

**HOMENATGE AL  
BARÓ DE LA POBLA  
LA CREACIÓ DE L'UNIVERS**

A CÀRREC DE RAMON LAPIEDRA I CIVERA,  
MEMBRE DE LA SECCIÓ  
DE CIÈNCIES I TECNOLOGIA

**ESBÓS BIOGRÀFIC**

A CÀRREC DE JOSEP DE ROJAS I MULET

L'home s'ha interrogat des de sempre sobre l'origen del món com un tot. Els relats mítics de tota mena tradueixen a bastament aquest tipus de preocupació, i, com és lògic —la tasca excedia de bon tros el coneixement disponible—, l'explicació que donen d'aquest origen sol ser inconsistent o fins i tot extravagant. En el seu llibre, *Els tres primers minuts de la vida de l'univers*, S. Weinberg fa referència a un vell mite nòrdic que explica com va néixer el món. Segons el relat, en el començament no hi havia res en absolut: un començament molt contundent, però sense massa futur, així que de seguida comencen les rebaixes. Primerament d'una manera subtil, en fer la precisió innecessària que no hi havia cel, ni terra, ni tan sols herba. Tanmateix —la cosa ja es veia a venir—, sí que hi havia un gran abisme. A partir d'ací, i una volta se li ha venut al neòfit el gran abisme, que no se sap ben bé si és o no és, les concessions se succeeixen a un ritme trepidant, perquè, abandonant sense pudor l'ascetisme original d'un no-res absolut, es declara sense embuts que al nord i al sud de l'abisme hi havia sengles regions, una de freda i una de calenta, respectivament. La calor de la regió meridional va fondre una part del gel de la regió septentrional, i de les gotes que en resultaren naixqué un gegant, amb la qual cosa la història —després d'un començament tan exòtic— va prenent un aire que sembla molt més manejable, i en definitiva confortable per al nostre apurat relator de fa un moment i per als curiosos que l' escolten. És cert que, ben pensat, ha sorgit també un petit problema, perquè, què menja el gegant? Bé, arribats ací, cal aclarir que de fet hi havia també una vaca. Amb això, la consistència del relat acaba de millorar ostensiblement, però, ai las!, es tracta d'una millora força efímera, puix que ja algú de la sala acaba de preguntar què menjava la vaca. La veritat és que, deixant de banda la vaca, hi havia també una mica de sal... Weinberg no continua amb la història, però allò essencial ja s'ha dit. El relat crea tants problemes com en resol, i per aquest camí podem preparar-nos per guanyar en profilitat el que no guanyarem en comprensió.

En la tradició judeocristiana, el «Gènesi» dóna la seua versió de l'origen del món des d'un cert «logos». Ací, el problema central d'aquest origen (origen a partir de què?) s'obvia, puix que el

Déu de l'Antic Testament, que per la seua natura existeix des de sempre, dona compte, en un acte de creació, d'aquell origen contingent. De fet, segons certes doctrines teològiques, únicament Déu existeix per si mateix: el ser de les altres entitats manca de qualsevol consistència òntica, fins al punt que si Déu en la seua voluntat no decidís contínuament llur existència, es dissoldrien incapaces en el no-res. Això és el que suggereixen aquells versos tan ben timbrats de Fernando de Herrera:

Y el Santo de Israel abrió su mano  
y los dejó, y cayó en despeñadero  
el carro y el caballo y caballero.

Déu no els va llançar penya-segat avall, en una malvolença positiva: es limità senzillament a obrir la mà, i només amb això consumà fatalment llur perdició.

Tornant, però, a les interrogacions immemorials sobre l'origen de l'Univers, el pensament humà ha hagut de fer front des de sempre a aquest dilema intrigant: o bé l'Univers existeix des de sempre o bé té un començament. Si existeix des de sempre, això vol dir un nombre infinit de peripècies i de fets associats. Però, què vol dir, en particular, un nombre infinit de fets? Alternativament, si l'Univers aparegué en un moment determinat, què hi havia abans? Si hi havia alguna cosa, sembla que aquest suposat moment original no ho era pas i cal fer recular la mirada un mica més, a fi d'integrar-hi també la història d'aquella cosa que, d'entrada i sense justificació, havíem renunciat a considerar. Però, si contràriament, abans d'aquella aparició primigènia no hi havia res, d'on ha eixit després tanta cosa com hi ha hui al món?

Hi ha també una altra pregunta eterna, més lligada que no ho sembla d'entrada a l'anterior dilema, i és aquesta: el futur del món, i el nostre futur personal estan decidits des de sempre o hi ha al davant tot d'apostes per decidir, encara? Tot està escrit en alguna part, i els nostres esforços i les nostres expectatives d'incidir sensiblement en el curs del món o en la nostra vida no són més que un fracàs cantat i una mera il·lusió contra un destí inapel·la-

ble, o més aviat, i com volia el poeta, en «prendre les armes contra un caramull de dificultats» podem posar-hi fi? No es tracta de dubtes ancorats únicament en sentiments i intuïcions. La visió científica del món —si més no, la visió científica fins no fa gaire— en posar per mètode darrere de qualsevol fenomen la causa, coneguda o ignota, tant se val, que el precedeix i l'explica, sembla portar-nos a uns encadenaments explicatius que no deixen lloc per a res realment imprevisible, deixant a banda les nostres limitacions per traure en cada cas l'aigua clara de les previsions que hi pertoqueu.

La resta d'aquest article està dedicada a considerar l'entrellat d'aquests dilemes i preguntes que acabe de formular.

#### EL MÓN MICROSCÒPIC, EL MÓN MACROSCÒPIC, I LA MECÀNICA QUÀNTICA

64

La física quàntica és, a grans trets, la teoria física del món microscòpic, encara que el comportament quàntic d'aquest món microscòpic envaïeix sovint l'esdevenir macroscòpic, fins i tot al nivell de la tecnologia i la vida més quotidianes.

