

JOAN ANTON CATALÀ AMIGÓ

UNA BREU I ATZAROSA
HISTÒRIA
DE LA VIDA



Des del moment zero
fins al planeta que habitem avui



Joan Anton Català Amigó

Nascut a Tarragona, és pare de dues filles. La llum de les estrelles el va fascinar de ben petit, i la seva curiositat per entendre el comportament de la natura, des del món subatòmic fins a l'univers, l'ha acompanyat tota la vida. És màster en Astronomia i Astrofísica i llicenciat en Ciències Químiques, en l'especialitat de Quàntica.

Sent la necessitat de compartir les meravelles del cosmos, i és conferenciant assidu, col·laborador habitual dels mitjans de comunicació i autor de diversos llibres de divulgació científica. A Cossetània Edicions ha publicat *100 qüestions sobre l'univers* (en català i castellà, quatre edicions), *Guia d'observació del cel per a nois i noies* (2019, dues edicions) i *100 històries de l'aventura espacial* (2020, dues edicions).

Se'l pot seguir a xarxes socials (@estelsiplanetes) i al seu web personal <http://joanantoncatala.com>.

Si imaginem que tota la història de l'univers és una setmana, els primers organismes vius no van aparèixer fins a les darreres 48 hores i l'*Homo sapiens* només hi ha viscut durant els últims nou segons. En aquest llibre, Joan Anton Català repassa la història de l'univers, la seva evolució i els fenòmens extraordinaris que han permès l'aparició i desenvolupament dels éssers vius.

Si el temps no avancés sempre cap endavant...

Si l'univers no progressés constantment cap al desordre...

Si la relació entre partícules i forces fos lleugerament diferent...

Si la distància entre la Terra i el Sol no fos l'adequada...

Si no hagués arribat aigua extraterrestre...

Si la Terra no hagués patit el xoc catastròfic pel qual es va crear la Lluna...

Si el carboni i l'atmosfera no reguessin la temperatura planetària...

Si els volcans no haguessin omplert l'atmosfera primitiva de metàl·lic...

Si el nostre planeta no tingués camp magnètic...

Si la superfície de la Terra no estigués fragmentada...

Si no s'haguessin produït extincions massives, com la dels dinosaures...

...els humans no existiríem.

Calia un científic de mirada àmplia com Joan Anton Català —amb aportacions de l'astrofísica, la química, la geologia i la biologia— per acompanyar-nos en el

meravellós procés, ple de casualitats, coincidències i fenòmens inesperats, que ha fet possible el descomunal esclat de la vida en el nostre planeta.

**UNA BREU I ATZAROSA
HISTÒRIA DE LA VIDA**

INSPIRA
88

© 2021 Joan Anton Català Amigó

© Matthew Hollinshead, per la imatge de portada

© 9 Grup Editorial, per l'edició

Angle Editorial

c. Mallorca, 314, 1r 2a B

08037 Barcelona

T. 93 363 08 23

www.angleeditorial.com

angle@angleeditorial.com

Disseny de cobertes: Nuria Zaragoza

Primera edició: novembre de 2021

ISBN: 978-84-19017-05-5

Producció de l'ePub: booqlab

No és permesa la reproducció total o parcial d'aquest llibre, ni la incorporació a un sistema informàtic, ni la transmissió en cap forma ni per cap mitjà, sigui electrònic, mecànic, per fotocòpia, per gravació o altres mètodes, sense el permís previ i per escrit dels titulars del copyright.

Joan Anton Català Amigó

UNA BREU I ATZAROSA HISTÒRIA DE LA VIDA

**Des del moment zero
fins al planeta que habitem avui**

TAULA

Introducció

UN UNIVERS PERFECTE

- 1. La fletxa del temps**
- 2. L'origen d'un univers perfecte**
- 3. Encarregant forces i partícules**
- 4. Pols d'estrelles**
- 5. No val en qualsevol indret. No val en qualsevol moment**

UN LLOC PER A LA VIDA

- 6. La batalla que va crear un planeta ideal**
- 7. El regal de l'aigua**
- 8. Benvinguda, Lluna!**
- 9. L'atmosfera que ens protegeix**
- 10. Un enorme imant per a la vida**
- 11. El terra que es mou sota els nostres peus**
- 12. La vida**
- 13. Beneïdes extincions massives!**

Epíleg. L'objectiu de la vida

Soc assegut, amb els ulls tancats, sobre un prat verd, que s'estén fins al bosc.

A la cara puc notar la suau escalfor del Sol mentre s'eleva lentament per sobre de l'horitzó. Puc notar la suau brisa del matí, una brisa fresca amb olor d'herba.

No hi veig, però me n'adono de tot. Els meus sentits estan desperts com mai abans.

Puc escoltar el pas de la vida al meu voltant, amb el brunzit de mil i un insectes, amb la remor dels arbres llunyans moguts pel vent. Puc escoltar el ritme pausat de la meva respiració i cada racó de la meva pell.

Noto, oloro i escolto. Estic en calma, en pau. En harmonia amb la natura que em rodeja.

Llavors penso en el meu pare, que se'n va anar jove. Ens veig dins la meva ment, agafats de la mà, movent-nos alegres pels carrers del barri antic de la ciutat un diumenge al matí. I amb el meu germà, que se'n va anar encara més jove. L'observo a prop meu, jugant tots dos sobre la catifa de l'habitació. També hi és la meva tieta fadrina, la meva segona mare, rentant un cap adolescent a la pica de la cuina, com va fer durant molts matins.

