

INSTITUT SUPERIOR DE CIÈNCIES RELIGIOSES
SANT FRUCTUÓS
ARQUEBISBAT DE TARRAGONA

CIÈNCIA I CREACIÓ

Francesc Xavier Rius Ferrús
Doctor en Ciències Químiques

Lliçó inaugural

CURS
2025/2026

INSTITUT SUPERIOR DE CIÈNCIES RELIGIOSES
SANT FRUCTUÓS
ARQUEBISBAT DE TARRAGONA

CIÈNCIA I CREACIÓ

Francesc Xavier Rius Ferrús
Doctor en Ciències Químiques

Lliçó inaugural

CURS
2025/2026

Edita:

Institut Superior de Ciències Religioses Sant Fructuós
Arquebisbat de Tarragona

Impressió:

Impremta Torrell, SAU

Dipòsit legal:

T-1001-2025

SUMARI

TAULA DE CONTINGUT

1. ELS ORÍGENS DE LA CREACIÓ
2. EVOLUCIÓ DE LA MATÈRIA A PARTIR DEL BIG-BANG
3. INTERACCIONS FONAMENTALS EN LA NATURA
4. UN UNIVERS EN EXPANSIÓ
5. EL TRÀNSIT DELS ELEMENTS FINS A COMPOSTOS QUÍMICS
6. L'EVOLUCIÓ CAP A MOLÈCULES ORGÀNIQUES
7. DE MOLÈCULES COMPLEXES A LA VIDA
8. L'EVOLUCIÓ FINS A L'ESPÈCIE HUMANA
9. EL PRINCIPI ANTRÒPIC
10. HI HA VIDA MÉS ENLLÀ DE LA TERRA?
11. EL DESTÍ FINAL DE LA TERRA
12. EPÍLEG
13. BIBLIOGRAFIA
14. FIGURES

En aquesta lliçó, basada en alguns dels continguts del curs optatiu que he impartit sobre «Fe i Ciència» en aquest Institut durant diversos anys, presentaré alguns dels coneixements científics que tenim actualment sobre l'Univers i els compararé amb el que diu la Bíblia. Parlaré, doncs, sobre conceptes cosmològics, químics, físics o biològics necessaris per explicar la naturalesa del nostre món i la seva evolució. Intentaré exposar el que diu la ciència sobre certs aspectes que són fronterers amb el camp de la fe.

Estic convençut que, la gran majoria dels que llegim aquesta lliçó, sabem que la Bíblia és una font fonamental de la nostra fe, però no és un llibre d'història ni un llibre científic. Tot i així, aquest no és el panorama mundial; diuen les estadístiques que, per exemple, als Estats Units hi ha un 60 % de persones que creuen en la existència real de l'arca de Noé o un 64 % que creu que Déu dividí el mar per a Moisés i els israelites que fugien d'Egipte. Entre els evangèlics hi ha un fonamentalisme religiós molt elevat.

La ciència intenta descriure i explicar objectivament el món natural. Explicar els fets que observem aplicant el mètode científic, és a dir, a través d'hipòtesis que resulten sovint d'una observació inicial i que, a través de l'experimentació, es converteixen en tesis. Tot el procés ha de ser repetible i, si la tesi és correcta, els resultats han de poder reproduir-se en condicions experimentals similars. Quan l'explicació d'un aspecte concret de l'Univers natural ha estat corroborat repetidament en condicions prou diferents i per diversos equips d'experimentadors, llavors es converteix en teoria científica. En el moment que les prediccions d'aquesta teoria resulten inexactes o errònies, cal canviar la teoria per una de nova que sigui més acurada.

Així doncs, la frase atribuïda a Jorge Wagensberg «la veritat en ciència té data de caducitat» és ben certa. És a dir, l'estudi aprofundit de la realitat fa canviar la veritat científica que hi havia fins aquell moment. Això ha passat, per exemple, amb el concepte d'espai i temps com a termes independents en la mecànica clàssica contraposats a la llei de la relativitat d'Einstein, o en el concepte limitat de l'extensió de l'Univers que es tenia fins als anys 20 del segle passat o en tants altres exemples. Per a la ciència, canviar de veritat és

una aportació positiva i no representa cap tipus de descrèdit, ben al contrari del que pot passar en altres rames del coneixement.