En la part més bàsica de la física quàntica, anomenada mecànica quàntica, a cada sistema físic que es troba en un estat determinat li correspon un cert objecte matemàtic, que s'anomena la seua funció d'ona. Segons la teoria, tota la informació que es pot aconseguir sobre l'esmentat sistema està continguda necessàriament en la seua funció d'ona. Però, alhora, la funció d'ona únicament permet fer dos tipus de prediccions: el primer, el conjunt de resultats que són possibles en el procés de mesura d'una magnitud qualsevol del sistema, allò que s'anomena l'*espectre* de mesures de la magnitud; l'altre tipus de predicció és la probabilitat d'obtenir un qualsevol d'aquests resultats, quan la mesura de la magnitud es repeteix un gran nombre de voltes, reposant cada vegada el sistema en el mateix estat previ a la mesura. El coneixement de la funció d'ona no permet saber res més. En particular, llevat de casos especials, el coneixement de l'estat del sistema mitjançant la funció

d'ona no permet predir quan s'obindrà un determinat resultat de mesura, més enllà d'establir-ne la probabilitat en els termes amb què s'acaba d'exposar.

Cal aclarir que, en el marc de la mecànica quàntica, la impossibilitat de predir amb certesa quan s'obindrà tal resultat de mesura o tal altre no ve determinat per un desconeixement superable d'algunes variables ocultes de l'estat del sistema; ans al contrari, es tracta d'una impossibilitat que radica en la pròpia naturalesa de la realitat microscòpica. Així, doncs, quan arran del procés de mesura d'una certa magnitud del sistema físic, en un estat donat, s'ha registrat o afavorit una *transició quàntica* i s'obté un valor determinat de l'espectre de mesures possibles, precedit únicament d'una certa probabilitat d'obtenir-lo, assistim a un veritable procés de creació afavorit per l'acte de mesura. En efecte, el sistema que fins llavors contenia la possibilitat oberta, encara que modulada probabilísticament, de produir tal resultat de mesura o tal altre, ha materialitzat, sense cap altra previsió que la indicada per una certa probabilitat, una d'aquelles possibilitats, mitjançant un salt discontinu: la *transició quàntica* de què parlàvem adés. No hi ha, segons la teoria, cap antecedent localitzable que explique per què, arran de la mesura s'ha obtingut un resultat concret i no qualsevol altre de l'espectre corresponent. Hi ha, doncs, una creació en l'acte de mesura que ens porta des d'un estat físic prenyat dels diversos resultats possibles de mesura, a la materialització d'una sola d'aqueixes possibilitats diferents.

Ara bé, l'agencament material especial que implica un aparell de mesura no és extrafísic, ni en la seua diversitat imaginable pot reclamar un estatus tan especial com seria que qualsevol transició quàntica del món microscòpic hagués d'estar de primer impel·lida i després amplificada per un aparell de mesura. Això vol dir que les transicions quàntiques, relativament acausades, són espontànies (en el sentit de ser independents d'un procés de mesura, considerat subjectivament com a tal) i que s'amplifiquen macroscòpicament si el nexa entre el sistema microscòpic i el medi macroscòpic circumdant és el pertinent. També és veritat que les transicions quàntiques deuen ser habitualment erosionades en

aquell contacte amb el món macroscòpic; altrament, aquest no presentaria sovint el funcionament regular que la física clàssica prediu i l'experiència més quotidiana confirma.

El resultat final de tot això no deixa de ser, però, el que segueix: les transicions quàntiques, mancades d'una causació exhaustiva, s'amplifiquen en els processos de mesura i en altres situacions imaginables, i envaeixen així en situacions específiques l'esdevenir macroscòpic universal, fins i tot en els seus aspectes més quotidians. Així, Laplace, que a començaments del segle XIX aventurava la idea que l'esdevenir universal era previsible, en principi, puix que només calia el coneixement exhaustiu de certes característiques de l'estat actual del sistema —les anomenades condicions inicials—, errava el tret: no tot el que passarà demà està contingut en l'avui, perquè hui no hi ha prou antecedents per a tot el que demà serà. Això és cert de manera aclaparadora per al món microscòpic, però en menor mesura també ho és per al macroscòpic, com s'acaba d'explicar. És cert que no és possible qualsevol cosa per a demà: a nivell microscòpic, cal l'existència prèvia del sistema i el seu estat. Després, en l'acte de mesura, per exemple, únicament un resultat, dels que formen part de l'espectre, es materialitzarà, arran de la transició quàntica corresponent. Al capdavall, però, en la transició quàntica, i en la seua amplificació macroscòpica, si és el cas, s'haurà produït una novetat irreductible a uns antecedents totalment decisius. Així, a causa de la mecànica quàntica, la causació, tan cara al pensament científic tradicional, no és exhaustiva, no ho abasta tot, ni tan sols en principi.

Hi ha ací una diferència substancial amb la naturalesa del «caos» clàssic, en el sentit tècnic de la paraula, i les seues conseqüències. En física, reben el nom de sistemes caòtics aquells sistemes dinàmics, l'evolució dels quals és especialment sensible a variacions mínimes de les condicions inicials. Per a aquests tipus de sistemes, que per cert són molt corrents en la natura, la predicció de llur estat futur és molt difícil en la pràctica, sobretot si es tracta d'un futur llunyà en termes relatius, atès que mai no coneguem les condicions inicials d'un sistema físic amb una exactitud total: hi ha sempre un marge d'error inevitable en les mesures. Llavors, al cap

d'un cert temps, el sistema pot acabar en configuracions força diferents entre si, segons quines eren de debò les condicions inicials, que únicament coneixíem amb un cert grau d'aproximació. Hi ha, doncs, també ací, com en mecànica quàntica, una certa impredictibilitat. Però, el que en la mecànica quàntica eren unes dificultats de previsió insalvables, òntiques, són ara el resultat banal (banal, epistemològicament parlant) d'una ignorància més i més superable, en principi.

La radicalitat de la relativa impredictibilitat quàntica, basada en una manca de causació exhaustiva, ha fet que, des del mateix moment del naixement de la mecànica quàntica, a finals dels anys vint del segle XIX, nombrosos autors hagen mirat de modificar la teoria. Reiteradament s'ha tractat, i encara es tracta, d'elaborar unes teories del món microscòpic que, alhora que conserven els acords impressionants de la mecànica quàntica amb l'experiència, donen una visió més intuïtiva de la realitat. En particular, una visió d'acord amb el principi de causalitat, ço és, una visió congruent amb una causació exhaustiva: a cada fet, les causes que l'expliquen. Aquestes noves teories reben el nom de teories «realistes» alternatives a la mecànica quàntica.