Cada segon que passo amb els ulls tancats sobre el prat recordo més familiars i amics, gent que ja no hi és i que m'han ajudat a ser. Com l'enyorat Sebas. Com els estimo!

Imatges del meu passat, dolces i melancòliques alhora.

Un instant després sento que no estic sol. No em cal obrir la mirada per notar una companyia que ho omple tot. Són els meus tres tresors. La meva dona, que m'acompanya en el viatge de la vida. Les meves dues filles, corrent pel prat. També hi és la meva mare, que ens observa satisfeta. Com les estimo!

Escolto com es van asseient, al meu voltant. I cada cop arriba més gent. Persones que sempre estan amb mi i que m'ajuden a ser. Com les estimo!

Quants errors que he comès. Si els pogués canviar, tan sols esmenar.

Quan obri els ulls... em recordaran? Vull que aquest moment no s'acabi. Encara hi ha tantes coses per fer. Tant per aprendre, i per donar i estimar.

Ho sap, això, el Sol, i congelarà el seu moviment sobre l'horitzó? Ho sap, el temps, i aturarà els segons i em permetrà un instant més? Si ho fan, els prometo que ho aprofitaré.

Quan finalment obri els ulls ja seré temps i Sol. Seré herba, i vent, i el brunzir de les fulles dels arbres i dels insectes. Estaré dins la ment dels meus estimats quan s'asseguin sobre el prat i tanquin els ulls per recordar imatges. I notaran com els escalfo suaument la cara, com els acarono la pell amb ràfegues d'olor fresca.

Sent record viuré per sempre, i fos de nou dins la natura viuré arreu.

El regal de la vida.

Sant Cugat, setembre de 2021

Introducció

El paisatge és desolador. Les muntanyes semblen brillar amb un color marró clar tacat amb grocs i ocres, els tons del sofre, de l'infern. Aquí i allà columnes de fum s'elevan cap al cel, brotant de grans esquerdes com cicatrius arran de terra. La vall que s'obre just al davant mostra la forma erosionada típica d'un antic corrent d'aigua, desaparegut en el passat.

Fa temps que aquell món ha perdut qualsevol rastre d'aigua sobre la superfície. La que tenia es va evaporar quan les temperatures es varen disparar, fins a arribar a més de dos-cents graus. L'atmosfera és pràcticament inexistent, i el fum dels volcans es difon i es perd cap a l'espai. L'aire, molt poc dens, està compost per diòxid de carboni i òxids de sofre.

No s'observa cap rastre de vida per enlloc, tot i que potser, només potser, podrien subsistir organismes bàsics sota la superfície. Bacteris extremòfils, capaços de sobreviure en condicions de pressió i temperatura impossibles. Protegits per centenars de metres de roques i sorra de la perillosa radiació que cau de l'espai.

L'estrella al voltant de la qual orbita el planeta és un astre vell i moribund. De color ataronjat, s'ha expandit enormement, i ocupa un volum cent cops superior al que tenia quan brillava amb la llum de la joventut, fa uns 4.000 milions d'anys. De forma periòdica pateix una mena d'espasmes i expulsa gran quantitat de material cap a l'espai.

Al planeta li queda poc temps de vida abans l'estrella no se l'acabi menjant. En a penes uns milions d'anys haurà desaparegut, i amb ell marxarà el darrer rastre de l'antiga civilització que el va habitar durant tan sols un instant de la seva història.

La galàxia sencera també ha envellit. Fa centenars de milions d'anys que no hi neixen noves estrelles, i les més grans i massives ja varen explotar en forma

de supernova. La població d'estrelles és ara dominada per astres petits i més aviat freds. Per nanes vermelles. També per nanes blanques, les restes calentes d'antigues estrelles similars al nostre Sol que es varen jubilar i ara es refreden lentament. I per forats negres i estrelles de neutrons, sorgits de les cendres de les explosions dels astres gegants.

La que un dia va ser una magnífica i bella galàxia de forma espiral s'ha convertit en una enorme bola amorfa des que va començar a fusionar-se amb una altra galàxia veïna. La gran ciutat de l'espai agonitza en un procés lent però inexorable, que la convertirà en un cementiri d'estrelles i de planetes orfes.

El relat anterior és tan sols una visualització imaginària de les quasi infinites que es poden fer sobre com serà el final de la Terra. A pesar que no podem estar segurs dels detalls, el planeta està condemnat. No és l'home qui l'ha condemnat, no. Que pretensiosos som! La Terra no ens necessita, ni com a salvadors ni com a botxins. Són processos naturals els que la varen formar i seran també processos naturals els que la faran desaparèixer.

Els humans, juntament amb milions d'espècies vives i extraordinàriament diverses, habitem ben bé dins una finestra temporal que té data de caducitat. Potser per això la natura s'hi va posar força aviat, treballant ràpid per regalar-nos aquesta oportunitat de ser.

L'univers es va formar fa 13.800 milions d'anys, i la nostra galàxia, uns 300 milions d'anys després. Dins d'aquesta, el Sol i els planetes del Sistema Solar apareixerien fa 4.600 milions d'anys. Les primeres generacions d'estrelles ja havien mort, enriquint l'espai d'elements químics fabricats al seu cor, i d'aquesta manera la Terra es va poder formar de material sòlid.

