

• Col·lecció De Cent en Cent – 3 •

100 enigmes que la ciència (encara) no ha resolt

Daniel Closa i Autet

Cossetània
EDICIONS

Primera edició: setembre del 2008

© Daniel Closa i Autet

© Cossetània Edicions

Edita: Cossetània Edicions
C/ de la Violeta, 6 • 43800 Valls
Tel. 977 60 25 91
Fax 977 61 43 57
cossetania@cossetania.com
www.cossetania.com

Disseny i composició: Imatge-9, SL

Impressió: Romanyà-Valls, SA

ISBN: 978-84-9791-387-4

Dipòsit legal: B-30.679-2008

ÍNDIX

Introducció.....	7
Als límits de l'espai i el temps	9
1. L'origen de l'Univers.....	11
2. La matèria fosca.....	13
3. L'energia fosca	15
4. Universos paral·lels	17
5. La inflació còsmica	19
6. La formació de les galàxies.....	21
7. Quàsars.....	23
8. Constants que potser no són constants.....	25
9. Forats de cuc.....	27
10. Matèria i antimatèria	29
11. La gravetat.....	31
12. Raigs còsmics ultraenergètics	33
13. Elements superpesants.....	35
14. Indeterminació quàntica.....	37
15. L'estabilitat dels protons.....	39
16. Més enllà dels quarks.....	41
17. La unificació de les lleis de la física	43
18. El temps.....	45
El sistema solar i la Terra	47
19. Les taques solars	49
20. La tombarella d'Urà.....	51
21. Quants planetes hi ha al sistema solar?	53
22. L'origen de la Lluna	55
23. Tunguska	57
24. La dinàmica de l'interior de la Terra.....	59
25. Predir els terratrèmols	61
26. El Moho.....	63
27. Oscil·lacions del camp magnètic terrestre	65
28. Llamps en forma de bola	67

29. Quantes persones poden viure a la Terra?	69
30. Escalfament global, fins on?	71
31. Glaciacions.....	73
32. Ecosistemes i canvi climàtic	75
La vida	77
33. L'origen de la vida.....	79
34. En LUCA.....	81
35. Homoquiralitat.....	83
36. Vida extraterrestre	85
37. Vida extraterrestre intel·ligent.....	87
38. Quantes espècies hi ha al món?.....	89
39. La desaparició de les abelles.....	91
40. Migracions.....	93
41. La diversitat de les espècies.....	95
42. L'origen de la cèl·lula eucariota	97
43. El plegament de les proteïnes.....	99
44. L'estructura de la vida	101
45. El ritme de la vida.....	103
46. Esqueixos.....	105
Els humans	107
47. Fins quina edat podem viure els humans?.....	109
48. Per què tenim tan pocs gens?	111
49. Per què tenim tant ADN?.....	113
50. Quantes proteïnes diferents tenim?.....	115
51. El despertar de l'ARN	117
52. Regeneració d'òrgans.....	119
53. Allò que ens ha fet humans	121
54. La base biològica de la consciència.....	123
55. La memòria	125
56. Cooperació.....	127
57. La genètica del caràcter.....	129
58. Orientació sexual	131
59. Dormir.....	133
60. Somiar	135
61. Badallar	137
62. Creixement, cossos i òrgans.....	139
La salut	141
63. La pubertat	143
64. La funció de l'apèndix.....	145
65. Controlar el sistema immunitari.....	147

66. La fibromiàlgia.....	149
67. Lesquizofrènia.....	151
68. L'Alzheimer.....	153
69. L'autisme.....	155
70. Prions.....	157
71. El càncer.....	159
72. Vacuna per a la sida.....	161
73. Embaràs i rebuig.....	163
74. El placebo.....	165
75. Addiccions.....	167
76. Genètica i salut.....	169
77. Nous antibiòtics.....	171
78. Anestèsia.....	173
Mirant al passat.....	175
79. L'esclat del cambrià.....	177
80. La mida dels dinosaures.....	179
81. L'aspecte dels dinosaures.....	181
82. Què causa les extincions massives?.....	183
83. Les flors.....	185
84. Neandertals.....	187
85. Caminar drets.....	189
86. El llenguatge.....	191
Tecnologies i abstraccions.....	193
87. Substituir el petroli.....	195
88. Límits per a l'energia solar.....	197
89. La fusió freda.....	199
90. Autoacoblament químic.....	201
91. L'estructura de l'aigua.....	203
92. Turbulència.....	205
93. El llenguatge dels animals.....	207
94. Idiomes perduts.....	209
95. Wow!.....	211
96. Teleportació.....	213
97. La hipòtesi de Riemann.....	215
98. Els set problemes del mil·lenni.....	217
99. Un límit per als ordinadors.....	219
100. Ordinador quàntic.....	221