No obstant això, fou el gran mèrit del físic John S. Bell, l'any 1964, d'haver posat de manifest com la mecànica quàntica d'una banda, i les teories realistes, dites «locals», de l'altra, condueixen a prediccions estadístiques diferents, confrontables amb l'experiència. Un resultat insòlit en el camp de l'epistemologia, puix que permet posar a prova experimentalment la vigència del principi de causalitat en el món microscòpic.

Aclarim que per teories «locals» entenem ací aquelles teories en el marc de les quals els senyals de qualsevol tipus no es poden propagar mai a una velocitat major que la de la llum.

Les experiències suggerides pel resultat de Bell s'han realitzat amb posterioritat, i el resultat ha estat el de confirmar les prediccions de la mecànica quàntica i invalidar les de les teories realistes locals. És cert que es poden formular teories realistes no locals que fan seues totes les prediccions de la mecànica quàntica. Aquestes teories, però, tindrien la immensa dificultat d'entrar en

contradicció amb la relativitat especial i la copiosa experiència que l'avalua.

En definitiva, experimentalment parlant, la mecànica quàntica s'ha vist confirmada, mentre que les teories realistes han estat rebutjades. Amb elles es rebutja per tant l'existència d'una causació exhaustiva i es dóna suport experimental a la acausació relativa del món microscòpic. El complement d'aquests, diguem-ne, «forats» en la xarxa de la causació universal són així veritables actes de creació —o d'autocreació, si es vol— tan modulats i relatius com es vulga, però actes de creació al capdavant; a nivell microscòpic, per descomptat, però, també, en circumstàncies favorables, actes de creació en el món macroscòpic més quotidià, com més amunt m'he esforçat a explicar.

Diguem, doncs, que en el seu relat de la creació del món, el «Gènesi», si de cas, es quedà curt. No seria únicament que el món es va crear durant els sis primers dies de la setmana primigènica: podríem afegir-hi que, a la seua manera, l'autocreació va continuar el diumenge i no ha parat fins ara, ni té intenció de parar.

#### ELS ÉSSERS VIUS I LA HISTÒRIA

El caràcter no totalment predictiu, que es predica ací, de l'esdevenir macroscòpic, semblaria trobar un bon exponent en els éssers vius, puix que cap científic no es planteja fer previsions detallades del comportament animal més enllà de certes regularitats remarcables d'aquest comportament.

Les giravoltes sobtades d'un peix en una peixera s'acomoden tal volta a certes pautes i regularitats, però no sembla que ningú es propose predir els sotrats concrets d'aquest moviment. Per una comprensible dificultat de conèixer les dades inicials necessàries? Sembla que podria haver-hi més que això.

En efecte, anem en particular al cervell humà. En l'estat dels coneixements actuals sobre la matèria, se sap que les quantitats de neurotransmissors implicades en la sinapsi neuronal dels humans, o l'energia d'estímuls exteriors destinats a fer-se cons-



cients, poden ser tan petites que entren en el regne microscòpic regulat per la mecànica quàntica o, alternativament, són de l'ordre de les petites fluctuacions clàssiques de l'atzar en la matèria i l'energia de l'ambient i del propi cos. En tots dos casos, el resultat final seria la impossibilitat de predir totalment el comportament humà: en el primer cas —en el cas de les excitacions quàntiques—, per raons insuperables, i en el segon cas —el de les excitacions clàssiques de l'atzar—, per les limitacions pràctiques que implica el tipus d'evolució caòtica.

El que s'acaba de dir del cervell humà s'aplica sense dificultat al cervell d'altres animals, i tot això fa pensar que la probable impossibilitat de predir exhaustivament el moviment del peix en la peixera té més raons que el mer desconeixement, en la pràctica, de les condicions inicials implicades. Així, hom podria aventurar la hipòtesi que els animals en general i, en particular, els animals superiors, i l'ésser humà més particularment encara, són, entre altres coses, sistemes dinàmics caòtics, agençaments materials macroscòpics especialment aptes per a amplificar, de manera regular i fins a nivells macroscòpics, les mínimes excitacions aleatòries del medi i, el que ací ens interessa més, les transicions quàntiques relativament acausades. Això explicaria, més que qualsevol altra hipòtesi, el sentiment implícit que els animals i en particular l'ésser humà no són meres màquines el funcionament de les quals estiga fixat, només determinen l'«input» inicial.

D'altra banda, aquest «no ser meres màquines» estaria més d'acord amb el nostre sentiment interior de llibertat i responsabilitat que no el món laplacià, perfectament encadenat en la successió mecànica de causes i efectes. Tal volta, quan parlem de la creació artística, emprem quelcom més que una metàfora i volem remarcar, expressant-nos així, que alguna cosa radicalment nova, no reduïble a uns mers antecedents, ha estat incorporada a l'objecte artístic en el procés de l'anomenada creació. Tal volta som també creatius en altres dominis de la nostra activitat com a humans, més enllà de la creació artística

Realment, el món laplacià, on el futur material i amb ell el futur de qualsevol ésser viu —un agregat material, al cap i a la fi,

per més especial que siga— estan perfectament determinats; on la impossibilitat pràctica de predir aqueix futur està únicament determinada pel lògic desconeixement de la major part de les circumstàncies que caracteritzen la situació actual; un món així, és molt més estrany del que sovint s'ha volgut acceptar. Bé podríem dir que, per tal de deslliurar-nos-en, si la mecànica quàntica no estigués ja justament inventada per altres motius, el guany d'aquest deslliurament seria prou motiu per a intentar inventar-la.