Les condicions del jove planeta van anar canviant ràpidament des del mateix instant del seu naixement, i molt poc després, potser en tan sols 500 milions d'anys, apareixien les primeres formes de vida, molt bàsiques. És més que probable que la natura hagués d'iterar, de provar diverses fórmules abans de trobar la que funcionava. Però en va trobar una que va funcionar, i de quina manera!

Primer molt lentament, al llarg d'un procés d'evolució que va durar centenars de milions d'anys en els quals semblava que aquella vida primitiva no hagués de derivar en res prometedor. Després un xic més ràpid, amb l'ajut de

les marees d'una Lluna regalada. Posteriorment el ritme de l'evolució va rebre empremtes d'esdeveniments catastròfics que se succeïen en el jove planeta i que extingien multitud d'espècies vives en benefici d'altres. I en les darreres desenes de milions d'anys, l'explosió de vida va ser espectacular, fins a culminar en el que som nosaltres.

Quantes coses han hagut de passar perquè avui siguem aquí! Innumerables successos, alguns dels quals altament improbables i apareguts per casualitat.

Les casualitats de la vida. Feia temps que aquest pensament, el que diu que l'aparició de la vida, especialment la complexa, és com jugar a la ruleta, em donava tómb pel cap. Hi havia pensat molt, i havia incorporat el concepte *casualitats* a les meves conferències divulgatives, intentant encomanar als altres la fascinació pel fet altament improbable de la vida.

I és que és difícil no sorprendre's davant l'increïble pla de la natura. Un univers perfecte per a la vida, creat amb extremada precisió des dels seus mateixos fonaments. I un planeta també perfecte, producte d'un munt d'esdeveniments que han convertit la Terra en un paradís i un oasi dins el Sistema Solar.

Em vaig proposar escriure aquest llibre amb l'objectiu de compartir la fortuna de la vida, de la nostra existència. Al llarg dels capítols anirem descobrint el delicat i precís camí que hem seguit per ser. Com un petit corrent d'aigua, que cau pendent avall i que va esquivant pedres i altres obstacles, dibuixant un recorregut humit sobre el terra per acabar alimentant una bonica flor que ha nascut entre els esbarzers. Per què el rierol ha triat aquest camí i no un altre? Podria haver rebotat contra aquella pedreta d'una manera diferent, o lliscat per aquell lleuger desnivell. Podria haver anat per la dreta del matoll, o aturar-se en el forat i evaporar-se completament. Qualsevol petit canvi en el recorregut de l'aigua hauria negat l'existència de la flor.

I malgrat tot, malgrat les eleccions fetes davant cada obstacle, cada barrera, cada dificultat, aquí tenim la flor. Aquí som nosaltres, perquè el camí que ha traçat la natura ha estat aquest i no un altre.

Abans no entrem de ple en els detalls del llibre, voldria deixar clara la meua posició sobre la possibilitat de vida en altres indrets del cosmos. Soc optimista de mena, i formo part del col·lectiu que creu que la vida no és propietat tan

sols de la Terra. I ho crec, i desitjo, simplement pel fet que si la natura ha marcat el camí, entre molts d'altres que haurien fet impossible la vida, i el resultat ha estat un planeta que bull amb milions d'organismes diversos, la feina ja està feta. Era improbable, la vida, però vet aquí que la natura ho ha aconseguit almenys un cop. Així, doncs, per què no, també, en altres llocs de l'univers?

A més, crec prudent recordar que la història ens ha donat contínues plantofades d'humilitat sempre que ens hem cregut especials i únics. Per què aquest immens univers ha de ser per a nosaltres sols? Per què hem de negar que en altres mons la natura hagi jugat el mateix joc de la vida, fins i tot perfeccionant-lo i millorant-la?

De fet, la vida simple podria ser ben abundant allà fora. Aquest és el pensament d'una part important de la comunitat científica, i no es pot descartar que la tinguem ben al costat, flotant als núvols de Venus, sota la sorra de Mart o dins el gel d'Europa, un dels satèl·lits de Júpiter. Certament, el descobriment d'organismes elementals, ni que fos en estat fòssil, donaria ales al raonament que defensa la ubiqüitat de la vida.

És veritat que una altra cosa és la vida evolucionada, el que denominem animals i plantes. El desenvolupament de la vida elemental fins a donar lloc a organismes complexos és com jugar en una altra lliga. En aquest cas les probabilitats són molt menors, ja que a qualsevol de nosaltres se'ns podrien acudir mil i una formes d'eliminar la vida senzilla molt abans no arribés a transformar-se en formes de vida més evolucionades. Així i tot, la presència de vida complexa allà fora tindria opcions, simplement per l'enorme quantitat de planetes que hi ha dins la nostra galàxia. I de galàxies en el nostre univers.

Per finalitzar aquesta introducció, no voldria defugir una qüestió que probablement tots ens haurem fet, més o menys intensament, en algun moment de la nostra vida. Estem davant el pla premeditat d'una entitat superior, que ha col·locat les coses en ordre i ha fet possible la nostra existència?

Evidentment, cadascú és molt lliure de pensar el que vulgui, només faltaria. Però en aquest punt vull deixar clara la meva posició personal. I crec convenient fer-ho perquè al llarg del llibre, igual que faig sovint en les meves xerrades, empro un estil comunicatiu en què li dono personalitat a la natura, i

parlo d'ella com si fos un ens que hagués realitzat el gran i magnífic disseny de l'univers que observem, i que a més va planificar el desenvolupament dels esdeveniments perquè avui fóssim aquí. M'agrada utilitzar aquesta retòrica perquè crec que és inspiradora i impactant. Però res més.