INTRODUCCIÓ

Aquest recull d'enigmes té una vocació clara de quedar parcialment obsolet en relativament poc temps. Això és perquè bona part dels temes que es plantegen en aquest llibre estan sent objecte d'intensa recerca, de manera que és previsible que deixin de ser enigmes i passin a ser part del coneixement científic que s'acumula dia rere dia. En realitat no seria cap sorpresa que alguns trobin resposta abans i tot que el llibre surti de la impremta. Això simplement és una mostra de la rapidesa amb què es mouen les coses en el camp del coneixement. I, ben mirat, seria una mala notícia que d'aquí a uns anys bona part d'aquests enigmes no s'hagin resolt..., per ser substituïts per altres enigmes igualment fascinants.

A l'hora de triar els cent enigmes he aprofitat que, fa uns anys, la revista *Science* va publicar una llista amb 125 preguntes per a les quals no tenim resposta. Entre aquestes hi havia les que es consideraven *25 grans qüestions*, i pràcticament totes estan recollides també en aquest llibre. Segurament aquestes seran les que es resistiran més a ser resoltes, com ara l'origen de l'Univers o la base biològica de la consciència humana. Són els grans reptes de la física, la biologia o la psicologia, que segurament requeriran noves teories de les quals encara ara no disposem. Però també hi ha temes aparentment intrascendents que, malgrat tot, segueixen sense saber-se del cert. Diguin el que diguin les llegendes urbanes, encara no sabem exactament per quin motiu badallem.

En tot cas, no hi ha preguntes sobre ovnis, parapsicologia o màgia. Els enigmes plantejats aquí haurien de poder-se resoldre aplicant el mètode científic. Allò de plantejar hipòtesis, fer experiments per a posar-les a prova i, en cas que es confirmin, seguir sempre posant-les a prova per a molts altres grups. En cas contrari, bastir noves hipòte-

sis i tornar a començar. Una manera de fer que ens ha portat a nivells de coneixement que mai cap altra generació anterior ha tingut en tota la història de la humanitat.

El fet que encara quedin tantes preguntes és inherent a la curiositat humana, que quan troba un perquè immediatament vol esbrinar el perquè del perquè. Això potser és una ruta sense fi, però certament mentre fem aquest camí ens enriqueim d'una manera extraordinària.

Barcelona, abril del 2008

ALS LÍMITS DE L'ESPAI I EL TEMPS

01 / 100

L'ORIGEN DE L'UNIVERS

De fet, aquesta és la gran pregunta. Quin és l'origen d'absolutament TOT? I el sol fet que ja ens la planteja és un bon indicatiu de com és d'agosarada la ment dels humans. Durant molts segles es va recórrer a diferents llegendes o directament als Déus com a creadors. Però això resulta poc satisfactori. Si Déu va crear l'Univers, qui va crear Déu? Al final, l'únic que es feia era canviar l'enunciat de la pregunta, però la incògnita principal continuava present.

El cas és que a poc a poc els astrònoms van anar descobrint estructures dins l'Univers. Els planetes giren al voltant d'estrelles, que s'agrupen en galàxies i que es mouen en diferents direccions. I justament aquest moviment va donar una pista important. Semblava que totes les galàxies s'allunyessin de nosaltres. Això podia ser perquè la Terra és un lloc particularment repel·lent o, més probable, perquè en realitat les galàxies s'allunyen totes les unes de les altres. Aleshores, t'ho miris des d'on t'ho miris, sempre semblarà que totes fugen de tu.

Per aquest motiu es diu que l'Univers està en expansió. Ara mateix, mentre llegim això, la distància que ens separa d'altres galàxies es va fent més i més gran.