La Teologia, com a disciplina que pressuposa la fe, opera en un camp igualment important, però absolutament diferent, el de les necessitats espirituals i existencials. Aprofundint en l'estudi, debat i reflexió sobre Déu, s'estén sobre els fins, els significats i els valors humans, temes que el domini objectiu de la ciència podria contemplar, però difícilment resoldre. No és una ciència, ja que el seu enfocament i les seves aproximacions no són empírics ni verificables, però sí que és una manera de saber organitzat, que reflexiona i interpreta, entre altres fonts, els textos sagrats.

S'ha escrit molt sobre la relació entre fe i ciència —fixem-nos que la paraula *creació* emprada al títol ja és un acte de fe—. Cal observar, però, que les aportacions de la bibliografia tracten aquesta connexió més en termes de conflicte que no pas de relació fructífera entre ambdós camps.^{1,2,3}

El gran xoc que va representar el judici i la sentència a Galileo Galilei al 1632 (Fig. 1) es presenta com a paradigma de l'actitud de l'Església durant molts anys quan un descobriment científic anava en contra del que deien les Sagrades Escripures.⁴ Galileu, que a la fi fou condemnat a un arrest domiciliari daurat a Arcetri, en una finca als afores de Florència (Fig. 2), no va ser l'únic. Pensem, per exemple, en el dominic Giordano Bruno, astrònom, filòsof i teòleg, que ho va tenir pitjor, ja que va ser cremat viu a la foguera per heretge, igual que els nostres tres màrtirs. I més recentment, si volen, el conflicte del Vaticà amb Teilhard de Chardin. El Papa Joan Pau II, que va fer molt per al diàleg fe-ciència, va treballar per revertir les conseqüències dels fets del passat. El 31 d'octubre de 1992, a la Pontifícia Acadèmia de les Ciències, rehabilità Galileu:

Desitjo que teòlegs, savis i historiadors, animats d'esperit de col·laboració sincera, examinin a fons el cas de Galileu i, reconeixent lleialment els desencerts vinguin de la part que vinguessin, facin desaparèixer els recels que aquell assumpte encara suscita en molts esperits contra la concòrdia profitosa entre ciència i fe, entre

¹ M. HELLER, *Creative tension. Essays on science and religion*, West Conshohocken, PA: Templeton Foundation Press 2003, 183.

² M. ARTIGAS, *Ciencia, razón y fe*. Barañáin: Eunsa 2011, 200.

³ CENTRO DE CIENCIA Y FE, *Documentos Faraday* [en línia], <https://www.cienciayfe.es/es/documentos_faraday>, [Consulta: 9 març 2025].

⁴ M. CAMPUZANO, *Galileo Galilei Ciencia Contra Dogma*, Madrid: Visión Libros 2007. 252.

Església i món. Dono tot el meu suport a aquesta tasca, que podrà fer honor a la veritat de la fe i de la ciència i obrir la porta a futures col·laboracions.

Joan Pau II també va expressar que hi havia hagut errors en la condemna a Giordano Bruno.

Un dels corrents de pensament actuals diu que hem de superar el teisme, que la creença en les divinitats o en un Déu és una construcció cultural que té com a màxim 4.500 anys i que és hora de revisar-ho.⁵ Un dels pilars d'aquesta hipòtesi és el fet que avui en dia la ciència substitueix amb els seus progressos les grans preguntes religioses. Si bé és cert que en moltes ocasions ha semblat que els avenços científics podrien fer tremolar les nostres creences, ara sabem que la ciència i la fe tracten temes diferents i complementaris entre si.

⁵J.M. VIGIL, *Sin Teísmo. Una nueva manera de representar la Realidad* [en línia], <https://www.atrio.org/wp-content/uploads/VigilSIN_TEISMO.pdf> [Consulta: 25 febrer 2025].