És molt complicat debatre les qüestions de fe amb ciència, i acostumo a evitar aquesta discussió perquè fe i ciència parlen idiomes diferents. Com deia anteriorment, que cadascú pensi el que cregui convenient. Però em permeto apuntar que, al llarg de la història de la humanitat, la creença en l'obra d'éssers superiors de vegades ha estat promoguda per fets inexplicables i extraordinaris, però que anys (o segles) després el desenvolupament científic ha aconseguit explicar de forma contundent. Així, per exemple, ens podem imaginar el que devia significar la contemplació d'un eclipsi solar en l'antiguitat. Encara avui en dia es tracta d'un dels espectacles de la natura més impactants i emocionants, tot i que sabem perfectament les causes que el provoquen.

En aquest sentit, penso que pot ser útil pensar en una possible solució a la sorprenent i aparentment inexplicable perfecció del nostre univers. Com és possible que s'hagi arribat a un disseny tan acurat per a la vida si, com anirem veient al llarg del llibre, petites variacions en molts paràmetres fonamentals de la natura haguessin donat lloc a un cosmos erm i estèril? Com pot ser que s'hagi desenvolupat una perfecta cadena d'esdeveniments casuals que són clau per a la nostra existència? Només hauria calgut eliminar un esglaó, un esdeveniment que no hagués succeït o que ho hagués fet de forma diferent, i no hi hauria vida.

Imaginem per un moment que poguessin existir altres universos, amb altres paràmetres fonamentals, altres lleis físiques, altres condicions. Amb quasi tota probabilitat, la majoria d'aquests altres universos no permetrien l'existència d'àtoms, o d'estrelles, o de planetes, o de vida. Si el nombre d'universos fos molt gran, potser en un d'ells l'atzar hauria llançat els daus i hauria guanyat el premi. Com més universos, doncs, més senzill seria acceptar, si més no des d'un punt de vista probabilístic, que almenys en un les condicions són les perfectes per a la vida.

És natural que la possibilitat que hi hagi un nombre (quasi) infinit d'universos faci arronsar les celles al lector, però no pel fet de ser una hipòtesi

extraordinària ha de ser impossible. Els multiversos podrien existir. Fa a penes un xic més d'un segle pensàvem que l'univers era etern i que mai no havia nascut. També estàvem convençuts que la nostra galàxia, la Via Làctia, era tot l'univers. A finals del segle XX, per tant fa molt poc, hem descobert amb enorme sorpresa que el cosmos s'estira de forma accelerada. I no tan sols l'astronomia. Agafem qualsevol altre àmbit de la ciència o de la tecnologia i imaginem què pensaria una persona rescatada del passat recent, ni que fos provinent d'unes poques desenes d'anys, i transportada a l'actualitat.

No estic defensant els multiversos, simplement intento posar sobre la taula una possibilitat excitant, per més que confusa per a la nostra limitada ment, que podria relaxar el fet improbable de la vida. I com aquesta, n'hi poden haver d'altres. M'agrada pensar que si poguéssim contemplar l'univers des de fora (si és que hi ha un fora), en aquell moment ho entendríem tot. Per exemple, no sabem, no podem, imaginar un univers sense espai ni temps. I malgrat la nostra incapacitat, creiem que el Big Bang, el moment zero del nostre cosmos, va ser el punt en què es van crear aquestes entitats, l'espai i el temps. Ho comparo al problema que tindríem si un ésser quadridimensional ens intentés explicar com és i funciona la seva quarta dimensió espacial, per ell tan fàcil i quotidiana. Impossible, per a nosaltres, visualitzar-la. I espero que el lector coincideixi amb mi que aquesta limitació, merament atribuïble als humans, no eliminaria pas la possibilitat que existeixin altres dimensions.

A pesar de la nostra humilitat, afortunadament ens fem preguntes. Volem saber, i explorem, i aprenem. És l'avenç de la ciència el que ens ha portat a ser conscients justament de la nostra humilitat, del nostre lloc irrellevant a l'univers. També ens ha dut a disposar d'electricitat, de vacunes, de potents comunicacions, i d'un munt d'altres coses que conjuntament conformen el que anomenem benestar i progrés.

Estem sols a l'univers?

Potser estem a punt de contestar aquesta qüestió. En qualsevol moment podríem captar un senyal provinent de l'espai que, de forma irrefutable, ens

parlés sobre alguna altra civilització. I aquell dia canviaran moltes coses, ja que la detecció representarà una veritable revolució en tots els aspectes. Em pregunto si estem preparats, però, per a tot el que significarà el descobriment.

En qualsevol cas, mentre esperem seguirem explorant Mart, dissenyant les futures missions als principals satèl·lits de Júpiter i de Saturn, i escombrant amb els nostres radiotelescopis les insondables profunditats de l'univers a la recerca d'intel·ligència.

I continuarem fascinant-nos pel magnífic experiment que és la vida, del qual tots nosaltres formem part.

UN UNIVERS PERFECTE

Si tinguéssim a les mans la possibilitat de crear un univers sencer des de zero, ens veuríem obligats a decidir sobre multitud de paràmetres que acabarien fixant no tan sols com naixeria el cosmos sinó també com seria la seva evolució posterior.