Però, si el comportament individual no està totalment determinat, podem dir el mateix del comportament col·lectiu, ço és, de la història? Per descomptat, si el comportament individual estigués determinat, també ho estaria la història, que passaria a ser, així, una branca de l'evolució cantada del planeta Terra, d'aqueixa excrescència de la seua crosta que anomenem vida, i encara més concretament vida humana. No és aquest el supòsit implícit que hi ha darrere la tasca professional de l'historiador, que no aspira a aconseguir un dia el lligam apodíctic entre el que ha passat en un moment històric i els fets que l'han precedit, sinó a integrar tots aquests fets en una narració que ens aparega, més que inevitable, intel·ligible?

Ara bé, també podria passar que el comportament humà individual no estigués perfectament determinat, i en canvi sí que ho estigués la història. Perquè això passés n'hi hauria prou que, en la vida col·lectiva, els actes *creatus* dels individus foren fatalment erosionats pel gran nombre d'actors implicats en la vida social de les grans col·lectivitats, igual que els sistemes macroscòpics de la física clàssica erosionen, de manera habitual, les fluctuacions quàntiques, i evolucionen llavors de manera determinista. Així, en superposar-se les accions d'aquells actors individuals, les més *creatives* es neutralitzarien entre elles per motius purament aleatoris. El que en restaria al final seria el gros d'un corrent de vida col·lectiva essencialment determinat on, «emportés sans retour dans l'océan des âges», com cantava Lamartine, naufragarien sense remei els intents i les accions individuals creatives.

Tot açò lliga amb l'eterna qüestió per a ociosos incorregibles de si la història la fan els pobles, la fan uns pocs individus rellevants, o encara no la fa ningú perquè, per dir-ho així, està ja

feta, està perfectament determinada des de sempre, per damunt de les obstinades il·lusions que bastim els humans per veure'ns protagonistes del que siga, al preu que siga. Abans de dir-hi la meua, permeteu-me que torne a la qüestió dels sistemes dinàmics caòtics, abans esmentada. Recordem que un sistema dinàmic caòtic tenia la propietat definitòria de posseir una evolució determinista en principi, però tan sensible a les minúscules variacions de les condicions inicials que, en la pràctica, les previsions de la seua evolució només poden abastar períodes de temps molt curts, en termes relatius. Un sistema físic caòtic ben conegut és l'atmosfera terrestre. És aquest caràcter caòtic de l'atmosfera el que fa impossible avançar previsions de temps fiables més enllà d'uns pocs dies, com és ben sabut. Ara bé, un sistema dinàmic pot ser caòtic en certs dominis de les condicions inicials, però no necessàriament en tots: en altres dominis d'aquestes condicions pot presentar una evolució *estable*, en el sentit de no caòtica. Passa també que els valors, sotmesos a una lenta deriva temporal, dels paràmetres que defineixen el sistema poden actuar de manera que, per a alguns d'aquests valors, el sistema dinàmic funciona en règim caòtic i per a altres valors funciona en règim, altra volta, estable.

71

Trobe que totes aquestes consideracions poden animar qualsevol a fer la conjectura següent: en l'evolució de les formacions socials, en la història, hi deu haver diferents períodes on el sistema dinàmic, que és la formació social, passa per règims dinàmics diferents, alternativament caòtics i estables, en el sentit tècnic d'ambdós termes. Quan la història evoluciona en règim estable, la formació social és indiferent a les diferents accions, *creatives* o no, d'uns pocs individus. Una evolució cantada, dictada per la mitjana de miríades d'actuacions individuals presents, acaba laminant tot allò individual que s'aparta del corrent principal, perquè el flux d'aquest corrent és molt poc sensible a petits «inputs» inicials, de manera que caldria modificar sensiblement el present de la formació social si es volgués modificar sensiblement el seu futur. Contràriament, quan en la seua evolució, la història entra dins d'un període de règim caòtic, el futur més immediat apareix difícilment previsible perquè accions socials

minúscules d'individus o de petits grups d'individus poden incidir sensiblement en l'evolució històrica ulterior.

Així, segons el tipus de període històric considerat, caòtic o estable, podrien ser veritat l'una o l'altra de les dues tesis enfrontades: que la història la fan els individus, o alternativament, que la fan els pobles. En el primer cas, i d'acord amb les tesis d'aquest article, la creativitat dels individus, expressió d'una singular amplifí-cació macroscòpica de la acausació quàntica, afavorida per la vida superior, envairia l'esdevenir històric que s'alliberaria també, en aqueixos períodes caòtics, del ferri encadenament causal ordinari. Així, la història humana seria una peça més d'aquella creació contínua en l'Univers que exposa aquest article.

Aquest doble marc imaginat per l'esdevenir històric, ara caòtic, ara estable, comportaria una conseqüència per al grau d'efectivitat de l'acció política, que dependria així de quin d'aquests dos marcs és operatiu en el moment de les accions dels actors polítics. En particular, no seria el mateix cometre un mateix error polític en l'un o l'altre d'aquests dos marcs diferents. Un error comès en un moment d'evolució social caòtica pot amplificar-se perillosament, i comprometre seriosament el futur de l'autor que, alternativament, podria gaudir d'un èxit desmesurat arran d'un encert acomplert en aquest mateix moment evolutiu. Parlant de la nostra història recent, no hauria estat el mateix per a un partit polític cometre certs errors en l'època més inerta de la dictadura, que cometre errors similars en el xuclador dels pocs anys que va durar la «transició». Tinc la sospita que, al País Valencià, algun partit polític actual pot estar pagant encara errors comesos en una època tan poc favorable per a ser digerits socialment com fou, per les raons indicades, aquella transició política.

## L'UNIVERS PRIMITIU

Deixem, però, el món actual, ja constituït, amb la seua taxa de creació contínua, i acostem-nos a la qüestió d'on ve el món com un tot, esmentada al començament d'aquest article.