Però això vol dir que fa una estona estaven més properes, i que fa milions d'anys encara estaven molt més properes. Si seguim el raonament, arribem a un punt on tot el que hi ha a l'Univers estava junt, comprimit en un únic punt. Un punt de distància nul·la on hi havia tota la matèria i tota l'energia de l'Univers, però que també contenia el mateix espai i el temps. Fora d'aquest punt no hi havia res. Ni tan sols l'espai o el temps. I aquest punt, per algun motiu, va esclatar en una inimaginable explosió, el que anomenem *Big Bang*.

Molt bé, però, i abans d'aquell punt, què?

Doncs ni idea. El problema és que podem comprendre com era l'Univers instants després de l'explosió, però quan arribem al punt on tot està en un punt de mida zero, apareixen coses molt rares: densitat infinita, el temps s'atura, l'espai deixa d'existir... I amb l'infinit, els càlculs dels físics ja deixen de tenir sentit.

Durant un temps es pensava que el que podia existir era un cicle infinit: l'Univers s'expandia fins que la gravetat aturava l'expansió, i després es tornava a comprimir fins a col·lapsar-se completament, de manera que podia donar lloc a un altre Big Bang. Així, l'Univers seria una sèrie infinita de cicles. Però ara sembla que l'expansió no s'atura, sinó que cada vegada va més de pressa i mai no es tornarà a col·lapsar. De manera que, pel que sabem, l'Univers sí que va tenir un origen, fa uns catorze mil milions d'anys. Però la seva explicació encara està més enllà de les teories cosmològiques actuals.

De moment sembla que necessitem més dades o bé noves teories realment revolucionàries.

02/100

LA MATÈRIA FOSCA

Les lleis de la física tenen la gran virtut que ens permeten fer càlculs precisos i obtenir dades amb les quals podem predir el comportament dels objectes segons uns quants paràmetres. Per això podem calcular les trajectòries dels coets, les velocitats dels avions i les òrbites de planetes o estrelles. I per això mateix, si coneixem la massa de dues estrelles, la distància que les separa i la velocitat a la qual es mouen, podem calcular les trajectòries que seguiran.

Aquests càlculs van anar molt bé fins que els astrònoms es van adonar que alguna cosa no acabava de quadrar. Si analitzaven les trajectòries de galàxies llunyanes, el seu comportament s'allunyava, i molt, del que era previsible. Això costava molt d'explicar, perquè tenien en compte tota la informació necessària: les velocitats relatives, la distància i la massa de les estrelles que les formaven. Però les galàxies no feien cas dels càlculs dels astrònoms i actuaven d'una manera diferent.

Al final es va imposar la conclusió òbvia. Els càlculs eren correctes, el que estava malament eren les dades que feien servir. No hi havia dubte de la distància i la velocitat, però el que podia estar equivocat era la massa. Les galàxies es comportaven com si tinguessin molta més matèria de la que podem observar.

El problema és que quan mirem l'Univers, únicament podem veure allò que emet alguna mena de radiació. Si és en forma de llum visible veiem les estrelles, però aviat es va saber que hi havia objectes que emetien radiacions infraroges o de raigs X o d'altres tipus. De manera que a l'Univers hi ha molt més del que veiem a simple vista, però fins i tot tenint en compte tots aquests objectes, encara falta moltíssima massa per trobar. De fet, s'ha calculat que el que podem observar, allò que coneixem, representa un percentatge molt petit del total.

Ara ja tenim indicis d'aquesta matèria invisible (i que per això s'anomena *matèria fosca*), a partir de moltes altres mesures. Dades amb noms exòtics, com "l'anisotropia de la radiació de fons de microones", o d'altres de més senzilles, com "les distribucions de temperatures galàctiques", indiquen que efectivament allà fora hi ha força matèria de la qual no sabem gaire res. Únicament que hi és i que n'hi ha molta.

I això que d'hipòtesis en tenim moltes, la qual cosa demostra que els físics tenen una gran imaginació. Pot ser que es tracti de núvols de gas fosc, o d'objectes estel·lars com estrelles fosques o planetes gegants, pot ser que siguin partícules subatòmiques... Durant un temps els neutrins van ser uns bons candidats, però finalment s'ha vist que tampoc n'hi ha prou. Ara es parla de partícules amb noms més exòtics, com la "matèria obscura no bariònica". Noms que moltes vegades volen dir tan sols "una cosa diferent de tot allò que coneixem".