Com que aquesta tasca d'elecció segurament ens resultaria molt complicada, contractaríem el típic consultor especialista en creació d'universos, perquè ens anés guiant en el procés. I, com acostumen a fer els consultors, ho faria a través de preguntes.

Si haguéssim tingut mal ull triant el consultor, ens trobaríem dins un avorrit i tediós procés amb multitud de qüestions clàssiques sobre les quals s'acostuma a decidir quan es construeix alguna cosa. «El vol molt gran, l'univers?», «Vol que visqui per sempre, o que tingui un final?», «Desitja que s'hi puguin formar partícules, en aquest univers?», «I de forces fonamentals, quantes en voldria?».

Perquè, d'universos, en podríem crear multitud. Cadascun d'ells amb grans o petites variants de disseny, que acabarien donant lloc a cosmos amb evolucions completament diferents.

Però si el consultor fos experimentat de debò, potser la primera pregunta que ens faria no seria sobre les dimensions que volem, l'estructura, la durada o el color. Amb una pregunta de l'estil «Hi vol vida, en aquest univers?» l'especialista en tindria prou per decidir, de forma automàtica, un munt de paràmetres que, de manera obligada, haurien de formar part del producte que desitja el seu client.

Perquè sense ni necessitat d'entrar a definir encara quin model de vida volem, és a dir, quines formes vives ens agradaria que poblessin el nostre cosmos, ja quedarien decidides coses com ara que l'univers ha de poder perdurar força temps en una situació estable. Que ha de permetre la creació de partícules que facin de maons per construir éssers vius. Que han d'existir forces que obliguin els maons a combinar-se i que les estructures resultants puguin existir durant molt de temps. Que en alguns llocs d'aquest univers s'hauran de

poder formar objectes que actuïn com a llocs, superfícies, on aparegui la llavor de la vida. I que s'hauran de preveure fonts d'energia que alimentin aquesta vida.

Si seguim amb el joc, en algun moment el consultor ens obligarà a entrar més en detall sobre el tipus de vida que hi volem. Ens conformarem amb organismes senzills?

En el cas que responguéssim que ens agradaria que la vida pogués evolucionar fins a formes complexes també quedarien determinats molts altres factors, la majoria dels quals serien de caràcter local, referits als indrets concrets on aquesta evolució hauria de ser possible.

I és que no qualsevol lloc serviria. Hauria de presentar unes condicions estables durant força temps, ja que el consultor sap que la feina evolutiva necessita anar a poc a poc. Per tant, en aquesta línia, s'haurien d'assegurar sistemes de protecció que d'alguna manera blindessin alguns dels mons de la major part dels efectes perjudicials que, de ben segur, un univers tan complex com el que dissenyaríem comportaria. També s'haurien de crear fonts d'energia, que, en definitiva, és l'aliment que necessita l'evolució. Ah! I necessitaríem processos químics complexos, fonamentals per al funcionament del metabolisme, la qual cosa, al seu torn, faria que haguéssim de crear substàncies prou abundants, estables i flexibles perquè la vida hi pogués jugar.

Ja deixant a banda el joc del consultor, el cert és que l'afirmació que diu que tot en el nostre univers sembla dissenyat a la perfecció perquè nosaltres puguem existir no és, en absolut, exagerada. Els paràmetres inicials del cosmos han estat triats amb exquisida delicadesa.

Podria haver estat de moltes maneres. Hi ha multitud d'universos possibles, infinits, amb paràmetres lleugerament diferents uns dels altres. Però el mateix fet que estiguem aquí ens demostra que aquest, el nostre univers, gaudeix de les característiques perfectes per a nosaltres, ja que n'hi ha infinits més en els quals no hi podríem ser.

Aquesta primera part del llibre està dedicada a revisar aquests paràmetres bàsics de la natura, el que vindrien a ser les regles del joc que es desenvoluparia a continuació, durant els 13.800 milions d'anys que van seguir el Big Bang, el moment del naixement del cosmos.

La millor forma d'entendre a què ens referim quan parlem dels fonaments d'un univers perfecte és pensar que tot el que veiem, el que ens rodeja, el que ens dona cos, està format per àtoms. Amb àtoms la natura fabrica galàxies i estrelles, planetes, roques, arbres, papallones i persones. Doncs bé, la mateixa existència dels àtoms tan sols és possible si l'univers obeeix unes regles determinades que fan, per exemple, que els electrons, protons i neutrons (components dels àtoms) tinguin les propietats justes. Si la natura hagués creat un electró més pesat, un protó amb una càrrega elèctrica diferent, o un neutró amb menys massa els àtoms no serien estables. I sense maons el resultat seria un cosmos privat de qualsevol possible construcció.

L'existència dels àtoms no depèn tan sols de les propietats de les partícules subatòmiques que els formen. També hi tenen un paper determinant les forces de la natura, ja que és gràcies a la seva acció que les partícules es poden mantenir unides i fer que els àtoms siguin estables en el nostre univers. En altres configuracions del cosmos, on les intensitats entre les forces que actuen fossin diferents, res vetllaria perquè les partícules preferissin viure combinades i no lliures, sense cap esma per formar res. Com veurem, l'equilibri entre forces i partícules és delicadíssim i molt reeixit en el nostre univers.

Rebobinant en el temps arribaríem a l'extraordinari esdeveniment que va marcar el naixement del nostre univers, el Big Bang. Va ser en aquell primer sospir del cosmos que van quedar definides les propietats de les forces i partícules que comentàvem anteriorment, i també va ser el moment en què la nostra fortuna va començar.