Sabem que l'Univers està en expansió radial. Això vol dir que en el passat estigué més i més concentrat, i per tant més i més calent, a mesura que remuntem el curs del temps fins al moment, diguem-ne el temps zero, en què, d'acord amb el model cosmològic, hui generalment acceptat, del *big bang*, l'Univers col·lapsaria en un punt, seguint una pel·lícula imaginària projectada cap enrere. En particular, en aquesta fictícia remuntada del temps a partir d'ara, hi hagué uns primers moments, quan l'Univers tenia menys de mig milió d'anys (ara en té uns 14.000 milions), en què els actuals grans agrupaments còsmics de la matèria en galàxies i estrelles eren impossibles a causa de les altes pressions i temperatures presents. Llavors la matèria era un gas homogeni i isòtrop, ço és, amb les mateixes propietats pertot arreu i en totes les direccions, i molt calent: cap a aquella edat de l'Univers del mig milió d'anys, la temperatura era d'uns 4.000 graus. El model del *big bang* preveu llavors que, com a resultat, el món hauria d'estar hui immergit en una radiació homogènia i isòtropa de microones amb les característiques de la radiació electromagnètica que emet un cos negre a la temperatura d'uns 2,7 graus absoluts. Llavors, allò ver-taderament extraordinari és que aquesta radiació prevista teòricament, relíquia de l'època passada en què l'Univers estava a la temperatura de 4.000 graus, existeix de debò, i que amb la tecnologia actual és observable sense gaire dificultat.

73

Més cap enrere d'aquesta època, des que l'Univers tenia uns 1.000 segons d'edat fins a l'edat anterior d'uns 180 segons, el model preveu que la temperatura augmentava correlativament des d'uns 300 milions de graus fins a uns 1.000 milions de graus. Novament, segons el model, aquestes condicions de llavors s'haurien de reflectir ara en la composició material d'un Univers format molt aproximadament d'una part d'heli per tres parts d'hidrogen. És això justament el que s'observa després de mesures molt acurades, en mitjana, per tot l'Univers observable. Tenim, doncs, un segon acord espectacular entre les previsions teòriques del model i l'observació.

Més cap enrere encara, quan l'edat de l'Univers era únicament de  $10^{-35}$  segons, un refinament del model del *big bang*, dit el model inflacionista, preveu una expansió brutal del cosmos que, en

l'interval temporal que va d'aquests  $10^{-35}$  segons als  $10^{-32}$  segons, va fer augmentar les dimensions còsmiques unes  $10^{25}$  voltes, i va deixar un Univers a la temperatura d'uns  $10^{27}$  graus (per a comparar-ho, la temperatura de la superfície del Sol és únicament d'uns  $6 \times 10^3$  graus). La hipòtesi de l'Univers inflacionista explica dos fets problemàtics, particularment intrigants, del model estàndard del *big bang*: la planitud i l'homogeneïtat.

El fet problemàtic de la planitud consisteix en açò que segueix: d'acord amb les observacions, la curvatura de l'espai còsmic és molt menuda. Tan menuda com perquè fins avui no s'haja pogut posar observacionalment de manifest, i hom encara pensa que aquesta curvatura deu estar molt a prop de zero. Ara bé, en el model del *big bang*, la curvatura evoluciona en el temps còsmic de tal manera que, perquè hui estiga tan a prop del valor zero, com ho està, hagués calgut que fos zero en l'origen de l'Univers amb una precisió enorme, d'una part en  $10^{60}$ ! Com és possible, llavors, que en els seus orígens l'Univers estigués ajustat d'una manera tan fina?

El segon fet problemàtic és aquest: la radiació còsmica que ens arriba hui, en la seua isotropia, ens informa que l'Univers era extremadament homogeni en la remota època de l'emissió d'aquesta radiació. En aquesta època, l'Univers estava format per grans regions causalment desconnectades entre si, en el sentit en què la llum —la manera més ràpida de propagar una acció física— no havia tingut encara temps, des de l'origen de l'Univers, de viatjar entre algunes d'aquestes grans regions. Tanmateix, l'homogeneïtat còsmica que he esmentat és general i abasta per igual totes aquestes regions diferents. Però, com que aquesta homogeneïtat general no es pot explicar per cap mecanisme físic que, propagant-se d'un lloc a l'altre de l'Univers, acabés laminant les diferències inicials —com acabe de dir, ni tan sols la llum és capaç de fer un viatge d'aquest tipus—, cal concloure que ja era present (i de forma molt estricta, per cert) en les condicions inicials de l'Univers previstes pel model del *big bang*! Altra volta, però: com és possible que les condicions inicials de l'Univers estiguessen ajustades d'una manera tan particular?

L'expansió brutal de l'Univers prevista pel model inflacio-

nista entre els  $10^{-35}$  segons i els  $10^{-32}$  segons permet explicar aquests dos fets problemàtics. Quant a la planitud, hom pot considerar que abans de la inflació l'Univers pogué ser tan irregular i tan corbat com determinés l'atzar. No obstant això, l'expansió inflacionista fou tan brutal que, en acabar la inflació, havia laminat qualsevol irregularitat i havia deixat una curvatura pràcticament nul·la —la que ara observem— en regions molt més grans que l'Univers observable. Igual que una superfície amb una gran curvatura diferent en cada punt semblaria plana per a un observador local si, sense canviar-ne les proporcions, patís una expansió descomunal. Quant a l'homogeneïtat, l'explicació que s'hi dona és que, abans de la inflació, l'Univers estava totalment connectat, de manera que aquesta connexió causal tingué temps fins a la inflació d'homogeneïtzar l'Univers fins al punt d'homogeneïtat que presenta observacionalment. Fou justament la inflació qui desconectà aquest món, originalment connectat, en una col·lecció de regions desconectades causalment. Però quan aquesta desconexió va tenir lloc, l'homogeneïtzació ara observada ja s'havia produït.

A banda d'aquestes bondats del model inflacionista a l'hora d'explicar la planitud i l'homogeneïtat del cosmos, l'Univers inflacionista predeu la producció espontània d'una distribució específica de no-homogeneïtats en la distribució espacial de l'energia que, en la seua evolució ulterior, és capaç de generar les característiques dels actuals grans agrupaments còsmics de matèria adés citats, les galàxies, i també dels cúmuls i supercúmuls de galàxies. En resum, un nou acord entre les previsions del model i les observacions, que cal afegir als dos acords esmentats, el de la radiació còsmica de microones, i el de l'abundància relativa de l'heli a nivell còsmic.