03/100

L'ENERGIA FOSCA

Fa uns quants anys es debatia sobre el destí final de l'Univers. Sabem que les galàxies s'allunyen totes les unes de les altres, i per això es diu que l'Univers està en expansió. Però també està clar que la força de la gravetat tendeix a fer que els objectes experimentin una atracció. De manera que semblava que la qüestió depenia d'una sola pregunta. La força de gravetat generada per la matèria que hi ha a l'Univers serà prou forta per compensar l'expansió que està experimentant en l'actualitat? Si a l'Univers hi ha prou matèria, la gravetat acabarà per frenar del tot l'expansió i al final tot tornarà a apropar-se fins a un col·lapse final. Però, si no hi ha prou matèria, l'expansió seguirà indefinidament, cada vegada més lenta, però sense arribar a deturar-se mai.

Semblava un problema ben definit. Únicament calia avaluar la quantitat total de matèria de l'Univers. Fàcil de dir, però evidentment, molt difícil de precisar. I de totes maneres, ara ja és igual, perquè sabem que les coses són molt més complexes.

Poc abans del final del segle xx es van fer mesures més acurades de la velocitat a la qual s'expandia l'Univers, i el resultat va descol·locar tothom. No sols la gravetat no sembla frenar l'expansió, sinó que l'Univers s'expandeix cada vegada més de pressa! L'expansió no es detura. S'accelera!

Però si s'accelera ha de ser perquè alguna força l'empeny a expandir-se. Ha d'estar actuant una energia que actua de manera contrària a la gravetat.

Aquesta energia que desconeixem és la que s'ha anomenat *energia fosca*, i fins ara no l'haviem identificat, però ara sembla que és un dels components principals de l'Univers. De fet, la matèria tal com la coneixem, les estrelles, els planetes, els minerals, nosaltres..., re-

presenta únicament un 5% del que hi ha a l'Univers. Ja es pot dir que som ben especials, perquè la major part del que existeix està fet per matèria fosca o per energia fosca.

Ara la feina és identificar i conèixer aquesta misteriosa energia fosca. S'especula amb la possibilitat que formi part de la mateixa estructura de l'espai. Allà on ens sembla que hi ha el buit més absolut, en realitat està ple d'aquesta energia que sols es pot observar quan s'observa a una escala tan i tan petita que encara queda lluny del nostre abast.

De moment encara hi ha moltes especulacions i poques dades. No està clar si aquesta energia fosca és constant, va augmentant o va disminuint amb el temps. I conèixer aquest detall resulta interessant, entre altres coses, perquè d'això en dependrà el destí final de l'Univers.

04 / 100

UNIVERSOS PARAL·LELS

Els autors de ciència-ficció els han fet servir àmpliament i amb diferents graus de coherència. Però la cosmologia es pregunta seriósament per l'existència d'altres universos semblants o diferents al nostre. I algunes conclusions semblen apuntar que no és una idea descabellada.

Per començar hi ha allò que anomenem *el nostre Univers*, que és bàsicament la regió de l'espai que podem observar. I aquesta té un límit independent dels aparells de mesura que fem servir. És el que s'anomena *horitzó observable*. La idea és que si l'Univers té catorze mil milions d'anys, no hi ha manera de veure res que estigui a una distància superior als catorze mil milions d'anys llum, simplement perquè la llum provinent de més enllà encara no ha tingut possibilitat d'arribar fins aquí. I com que res no pot anar més de pressa que la llum, no hi ha cap possibilitat que res de més enllà de l'horitzó d'observació ens afecti de cap manera.

Això no vol dir que més enllà no hi hagi res. Però a efectes pràctics ja és un altre Univers, que també tindrà el seu horitzó d'observacions. I més enllà n'hi pot haver un altre, i un altre, i...