Els primers àtoms, fabricats en aquell Big Bang, formarien, uns centenars de milions d'anys més tard, unes gegantines esferes calentes que anomenem estrelles. Aquests astres, els sols, són les veritables fàbriques de la natura, i dins seu, a milions de graus de temperatura, es forgen els elements químics necessaris per formar planetes rocosos, com el nostre, i tot el que contenen, inclosos a nosaltres. Sense estrelles que visquessin i morissin, alliberant tot el material cuinat al seu interior, l'univers seria un avorrit lloc format per tan sols un parell d'elements químics amb els quals a penes es pot construir res, i per descomptat res tan complex com una cèl·lula viva.

Finalment, uns 10.000 milions d'anys després del Big Bang, els plans de la natura culminarien amb l'aparició de la vida en un racó perdut d'un univers que és immens i insondable.

El primer capítol, però, no està dedicat a l'univers, ni a les partícules i forces, ni tan sols a les estrelles. Perquè hi ha un convidat, potser inesperat per molts simplement perquè a penes li prestem cap atenció i el donem per fet: el temps.

Un temps que permet el flux dels esdeveniments com si fos el corrent d'un riu, que els ordena un rere l'altre, i que no permet rebobinar i convertir la natura en un caos en el qual no puguin progressar els processos físics i químics, sense els quals no hi hauria res.

Sorprenentment, no sembla haver-hi (quasi) cap impediment que obligui el temps a funcionar com ho fa, convertint instants de futur en passat. I si no fos així? I si el temps es comportés de forma aleatòria i impredecible? En la nostra vida quotidiana, i també en tot el que ens envolta, les causes precedeixen els efectes. El foc és la conseqüència d'haver encès abans un llumí, i no pas al contrari. Avui som vius perquè fa temps vàrem néixer. I tot i que pugui ser un interessant argument per a una pel·lícula de ciència-ficció, en un univers en què el temps no fluís ordenadament i sempre cap endavant no hi hauria cap procés que pogués progressar, i molt menys la vida.

En aquesta primera part del llibre jugarem al tot o res. I és que no s'hi val a badar, i, tal com anirem veient, petits canvis en la configuració dels fonaments de l'univers haurien conduït a un cosmos solitari, buit de qualsevol forma de vida possible, per simple que volguéssim que fos.

La fletxa del temps

Fa un cert temps que vaig escriure el text que ara llegeixes.

Que òbvia que ens sembla aquesta afirmació! I és justament al darrere d'aquesta aparent obvietat on s'amaga un dels més grans misteris de la natura: el temps.

Són nombrosíssims els pensadors que, al llarg de la història, han reflexionat sobre aquesta qüestió. I quan un parla del concepte de temps, sembla quasi obligat referir-se a la frase potser més famosa atribuïda a un d'aquests pensadors, sant Agustí d'Hipona, que encapçala una bona part dels llibres i articles científics dedicats a l'estudi del temps: «Què és, doncs, el temps? Si ningú m'ho pregunta, ho sé, però si vull explicar-ho a qui m'ho pregunta, no ho sé.»

És increïble que un concepte tan quotidià, tan innocent com el temps hagi ocupat durant segles les ments dels més brillants filòsofs i científics. I tot i l'esforç invertit, encara avui en dia som incapaços de contestar algunes preguntes bàsiques i fonamentals sobre la naturalesa d'allò que anomenem temps.

En un llibre dedicat a meravellar-nos sobre la nostra existència, sobre algunes de les moltes molèsties que la natura s'ha pres per configurar un univers tolerant a la vida (almenys en un petit i humil racó de l'espai), és normal que sigui precisament el temps el primer element al qual li dediquem atenció. Perquè ell ens ordenarà cronològicament els esdeveniments, començant pel mateix Big Bang i arribant fins a l'aparició de la vida al nostre planeta. En definitiva, el temps és el que ha determinat l'índex del llibre que ara tens entre mans.

Ja t'avanço, benvolgut lector, que a continuació descobrirem ni més ni menys que la primera de les molèsties a què ens referíem. Sense *aquest* temps,

sense el seu capriciós funcionament, no existiríem.

El pont fantasma entre el passat i el futur

Tots tenim clar què és el passat. És el conjunt d'esdeveniments, d'experiències, d'històries, que queden al darrere del moment actual. És la certesa, tot allò que ja ha succeït. Podem parlar del passat recordant-lo, enyorant-lo. Ens podem fins i tot penedir de fets relatius al passat. Però el que no podem fer és canviar-lo.

Per altra banda, per nosaltres el futur representa el desconegut, el que ha de venir, la incertesa. Tot allò que ens espera un instant més enllà del moment actual. El futur és, per definició, impredecible i alhora modelable, dues qualitats totalment inaplicables al passat. El que fem avui tindrà influència en el que passarà demà, però mai en el que va succeir ahir. El passat està escrit, però el futur espera a ser relatat.

La senzilla reflexió que acabem de fer ens posa sobre la taula una profunda asimetria. Que diferent que és el passat del futur! I quin és el punt de tall? Quin és el moment tan especial que fa que un nanosegon abans fos el passat invariable, i que el mateix nanosegon més endavant correspongui al futur desconegut? Aquest moment tan especial és el que anomenem ara.