1. ELS ORÍGENS DE LA CREACIÓ

Què ens diu la Bíblia sobre els orígens de la creació? Tots coneixem els primers versicles del Gènesi (Gn 1).⁶ A la següent figura hem volgut mostrar el sisè dia de la creació amb el paradís terrenal (Fig. 3).

El Gènesi està escrit en un gènere literari que ens diu que Déu creà l'espai i el temps que conformen la nostra realitat, el cel, la terra, tot el que contenen, els dies i les nits... Però no ho podem prendre literalment, ni pensant, com algú ha intentat, que cada dia puguin ser períodes de temps molt més llargs. Fins i tot hi ha certes incoherències, fruit dels mites d'origen i de les tradicions llegendàries anteriors del poble jueu. Per exemple, es crea la llum el primer dia però el Sol i les estrelles no apareixen fins al quart dia.

Què ens diu la ciència? Tots coneixem Albert Einstein a la dreta de la imatge (Fig. 4), el qual aquí està acompanyat pel premi Nobel Robert Millikan i també per un jove sacerdot belga superdotat, astrofísic i matemàtic, que havia passat per Cambridge i Massachussets —als Estats Units— i ensenyava a la Universitat de Lovaina: en Georges Lemaître.

Lemaître va resoldre les equacions de la relativitat general d'Einstein en el camp de la cosmologia i al 1927 va proposar que, segons una de les solucions, l'Univers s'estava expandint.⁷ Allò concordava amb els resultats de les observacions experimentals espectroscòpiques de l'Univers.⁸ Seguint aquest

⁶La creació. Déu digué:

- Que existeixi la llum. I fou el primer dia.
- Déu donà a la volta del firmament el nom de cel. I fou el segon dia.
- Que apareguin els continents. ... I fou el tercer dia.
- Que hi hagi a la volta del cel uns llumeners ... I fou el quart dia.
- Que les aigües produeixin éssers vius ... I fou el cinquè dia.
- Que la terra produeixi éssers vius de tota mena: animals feréstecs i domèstics. Déu creà l'home i la dona. I fou el sisè dia.

⁷G. LEMAÎTRE, «Un Univers homogène de masse constante et de rayon croissant rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extra-galactiques», *Annales de la Société Scientifique de Bruxelles* 47 (1927) 49-59.

⁸L'espectroscòpia és la branca de la ciència que estudia la radiació electromagnètica, (la llum visible és una radiació electromagnètica, com ho són els raigs ultraviolats o els infrarojos), que rebem a través dels telescopis. Com sabem, en veure l'arc de Sant Martí, per exemple, la llum del Sol i les estrelles es pot descompondre en els seus constituents fonamentals (radiacions de diferents longituds d'ona). L'anàlisi d'aquestes radiacions fonamentals dona molta informació sobre la composició química del cos d'on prové la radiació, del seu moviment, etc.

raonament però anant cap endarrere, el 1931, va proposar la idea que l'Univers es va originar en una explosió d'un «àtom primigeni» o «ou còsmic». El que coneixem tots ara com el big-bang. (Fig. 5)

Entrem, doncs, en el camp de la cosmologia física.⁹ Segons el model estàndard de l'Univers¹⁰ acceptat avui en dia, l'Univers que observem es va originar fa uns 13.800 M¹¹ d'anys, en un estat singular de temperatura i densitat extremes. En realitat, no és una gran explosió, sinó més aviat una gran expansió, com un suflé al forn, sense explotar.¹² El model teòric indica que dins del primers microsegons de vida l'Univers s'expandí de forma molt ràpida i acceleradament. És el que coneixem com a període inflacionari.

Què diuen els científics sobre allò que hi havia abans del big-bang? Provenia d'un gran col·lapse d'un Univers previ?¹³ Stephen Hawking diu que abans del big-bang no hi havia ni espai ni temps. Per tant, no hi havia res!¹⁴ D'on sorgeix, doncs, la immensitat que coneixem? Un dels grans misteris de la ciència actual.¹⁵ Alguns parlen d'una fluctuació quàntica. Però ens és difícil imaginar un origen de l'Univers actual des del no-res de forma natural.