Però encara hi ha més possibilitats. Com que l'espai s'està expandint, podria ser que diferents universos haguessin anat esclatant com bombolles separades per inimaginables distàncies d'espai buit. Aquesta idea sorgeix de constatar una característica intrigant del nostre Univers. Les magnituds físiques importants, com la massa dels protons, la intensitat de la força electromagnètica, la força amb què interaccionen els nuclis de l'àtom..., tot té uns marges molt estrets. Una mica més amunt o més avall i no hi hauria res a l'Univers. Els àtoms no es formarien, o desapareixerien immediatament, o les estrelles no podrien brillar... Però el cas és que els valors són exactament

els necessaris perquè tot el que veiem, inclosos nosaltres mateixos, pugui existir. Això pot ser una casualitat increïble, o podria ser un fet purament estadístic derivat de l'existència de molts universos, cada un amb diferents lleis fonamentals.

Si suposem que es van formant un nombre infinit d'universos-bombolla, aïllats els uns dels altres i cada un amb les seves pròpies lleis de la física, molts seran erms on no es formarà matèria, o on els àtoms seran massa estables per interaccionar i on no hi passarà res. Però alguns han de tenir característiques que donin alegria a la història. Alguns han de tenir unes lleis de la física que permetin l'aparició d'estrelles, de planetes i de vida.

Des d'aquest punt de vista, ja no és tan estrany que el nostre sigui un Univers particularment escaient. Igual que passa amb la loteria, ens sorprendria molt saber que sols s'ha venut un número i que justament ha tocat aquell. Però si es venen tots, ja sabem que algun tocarà.

La llàstima és que tot plegat són raonaments plausibles, però encara no hi ha manera de saber-ho del cert.

05 / 100

LA INFLACIÓ CÒSMICA

A mesura que la tecnologia ens ha permès observar zones més i més allunyades de l'Univers, s'ha anat posant de manifest una propietat intrigant. Era pràcticament igual allà on miréssim. La distribució de la matèria presenta grans variacions a petita escala, però vist en general l'Univers és molt homogeni. D'altra banda, quan es va mesurar la radiació de fons de microones, una mena d'eco del Big Bang, es va trobar de nou que era gairebé completament homogènia.

Això, encara que sigui sorprenent, és un problema, perquè l'Univers està en expansió i la seva mida és tan gran que hi ha zones que, en principi, no han pogut estar en contacte entre elles. Això vol dir que, tenint en compte l'edat de l'Univers, la llum que ha sortit d'un indret encara no ha tingut temps d'arribar a l'altre extrem. Però si la llum no ha tingut temps d'arribar, vol dir que res, cap força, cap influència, no hauria pogut arribar. Per això costa entendre que siguin tan iguals. Si haguessin estat en contacte no hi hauria problema. Les diferents condicions s'haurien equilibrat i ja està. Però sense interacció, que siguin exactament iguals per casualitat és molt difícil d'assumir.

Això va ser un problema fins als anys vuitanta, quan es va proposar que l'Univers havia experimentat un creixement molt important durant els primers instants després del Big Bang. En dir *primers instants* parlem de 10^{-35} segons, una fracció de temps inimaginablement petita. I en aquests temps l'Univers hauria augmentat la seva mida 10^{30} vegades. De nou, completament inimaginable.

Si aquest fenomen, aquesta "inflació", hagués tingut lloc, s'entendria l'homogeneïtat de l'Univers. Les diferents regions sí que s'havien equilibrat abans de la inflació. Però altres problemes que portaven de corcoll els físics també es resoldrien. La inexistència de monopols magnètics, la curvatura nul·la de l'Univers i altres qüestions que no

diuen gran cosa als no-entesos, però que als cosmòlegs els treuen el són.

El problema és que no se sap per quin motiu hauria passat aquesta inflació. La situació actual és que l'Univers sembla comportar-se com si la inflació hagués tingut lloc, però les causes segueixen fosques. No hi ha una teoria que expliqui què va empènyer l'Univers a passar per aquests estats. O millor dit, n'hi ha unes quantes, però totes són fetes expressament per explicar el que sembla que va passar. S'anomenen teories *ad hoc*, i aquesta mena de plantejaments no agraden gaire.

La inflació és un maldecap per als economistes i una taula de salvació per als cosmòlegs. Però a la pràctica sembla que ni els uns ni els altres l'entenen gaire. Poden constatar-la i poca cosa més.