I aquí és on comencen alguns dels problemes que fan trontollar el nostre enteniment del temps. Perquè un hauria d'esperar, d'un punt tan rellevant i màgic com l'ara, que fa que passat i futur siguin tan extraordinàriament diferents entre ells, que representés una entitat clara i diàfana. Que l'ara no estigués envoltat de dubte. Però la realitat és que sí que ho està, i molt.

Per començar, el meu ara resulta diferent del d'un company que, per exemple, hagi viatjat a un dels planetes habitables de l'estrella Vega.¹

Vega es troba aproximadament a vint-i-cinc anys llum de distància. Això vol dir que la llum, en qualsevol de les seves formes (llum visible, infraroja, ultraviolada, rajos X, rajos gamma, microones, ones de ràdio) triga vint-i-cinc anys a arribar-nos des d'aquell món tan llunyà.

La llum és el missatger universal. És el que ens porta la informació del cosmos. La llum que miraven, amb els ulls plens d'emoció i alhora temor, els nostres avantpassats. La mateixa que capten els nostres moderns instruments i que ens permet estudiar com són i funcionen les estrelles, com neixen els planetes, o com s'està expandint l'univers.

Des que Einstein va formular la relativitat especial, sabem que res no pot viatjar més ràpid que la llum en el buit.² Per tant, qualsevol intent de preguntar-se què deu estar fent ara el nostre company en un dels planetes de Vega no té gaire sentit. Exactament, a quin *ara* ens referim?

A quin ara ens referim?

Si poguéssim observar el nostre amic amb un potentíssim telescopi, en el moment en què ens saludés amb la mà en realitat estariem veient un fet que va passar fa vint-i-cinc anys. És aquest, l'ara a què ens volíem referir? El que ell va fer fa vint-i-cinc anys?

Si ens tempta contestar que realment l'ara a què ens referim és el que correspondria a un moment d'aquí a vint-i-cinc anys, en un intent per compensar el decalatge temporal comentat anteriorment, ens podem trobar amb grans contradiccions.

Des de la formulació de la relativitat especial sabem, i quan dic que sabem és perquè ho hem pogut experimentar amb partícules dins els nostres acceleradors, que la velocitat relativa entre dos observadors afecta la manera com els seus respectius rellotges llegeixen el temps. O, en altres paraules, que la vida transcorre a un ritme diferent per als dos observadors (aquesta darrera afirmació és molt més aclaridora que la primera, tot i que alhora és enigmàtica, ja que evita pensar que el problema resideix en els mecanismes dels rellotges).

Amb la relativitat especial sota el braç, avaluem de nou la proposta anterior, la que deia que l'ara que emprarem per al cas de l'amic que és en un dels planetes de Vega serà el que igualarà el nostre ara i el seu «d'aquí a vint-i-cinc anys». I llavors caiem en el compte que, en aquests vint-i-cinc anys de marge, el viatger podria haver decidit, avorrit per aquell solitari món, retornar a la Terra,

amb el resultat, increïble però cert, que mentre es mogué cap a nosaltres els rellotges s'anirien desquadrant, el seu avançant més lentament que el nostre. Finalment ho podríem confirmar un cop ens retrobéssim, quan el rebéssim amb un fraternal i mai més ben dit «Que bé que et veig! Per a tu sí que no passen els anys». I és que, literalment, nosaltres hauríem envellit més ràpid que ell.³

Tot de sobte, l'ara que dèiem s'hauria convertit en el nostre futur, un fet totalment contradictori.

La conclusió és que l'ara és un concepte purament local.

Infinits ares

Com que la velocitat de la llum és immensa, a efectes de la nostra humil vida quotidiana tot això que acabem de veure no té cap mena d'importància, i fent una molt bona aproximació podem suposar que som capaços d'arribar a un acord sobre l'ara amb qualsevol altre habitant del planeta. No en va, en un sol segon la llum és capaç de fer set voltes senceres al planeta, de manera que en una videoconferència, o en una trucada telefònica amb qualsevol habitant terrestre, tots dos podem convenir que ens estem veient, o parlant, en el mateix moment. Acordarem que els nostres respectius ares coincideixen en un de sol.

Però a mesura que agafem perspectiva més enllà de la Terra, aquesta indeterminació del concepte «ara» es fa més evident.

La qüestió encara es posa més interessant degut, novament, al geni d'Einstein. Perquè la seva relativitat, aquest cop la general, ens explica que el temps no sols es veu afectat per la velocitat relativa entre dos observadors, sinó també per la gravetat. I aquest és el KO tècnic que tomba qualsevol definició d'ara que no sigui local. Simplement perquè la gravetat és justament un concepte local. La intensitat de la gravetat és diferent al nivell del mar que al tercer pis de l'edifici del costat. O en un avió a tres mil metres d'altura. O a la Lluna. I la diferència encara és més exagerada entre la que notem a la Terra i a la vora d'un forat negre.

De nou, nosaltres, habitants de la Terra, hem pogut arribar a un acord sobre el temps passant per alt tots aquests efectes, ja que són diminuts i irrelevants a escala planetària. Malgrat això, és interessant notar que algunes de les aplicacions més trivials que fem cada dia, com per exemple les basades en la tecnologia GPS, necessiten entendre, i compensar, la diferència que presenta el pas del temps entre nosaltres i els satèl·lits que orbiten a vint mil quilòmetres d'altitud. Sense aquesta correcció, els GPS serien incapaços de guiar-nos enlloc.⁴

El problema al qual ens enfrontem és important. Acabem de deduir que el moment actual, l'ara, és un concepte local, i que no té gaire sentit preguntar per altres ares que no siguin els nostres propis, aquí a la Terra. Però havíem vist que l'ara és el punt màgic que ens separa el passat del futur. Si es difumina la idea d'un ara universal, si s'esborra aquest punt de referència tan extraordinari, també s'esvaeix qualsevol intent de fixar fronteres entre el passat i el futur que siguin vàlides per a tothom.