⁹ La cosmologia física és la branca de l'astrofísica que estudia l'estructura i l'evolució de l'Univers.

¹⁰ El model estàndard de l'Univers, anomenat *lambda*-CDM, desenvolupa la concordança de les dades experimentals amb la teoria del big-bang.

¹¹ M és el símbol de mega, que significa un milió de la unitat que vagi darrere.

¹² E. KOLB - M. TURNER, *The Early Universe*, Redwood City, CA: Addison-Wesley 1988, 554.

¹³ Gran col·lapse degut a les forces gravitacionals que haurien comprimit la matèria d'un Univers anterior fins a l'extrem.

¹⁴ S. HAWKING, *Historia del tiempo: Del big bang a los agujeros negros*, Madrid: Alianza 2011, 177.

¹⁵ Díficilment la ciència podrà dir res més que no sigui especulatiu d'aquest moment anterior a l'inicial. Això és així perquè la cosmologia es basa, entre d'altres característiques, en l'observació (recollir dades) i en la simulació mitjançant ordinadors potentíssims que reproduïen la realitat observada. Òbviament no podem observar el moment previ al big-bang i, com a conseqüència, no tenim cap tipus de dades per poder simular el fenomen.

2. EVOLUCIÓ DE LA MATÈRIA A PARTIR DEL BIG-BANG

En aquest big-bang i milers d'anys subsegüents, les temperatures eren altíssimes i es crearen les partícules elementals com són els protons, neutrons i electrons.¹⁶ En principi, l'Univers era fosc, ja que els fotons¹⁷ xocaven amb aquestes partícules, sense que es poguessin propagar. Podem pensar-ho com una densa boira de partícules que no deixa escapar la radiació.

A poc a poc la temperatura disminuï i el cosmos es va refredar prou perquè els nuclis d'hidrogen o protons (Fig. 6) poguessin capturar electrons i esdevinguessin àtoms neutres, alliberant fotons. Així es pogueren crear els àtoms més senzills d'hidrogen i d'heli. Quin és l'àtom més abundant a l'Univers? L'hidrogen, efectivament, i quan mirem les galàxies més antigues veiem que la seva composició és: 75 % d'hidrogen, 25 % d'heli i menys del 0,1 % de liti.

Aquesta unió de nuclis i electrons tingué lloc uns 380.000 anys després del big-bang. I en aquell moment aparegué la radiació, la llum, ja que els àtoms deixen passar els fotons. El primer dia del Gènesi va ser, doncs, uns 380.000 anys a partir del moment inicial!

Aquesta llum inicial ha deixat una relíquia en forma de radiació que ens arriba des de qualsevol direcció de l'Univers i que hem anomenat *radiació de fons de microones*.¹⁸ A la figura 7 observem la forma que té aquesta radiació de fons i la figura 8 mostra l'antena amb la qual es captà aquesta radiació. Així doncs, la composició química de les galàxies més antigues, així com la presència d'aquesta radiació de fons, són dos elements que abonen fortament aquesta teoria del big-bang.

A partir d'aquesta quantitat incommensurable d'àtoms d'hidrogen (Fig. 9) i per acció de la gravetat, es van concentrant, es comprimeixen i en uns quants

¹⁶El protons i neutrons són les partícules bàsiques dels nuclis atòmics, mentre que els electrons es disposen en diferents nivells d'energia al voltant d'aquests nuclis. Aquestes partícules determinen les característiques i propietats dels elements químics.

¹⁷El fotó és la partícula elemental de la radiació electromagnètica. Pot comportar-se tant com una ona com una partícula.

¹⁸A la figura 8 veiem els enginyers Arno Penzias i Robert Wilson, els quals van descobrir amb serendipitat al 1964 la radiació de fons de microones còsmica amb aquesta antena en forma de banya. Estaven experimentant amb ones de ràdio, per tal de transmetre senyals a molt llarga distància, al laboratori Bell Labs Crawford Hill situat Nova Jersey, Estats Units. Se'ls va concedir el premi Nobel al 1978.

milions d'anys després del big-bang apareixen les primeres estrelles (Fig. 10). I un temps després, les primeres galàxies (Fig. 11).