A totes aquestes concordances cal afegir-hi un acord mínim, però significatiu, entre l'edat de l'Univers, que dona el model, d'una banda, i les edats dels diversos objectes i formacions que conté l'Univers. En efecte, mentre aquella edat és, com ja s'ha dit, d'uns 14.000 milions d'anys, l'edat de la Terra, mesurada independentment de qualsevol model cosmològic, és d'uns 4.500 milions d'anys; la del sistema solar un poc més, i les edats de les galàxies i quàsars més an-

tics, força més, però sempre clarament per sota d'aquells 14.000 milions d'anys per a la vida de l'Univers. Per als cúmuls globulars d'estrelles, els objectes celestes més antics coneguts, l'edat s'acosta perillosament a la de l'Univers mateix, encara que, d'acord amb les darreres estimacions, hi està també per sota, com ha de ser.

En definitiva, són massa les concordances entre les previsions del model del *big bang* i l'observació per a no prendre-se'l ben seriosament, malgrat l'exotisme que puga mostrar el quadre que pinta de l'Univers quan el comparem amb els paràmetres de la vida quotidiana.

Ara bé, com he dit adés, el model del *big bang* preveu l'existència d'un instant en el passat en què tota la matèria de l'Univers estaria col·lapsada en un punt, l'instant que convencionalment hem agafat com el temps zero, a partir del qual caldria comptar les successives edats de l'Univers. Però, en aqueix instant, la densitat, la temperatura i la pressió serien infinites, la qual cosa no té sentit. Passa, tanmateix, que la teoria que està a la base del model del *big bang*, la teoria de la relativitat general, deixaria de ser vàlida a les densitats que assoliria l'Univers quan considerem un instant tan reculat com  $10^{-43}$  segons. A partir d'aquest temps, cap enrere, la teoria a aplicar seria una relativitat general quàntica. No hi ha en aquest moment un acord en la comunitat científica corresponent sobre aquesta nova teoria, encara que s'hi investiga molt intensament.

La qüestió de què passava abans d'aquests  $10^{-43}$  segons és, doncs, especialment difícil, des del moment en què no està encara clar si en tenim la teoria pertinent. Tanmateix, això no vol dir que no puguem dir-hi res, com mostrarem en el paràgraf que segueix.

#### ENERGIA DE L'UNIVERS, CREACIÓ I ESPUMA QUÀNTICA

Els grecs ja afirmaven que la matèria no es crea ni es destrueix: únicament es transforma. A finals del segle XVIII, la química de l'època va reblar experimentalment aquesta afirmació, en fer el ba-



lanç de la matèria total present abans i després de processos químics molt actius, on l'aparició de gasos (com en la combustió, per exemple) feia més difícil les mesures d'un balanç semblant: però, en tots els casos, la quantitat de matèria present abans i després de la reacció resultava ser la mateixa. El vell principi grec de la conservació de la matèria resistia fort.

En la pel·lícula *Smoke*, del director Wayne Wang, es fa una deliciosa al·lusió a aquest balanç. En un estanc, lloc de venda de tabac, però també punt de reunió dels marginats que, malgrat els temps poc propicis, continuen amb llur addicció, el protagonista afirma, davant l'escepticisme de la resta dels parroquians, que el fum es pot pesar. Llavors explica com un aristòcrata anglès del segle XVII havia pesat un cigar, després se l'havia fumat i n'havia pesat les cendres: la diferència entre les dues pesades era el pes del fum. Davant l'exposició dels fets, la clientela accepta convençuda que realment el fum es pot pesar, i nosaltres podem apreciar l'ús implícit que —si n'hem de creure la història— va fer l'aristòcrata esmentat del balanç que implica la conservació de la matèria i del seu pes: la massa total, abans i després de la combustió, ha de ser la mateixa.

Ara bé, si la massa es conservava en totes les circumstàncies imaginables, sembla que l'existència d'un origen per a l'Univers hauria de violar de manera severa aquesta conservació, puix que abans d'aquest suposat origen no hi havia res, mentre que immediatament després alguna cosa hi hauria, si més no tota la massa que ara existeix si des de llavors no se n'ha creat de nova o no se n'ha destruït. Abans de continuar, però, voldria fer un toc d'atenció sobre la ingenuïtat que comporta la manera anterior de raonar: en física, d'acord amb la teoria de la relativitat i l'experiència pertinent, la marxa del temps depèn de la velocitat de l'observador i del camp gravitatori present. D'entrada, això no ens hauria de sorprendre, atès que la marxa del temps va lligada al nombre de repeticions o fracció d'un fenomen físic recurrent, el qual es pren com a patró temporal. En una paraula, el temps, tant el temps viscut interiorment com el temps objectiu de la física, no és una cosa que es pugui concebre al marge de l'existència de la matèria i l'e-

nergia i de llurs propietats. Això dit, l'experiència indica que en la natura hi ha uns fenòmens repetitius bàsics, les cadències de retorn dels quals guarden entre si una relació molt aproximadament constant, sempre gairebé la mateixa. La rotació de la Terra al voltant de si mateixa, o al voltant del Sol, o els períodes de les transicions electromagnètiques en els àtoms, són alguns exemples d'aquests fenòmens bàsics de la natura de cadència relativa, dels uns als altres, gairebé constant. El moviment oscil·latori d'un pèndol amb un fregament ostensible és, en canvi, un exemple de fenomen recurrent i no bàsic de la natura, la cadència del qual no guarda una relació constant amb la cadència comuna dels fenòmens anteriors. En la pràctica, s'agafa com a patró temporal —ço és, com a rellotge— un d'aquells fenòmens repetitius bàsics de cadència comuna constant, a fi de tenir així una descripció el més senzilla possible de la natura. Si, alternativament, agafàrem com a rellotge el pèndol anterior de fregament ostensible, el període del qual passaria a ser constant, per definició, no trobaríem cap contradicció en la descripció de la natura que en resultaria: únicament trobaríem una descripció del món innecessàriament complicada, atès que, llavors, una munió de fenòmens bàsics de la natura, com són ara els citats adés —la rotació de la Terra, etc.— presentarien unes freqüències ostensiblement variables en el temps.