Haig de confessar que tot això em resulta confús i inquietant, com segurament et resulta a tu mentre llegeixes aquestes línies. Potser per aquest motiu vivim d'esquena a aquestes reflexions, probablement per no tornar-nos bojos. I dissimulem, com qui no vol la cosa, pensant que aquests fets tan estranys relatius al temps no tenen gaire relació amb nosaltres.

Però per molt que dissimulem, no podem passar de puntetes per sobre del que, sens dubte, és el gran misteri del temps. Sí, perquè el que acabem de veure no és més que la punta d'un iceberg molt més gros.

Llavors... què és el temps?

Encara impactats després de descobrir com d'eteri és l'ara i alhora que extraordinàriament diferents són passat i futur, ja no podem defugir durant més estona la pregunta que intentava conwtestar sant Agustí.

Parlant del temps, segur que trobarem mil i una definicions, totes certes però a la vegada incompletes o no del tot satisfactòries. No és increïble? Maneguem constantment el temps, l'utilitzem a cada instant (fixa-t'hi!, acabo

d'emprar un terme relatiu al temps!), i no sabem definir-lo d'una forma única i clara.

De vegades, els científics (i també els filòsofs!) recorrem al vell truc de generar magnífiques frases, postulats o fórmules que ens fan quedar a tots com a reis si ens les aprenem de memòria, però que en realitat amaguen un rerefons complexíssim.

Així doncs, per no donar-hi més tómb, i si sant Agustí ens ho permet, podem triar dues «simples» definicions que qualsevol pot trobar en la literatura existent que abordi la qüestió del temps.

La primera és dir que el temps és una coordenada, una entitat a la qual podem atorgar un valor que ens permet situar un fet concret. Igual com tenim tres coordenades espacials amb les quals podem localitzar un objecte, hi podem afegir una quarta coordenada, aquest cop temporal, amb la qual eliminem el dubte de si l'objecte en qüestió el trobarem avui, a les seves coordenades espacials, o si hi era ahir. Aquest plantejament quadridimensional és, de fet, el que s'empra habitualment en el marc de la relativitat i també de la cosmologia.

La segona definició diu que el temps és un regle de mesurar, i que l'utilitzem per calcular les durades de les coses, és a dir l'interval (de temps!) que separa dos esdeveniments. Així, per exemple, diem que la funció de teatre ha durat dues hores, o que l'edat del nostre univers és de 13.800 milions d'anys.

Que senzill, oi? Però només cal reflexionar una mica per adonar-se que no hem definit pas el temps. Simplement hem parlat de la seva utilitat. De com els humans hem après a fer ús pràctic d'una misteriosa entitat amb l'objectiu d'entendre'ns, quedar amb la parella en un lloc i moment determinat, o saber quan sortirem de la feina.

Hi ha una tercera definició possible del temps, molt més profunda, que és incapaç de fer el que els científics (i de vegades els filòsofs) volíem fer, que és amagar la complexitat. Aquesta tercera manera d'entendre el temps ens diu que és el riu que ens transporta des del passat al futur. És el flux continu de les coses i dels fets.

Un flux unidireccional

Només coneixem un camí entre el passat i el futur. Entre l'ahir i el demà. Aquest camí és el temps, o, més ben dit, el pas del temps. A cada granet que cau dins el nostre rellotge de sorra, el futur es converteix en passat. Aquesta transició, que transforma desconeguts instants de futur en fragments inqüestionables de passat, és el que anomenem la fletxa del temps.

La fletxa del temps avança irremeiablement. No la podem aturar. Els dies passen, un rere l'altre, i envellim. Encara no s'ha observat mai el fenomen contrari, que el temps passi cap enrere, un procés espontani de rejuveniment que ens retorni a la infantesa, al mateix moment del naixement i més enrere encara.

Per què? Per què l'únic camí que constatem és cap endavant? Sembla una pregunta ben innocent, però no ho és gens.

La *causalitat* és la base del funcionament del nostre univers, de la nostra vida. La causalitat ve a dir que els efectes que veiem ara han tingut una causa abans. Trobem els vidres trencats a terra perquè el got ha caigut, ja que anteriorment era sobre la taula. Les restes d'un castell de sorra a la platja ens parlen d'una construcció que existia sencera però que ha sigut colpejada per les ones. Morim perquè abans hem nascut. La causalitat ordena els esdeveniments en el passat, i fins i tot permet fer prediccions més o menys probables sobre el futur.

Entre molts altres processos químics, tots aquells que componen la vida requereixen la causalitat: des de les reaccions que generen l'energia necessària per al funcionament dels nostres òrgans, fins a les que alliberen hormones, envien impulsos elèctrics o canvien les concentracions d'ions i ens fan pensar, recordar, moure'ns, riure o estimar.

Sense una fletxa del temps que sempre avancés, no tindríem causalitat. Els vidres de terra podrien aixecar-se i refer espontàniament un got. Els grans de sorra de la platja s'ordenarien màgicament per regalar-nos un castell. I moriríem sense haver nascut. La fletxa del temps és, per tant, una condició indispensable per a la vida.