La figura 12 és una imatge captada pel telescopi espacial James Webb enfocat cap al centre de la nostra galàxia. Hi ha al voltant de 500.000 estrelles en aquesta imatge, que té uns 50 anys llum de llargada.¹⁹ El color blavós del centre esquerra indica l'activitat del gas hidrogen a la regió.

Veiem, doncs, que per tal de poder donar nom a la volta del cel, que tingué lloc el segon dia de la creació, s'han trigat uns quants milions d'anys!

També veiem que, quan mirem amunt cap al cel, observem un espai físic, l'Univers visible, que és molt diferent del cel teològic. En aquest cosmos, les condicions de vida són extremament adverses a partir dels 10 km d'altitud, prenent com a base la superfície de la nostra petita Terra. L'atmosfera s'enrareix, i la temperatura, la pressió i la radiació existents no són compatibles amb la vida. Així doncs, cal entendre que, quan es diu que un ésser és endut cap al cel en cos i ànima, com, per exemple, afirma el dogma de l'Assumpció de la Mare de Déu,²⁰ es parla, de nou, amb un llenguatge teològic, que ha estat molt present en la fe popular, però que no es pot referir de cap manera al firmament que observem.

Tornant a l'hidrogen còsmic, quan la gravetat ha anat comprimint milers de milions de tones de gas i la pressió al seu interior és suficientment elevada, els àtoms xoquen els uns contra els altres i les temperatures s'eleva fins a diversos milions de graus. S'inicia llavors la fusió nuclear. La fusió nuclear consisteix en la unió de dos nuclis lleugers per tal de formar-ne un de més pesant que és gairebé la suma dels progenitors. Però en aquest procés es transforma la massa d'una partícula elemental en energia i, seguint la famosa equació d'Einstein, $E=mc^2$, es genera una quantitat immensa d'energia.²¹

¹⁹ Un any llum és una unitat de longitud. És la distància que recorre la llum (300.000 km/s) en un any.

²⁰ Dogma definit pel Papa Pius XII l'1 de novembre de 1950.

²¹ A l'equació $E=mc^2$, la E representa l'energia, la m és la massa de la partícula elemental que es transforma i la c és la velocitat de la llum.

En aquests forns estel·lars a mesura que es van consumint els elements químics²² més lleugers se'n van creant de més pesants, en un procés anomenat nucleosíntesi (Fig. 13).

Sir Fred Hoyle fou uns dels investigadors pioners que va descobrir els mecanismes a través dels quals anaven evolucionant uns elements químics en uns altres dins els forns estel·lars.²³ Hoyle era anglès i profundament ateu. Va estudiar el procés anomenat triple alfa²⁴ mitjançant el qual dos nuclis d'heli, anomenats partícules alfa, es combinen per a donar un nucli de beril·li. (Fig. 14).

Fixem-nos que aquesta reacció té lloc a temperatures per damunt dels 100 milions de graus i amb nuclis estel·lars on predomina l'heli, és a dir, en estrelles velles que ja han consumit gran part de l'hidrogen inicial. El primer pas de formació del beril·li és factible, però el segon és molt improbable. Hoyle va pronosticar teòricament que l'àtom de carboni hauria de tenir un nivell energètic molt concret per tal que es donés la reacció. I, efectivament, un temps després es va comprovar experimentalment que existia aquest nivell energètic en el carboni 12 en estat excitat. Si no hagués estat així, no s'hauria pogut formar carboni ni oxigen en les quantitats que hi ha actualment i no podria existir la vida sobre la Terra. Va ser anomenat Sir —cavaller— el 1972 per la reina d'Anglaterra. Més endavant el tornarem a trobar.

Els forns nuclears de les estrelles velles poden produir elements fins al ferro, amb número atòmic 26. (Fig. 15) Llavors, com es formen la resta d'elements químics que trobem a la Terra i a la resta de l'Univers? A mesura que les estrelles envelleixen, esgoten l'hidrogen del seu nucli. A continuació, evolucionen a través de cicles consecutius de fusió generant cada vegada elements més pesants i transformant matèria en energia.²⁵

²² Els elements químics són substàncies pures (matèria) que no es poden descompondre en cap altra substància pura més senzilla mitjançant mètodes químics. Es caracteritzen perquè tots els seus àtoms tenen el mateix nombre de protons al seu nucli.