La nostra sensació interior del pas del temps no és més que la captació intuïtiva i no massa precisa del nombre de fenòmens interiors que s'esdevenen durant un cicle del patró temporal, quan aquest patró temporal pertany al conjunt d'aquells fenòmens recurrents i bàsics de la natura que es repeteixen segons una cadència comuna.

A partir del que s'acaba de dir, hom pot comprendre fàcilment que la marxa del temps pugui dependre de l'estat de la matèria i l'energia, i que no siga raonable pretendre parlar del temps si al darrere no hi ha cap realitat física mínimament congruent. Té sentit, doncs, preguntar què hi havia abans de l'origen, quan, com s'ha vist més amunt, les condicions físiques eren tan extremes? Dit d'una altra manera, en l'instant  $t = 0$ , en aquest inici temporal de l'Univers, l'adverbi «abans» guarda encara algun significat? No

està, doncs, gens clar que la pregunta de què hi havia «abans» de l'origen de l'Univers siga una pregunta formulable.

De tota manera, continuem amb les nostres indagacions intentant acostar-nos a l'«instant» primigeni. Tornem a la pretesa conservació de la massa; de fet, des d'Einstein, a començaments del segle XX, sabem que la massa no es conserva sempre. Si les condicions físiques ho permeten, en particular si les energies lligades a les masses i les altres energies presents són comparables, la massa es pot transformar en energia i l'energia en massa, d'acord amb la famosa fórmula  $E = mc^2$ . Això no s'adverteix en la vida ordinària perquè hi manquen aquelles condicions, però, en els moderns acceleradors de partícules, per exemple, aquesta conversió mútua d'energia en matèria, i a l'inrevés, és un fet experimental d'allò més ordinari. Ara bé, encara que la massa i l'energia, cadascuna per separat, no es conserven sempre, la totalitat sí que es conserva, segons prediu la teoria i segons ha confirmat sense excepció, fins ara, l'experiència. Així, doncs, la massa-energia o, diguem-ne, l'energia «tout court», per un abús de llenguatge, es conserva sense excepcions: és el que es coneix com el principi de conservació de l'energia.

Arribats en aquest punt, el fet veritablement remarcable és que, en el model del *big bang*, l'energia total de l'Univers és zero! La raó d'això és la que segueix: el contingut material de l'Univers suposa una energia positiva, d'acord amb la fórmula adés esmentada,  $E = mc^2$ , i a aquesta energia cal encara afegir-hi l'energia positiva de la radiació que ompli els amples espais siderals. Ara bé, a diferència de la matèria i la radiació, el camp gravitatori té una energia negativa i no positiva. Al cosmos hi ha efectivament un camp gravitatori present pertot arreu. Llavors, passa que l'energia negativa d'aquest camp compensa exactament l'energia positiva de la matèria i la radiació, per donar finalment una energia total del cosmos nul·la. Cal encara precisar que aquesta anul·lació es produeix únicament a escala còsmica. Si per contra considerem regions no massa grans del cosmos, com són ara el sistema solar, una galàxia, o encara un cúmulo de galàxies, l'energia positiva del contingut material i de la radiació presents supera àmpliament l'energia negativa de la gravitació corresponent.

Així, doncs, el món podria haver eixit d'un no-res energètic sense violar per això el principi de conservació de l'energia: l'energia total del cosmos hauria estat zero en l'instant inicial i, en conservar-se, ha continuat després, i continuarà, essent zero. Malgrat això, perquè aquest no-res energètic primigeni puga ser la llavor del nostre món actual ha de tenir ja un mínim de l'estructura d'aquest món, feta d'una separació entre un camp gravitatori, d'una banda, i un contingut energètic i material, més o menys exòtic, de l'altra, de manera que l'energia total siga nul·la.

D'on va venir, però, aquesta estructura física amb energia total zero? Del no-res? D'alguna realitat prèvia? Adés he posat en guàrdia el lector contra un maneig massa alegre de l'adverbi «abans» en el suposat temps inicial, i contra la pretensió de dotar de sentit la pregunta «què hi havia abans», siga quina siga la situació física que encarem. Ara he de tornar a prevenir-lo contra la noció d'un buit absolut: cap energia, cap estructura, cap realitat. En efecte, en física quàntica no hi ha una realitat com el no-res absolut: l'omnipresent indeterminació quàntica ho impedeix, i més concretament allò que hom anomena les fluctuacions quàntiques del buit. Per començar, en qualsevol regió de l'espai convencionalment buit es creen contínuament paquets d'energia positiva des del no-res energètic que satisfan la famosa relació d'incertesa temps-energia. La relació diu en aquest cas que, com més gran és l'energia del paquet creat, més petit és l'interval de temps en què aquell paquet energètic perdura, abans de desaparèixer en el no-res energètic inicial. Si en la nostra vida ordinària no res d'això ens és aparent, és perquè els intervals de temps implicats per paquets d'energia detectables, d'acord amb la relació d'incertesa temps-energia, són totalment irrisoris a l'escala de la nostra capacitat fisiològica de resolució temporal. Però el lector s'equivocarà si pensa que les fluctuacions quàntiques del buit són meres especulacions de teòrics ociosos: alguns efectes d'aquestes fluctuacions es posen de relleu experimentalment amb una extrema precisió.

De tota manera, no són aquestes creacions efímeres d'energia, induïdes per les fluctuacions quàntiques del buit, el que ens cal per a crear el nostre Univers, atès que, com s'ha dit adés, l'energia

total d'aquest és justament zero. Al costat, però, de la creació de paquets d'energia positiva, aquelles fluctuacions poden crear també, amb una determinada probabilitat, estructures físiques d'energia amb un contingut de radiació i de matèria, més un camp gravitatori, compensats entre si de manera que l'energia total siga nul·la. Unes característiques que aquest sistema físic primigeni compartiria amb l'Univers actual. Per aquest camí, a l'hora de pensar l'origen de l'Univers, renunciem clarament a la noció d'un no-res absolut, cosa que ens deslliurà de l'estranyesa d'un Univers que eixiria d'aquest no-res per a passar tot seguit a ser alguna cosa.

