) «per les seues contribucions decisives al descobriment dels *púlsars*», no va incloure la nord-irlandesa Susan Jocelyn Bell (1943- ). Bell, deixeblla de Hewish, era qui havia detectat i identificat per primera vegada, al febrer de 1968, els senyals d'un púlsar (*pulsating radio star*), estel de neutrons que gira molt ràpidament i que emet impulsos de

ràdioones des dels pols del seu intens camp magnètic, de manera semblant a les llampades de llum emeses per un far. Hoyle no va ser l'únic que va qüestionar el Nobel de Hewish; també ho va fer el gran astrofísic Irwin Shapiro, la qual cosa potser li va costar, al seu torn, compartir el Nobel de 1993 que van rebre J. H. Taylor (1941- ) i el seu antic doctorand R. A. Hulse (1950- ) per un nou tipus de púlsar (en un sistema binari) i les seues implicacions per a l'existència de les ones gravitatòries.



## ■ EL CREPUSCLE DE L'IRREDUCTIBLE HOYLE I LA PANSPÈRMIA

El 1967 Hoyle va crear el famós Institute of Astronomy de Cambridge, en el pati del qual es pot contemplar avui una efígie seua. No obstant això, el brillant i polèmic Hoyle havia anat quedant-se gradualment aïllat, frustrat per la falta de reconeixement. Les seues freqüents xarrades de divulgació ironitzant sobre el *big bang* tampoc contribuïen a una bona relació amb els seus col·legues, en particular amb Hewish i l'impulsiu Ryle; precisament les observacions de Ryle, realitzades amb el seu radiotelescopi, havien posat seriosament en dubte el model estacionari de Hoyle ja el 1961. Aquest mal clima incomodava la mateixa universitat de Cambridge, molesta per les discussions públiques entre tres dels seus millors científics. Potser el *yorkshireman* i el seu fort accent no acabaven d'encaixar en l'altiva Cambridge; Hoyle recorda una mica Richard Feynman (1918-1988), igualment d'origen modest, no menys brillant i amb marcat accent novaiorquès. Com Hoyle, Feynman va veure la seua carrera interrompuda per la guerra (va treballar en Los Alamos sota la direcció de Bethe i J. R. Oppenheimer) i, igualment, va ser bon divulgador i irreverent amb tota autoritat establerta. També, com assenyala el meu amic i col·lega Jon Marcaide, va haver-hi en Hoyle traces del gran Galileu Galilei (1564-1642), amant del bon vi, la conversa i la polèmica.

Hoyle va reconèixer que la radiació de fons constituïa un problema per a la cosmologia de l'estat estacionari, però no va afluirar i va anar afegint *epicicles* al seu model per tractar de salvar-lo. Sempre va considerar el *big bang* poc versemblant, igual com l'aparició de la vida a partir de la matèria inanimada, idea que jutjava prou absurda per «enterrar Darwin i tota la teoria de l'evolució». Curiosa i aparentment conservadora actitud en cosmologia i en biologia en qui –des que feia campana a l'escola– era un rebel nat. El 1972 Hoyle va rebre el títol de *Sir* i, amb només 57 anys, va dimitir dels seus càrrecs, incloent-hi la *Plumian professorship of Astronomy and Experimental Philosophy* que havia obtingut el 1958, una de les càtedres més antigues i il·lustres de Cambridge: abans

l'havia ocupat Eddington i, després de Hoyle, la va tenir Martin Rees (1942- ), *Astronomer Royal* i actual *Màster* del Trinity College de Cambridge (avui és de Jeremiah Ostriker, autor, amb Paul Steinhardt, d'un model de l'univers amb un 70% d'*energia fosca*). Hoyle es va convertir en científic errant i va acabar investigant a sa casa. En els seus últims anys va promoure, en col·laboració amb Chandra Wickramasinghe (1930- ), l'antiga idea de la *panspèrmia*, ja considerada pel presocràtic Anaxàgores i després per Hermann von Helmholtz (1821-94), William Thomson (Lord Kelvin, 1824-1907) i el Nobel (1903) de química Svante Arrhenius (1859-1927). Segons aquesta visió, l'origen de la vida és exterior a la Terra: «Si la generació espontània no és possible... la vida a la Terra deu haver procedit de l'exterior», afirmava Hoyle. Lord Kelvin havia suggerit que els meteorits podien transportar espores per l'espai, idea no aliena a l'anunci de la NASA el 1996 –després no confirmat– que el meteorit (ALH)84001 originat a Mart contenia microorganismes fòssils. Potser Hoyle ja pensava en la panspèrmia quan, el 1957, va escriure la seua millor novel·la de ciència-ficció, *El núvol fosc*. Per a Hoyle la idea que la vida havia nascut i evolucionat en la nostra insignificant Terra, al marge del vast univers en què es troba, no era més que un prejudici «precopernicà» del qual calia alliberar-se. No va ser, doncs, conservadorisme el seu rebuig de Darwin, sinó la darrera rebel·lia de la seua indomable personalitat.

L'autor d'*Els últims dies de Pompeia*, el polític i escriptor anglès E. Bulwer Lytton (1803-1873), deia que «el geni fa el que deu fer, i l'home de talent el que pot». Amb tota probabilitat, Fred Hoyle va estar molt més prop de ser la primera cosa que la segona. ☺

### BIBLIOGRAFIA

- DELSEMME, A., 1999, *Our cosmic origins*, CUP.  
HOYLE, F.; WICKRAMASINGHE, C., 1981, *Evolution from space*, Paladín.  
PADMANABHAN, 1998, *After the first three minutes*, CUP.  
SINGH, S., 2004, *Big Bang*, Fourth State.  
WEINBERG, S., 1988, *The first three minutes*, Basic Books.

**Jose Adolfo de Azcarraga.** Catedràtic de Física Teòrica, Universitat de València i IFIC (CSIC-UVEG).