Però, tornem al nostre Univers quan tenia uns  $10^{-43}$  segons d'edat, segons que hem exposat més amunt. La matèria posseïa llavors unes densitats i temperatures altíssimes. En aquestes condicions, les fluctuacions quàntiques de tota mena eren tan intenses que el propi espai-temps, la base de la teoria de la relativitat general, de la nostra sensibilitat més profunda, i dels nostres esquemes intel·lectuals més omnipresents, no estava ben definit al nivell exigut per la descripció de la matèria-energia: és allò que s'ha anomenat de vegades amb el terme d'«espuma quàntica». En la situació cognitivament tan exòtica de l'espuma quàntica, cal imaginar les fluctuacions quàntiques actuant sempre i produint, més o menys efímerament, estructures físiques diverses, cadascuna amb una certa probabilitat. Algunes d'aquestes estructures es pot correspondre amb un tipus d'Univers d'energia nul·la, de característiques semblants al nostre quan tenia  $10^{-43}$  segons d'edat o un poc més, ço és, un Univers on ja es pot parlar d'espai-temps, d'energia i, en particular, d'energia nul·la, amb un camp gravitatori present. Tanmateix no tots els universos primitius així conformats perduraran: la majoria gaudiran d'una existència efímera, puix que, per la seua pròpia atracció gravitatòria, col·lapsaran de nou cap a les condicions físiques similars a les dels  $10^{-43}$  segons, o una mica menys, del nostre Univers, on no hi ha un espai-temps definit. Alguns o algun, però, d'aquells universos que han assolit l'estadi, més cognitivament confortable, on es gaudeix d'un espai-temps ben definit, poden disposar del que se'n diu un «camp quàntic inflacionista».

Un tipus de camp físic que té la singular propietat de posseir una pressió negativa i, dins de certs límits, constant en el temps, la qual, en els seus efectes dinàmics, tendeix a expandir l'univers i a oposar-se així a la contracció amb què la gravitació vol fer col·lapsar de nou l'univers així encetat. Amb tot i això, no és segur que l'expansió que impulsa el camp inflacionista, més l'impuls expansiu purament cinètic d'aquell univers, puguin contrarestar la contracció gravitatòria. Si l'atracció gravitatòria és massa intensa, aquest tipus d'univers, candidat en principi a una vida més llarga que la dels universos emergents considerats fins ací, no podrà evitar el destí d'una altra existència massa efímera, que el submergirà de nou en l'espuma quàntica primigènia desproveïda d'espai-temps.

Però si l'impuls expansiu inicial i la pressió negativa, i constant durant un període de temps, del camp inflacionista superen, en llurs efectes expansius, la tendència gravitatòria a la contracció, la situació que en resultarà serà la que segueix: l'univers recentment eixit de l'espuma quàntica, i ja dotat d'un espai-temps, continuarà expandint-se sense parar. En aquesta expansió, l'atracció gravitatòria va minvant necessàriament, però, en canvi, la força expansiva del camp inflacionista es mantindrà constant mentre es mantinga constant la pressió negativa d'aquest camp. En aquestes condicions, l'expansió present esdevé de seguida una expansió accelerada descomunal. És allò que se'n diu tècnicament una expansió exponencial: la inflació, de la qual ja hem parlat en un paràgraf anterior. Una expansió que va augmentar en  $10^{25}$  voltes les dimensions del nostre Univers en l'interval temporal que anà dels primers  $10^{-35}$  segons al temps ulterior de  $10^{-32}$  segons. Hui, però, és sabut observacionalment que el nostre Univers s'expandeix a un ritme prou més assossegat que l'anterior ritme d'expansió exponencial: això és així perquè el camp inflacionista, responsable d'aquest tipus d'expansió, va desaparèixer, ell i la seua pressió negativa, a partir d'aquells  $10^{-32}$  segons, per raons que cauen fora de l'abast d'aquest text. En desaparèixer, el camp inflacionista va deixar al seu darrere l'equivalent en massa i radiació, l'una i l'altra enormement calentes, que constitueixen hui la part essencial del contingut

de massa i energia de l'Univers actual. Aquest, des de llavors, s'expandeix al ritme molt més moderat que mostren les observacions, com he dit adés.

Fins ací hem arribat: aquesta és la història d'un Univers que, amb el seu rerefons de l'espai-temps, va sorgir presumiblement creat per una fluctuació de l'espuma quàntica primigènia, on no hi havia ni espai ni temps. Des de llavors, aquest món nostre s'ha anat expandint, en un curt interval temporal remotíssim, molt ràpidament, i després fins ara a un ritme prou més assossegat. Durant tot aquest temps, des de la creació primigènia fins ara mateix, i encara a l'esdevenidor, el món continua amb la seua taxa regular d'autocreació relativa, ancorada en les fluctuacions quàntiques del món microscòpic, ací i allà amplificades macroscòpicament.

No és molt el que sabem encara sobre la creació del món, però en tot cas, és prou més que el que sabíem fa únicament trenta anys, i per descomptat molt més del que pretenia ensenyar-nos el mite del gegant i la vaca, amb què he començat l'article.

## REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

Sobre mecànica quàntica:

LAPIEDRA, R. (1998). *Causalidad y Conciencia*. Arbor CLIX, 627, p. 309-327.

— (1999). «The ontological deficits of quantum reality». *Contributions to Science*, vol. 1, núm. 2, p. 193-197. Barcelona: IEC.

RESNICK, R.; HALLIDAY, D. (1971). *Física II*. Mèxic: Cía. Editorial Continental.

Sobre cosmologia:

GUTH, A. H. (1999). *El universo infacionario*. Madrid: Debate. Pensamiento.

HARRISON, E. (2000). *Cosmology. The science of the universe*. Cambridge: Cambridge University Press.

REES, M. (1997). *Antes del principio*. Barcelona: Tusquets.

SANZ ESTÉVEZ, J. L. [coord.]. (1999). *Origen y evolución. Desde el Big-Bang a las sociedades complejas*. Santander: Fundación Marcelino Botín.

WEINBERG, S. (1976). *Los tres primeros minutos del universo*. Alianza Editorial.