²³ F. HOYLE – D. N. F. DUNBAR W. A. WENSEL – W. WHALING, «The 7.68-Mev State in C¹²», *Phys. Rev.* 92 (1953) 649-650.

²⁴ A causa de la reversibilitat del procés químic, la producció de l'element beril·li hauria de ser molt petita. Però el nivell energètic inferior del beril·li-8 té exactament la mateixa energia que dues partícules alfa i, en la segona etapa, el beril·li-8 i l'heli-4 tenen exactament la mateixa energia que l'estat excitat del carboni-12. Aquestes coincidències incrementen molt la formació del nucli de carboni.

²⁵ Podem pensar que la fusió té lloc en capes (com les d'una cebeta) al voltant del nucli estel·lar, fusionant elements cada cop més pesants.

El ferro és l'últim element creat, perquè no es pot fusionar per a crear altres elements. Aleshores, en la lluita en curs entre la gravetat, que tendeix a comprimir l'estrella, i la fusió nuclear, que crea fotons la pressió dels quals expandeixen l'estrella, finalment guanya la gravetat i el nucli col·lapsa: es crea una estrella de neutrons, que no es pot comprimir més. La resta de l'estrella s'estavella; colpeja el nucli i rebota, i crea una ona de xoc. El col·lapse expulsa violentament les capes més externes de l'estrella i llança en totes direccions el material que ha anat desenvolupant. Aquestes violentíssimes explosions, que s'anomenen noves i supernoves (Fig. 16) en funció de la grandària de l'estrella que col·lapsa, són prou energètiques per a produir la resta d'elements químics. El resultat és la formació d'una nebulosa planetària²⁶ (Fig. 17). Aquests elements químics dispersats, en uns quants milions d'anys, es barrejaran amb l'hidrogen gas present a l'Univers, col·lapsaran per la força de la gravetat i naixerà una nova estrella. Es pensa que el nostre Sol és una estrella de, com a mínim, tercera generació.

Una recent investigació, publicada a *Nature Astronomy*,²⁷ ha descobert que l'aigua es podria haver format durant els primers 200 M d'anys de la vida de l'Univers. La molècula, que és tan essencial per a la vida, pot haver estat creada ràpidament per la mort de les primeres estrelles de l'Univers. L'estudi també ha trobat que els planetes rocosos es podrien formar en un entorn ric en aigua, tot abans que existissin les primeres galàxies. De fet, un altre equip de recerca internacional, liderat per la Universitat de Montreal, va anunciar, el mes de maig passat, que ha localitzat un planeta oceànic, tot cobert d'aigua, que orbita a la zona habitable d'una estrella que forma part d'un sistema binari²⁸ a uns 100 anys llum de la Terra.

²⁶ Les nebuloses planetàries no tenen res a veure amb els planetes. El seu nom prové del segle XVIII, quan l'astrònom Wilhelm Herschel va observar que aquestes nebuloses tenien certa semblança amb els discos planetaris, també de forma aproximadament circular.

²⁷ D. J. WHALEN – M. A. LATIF – C. JESSOP, «Abundant water from primordial supernovae at cosmic dawn», *Nat Astron* 9 (2025) 741–746.

²⁸ Un sistema binari està format per dues estrelles, lligades per la força de la gravetat, que orbiten al voltant del seu centre de masses comú.

Un conegut cosmòleg nord-americà i famós divulgador científic, en Carl Sagan, va dir que tots estem fets de pols d'estrelles.²⁹ Avui en dia és evident que, no solament el nostre planeta Terra sinó tots els éssers vius, plantes i animals, estem constituïts pels àtoms dels elements químics que s'han format a les estrelles. Aquests àtoms es reciclen contínuament en tot l'Univers.

Quan sant Pau escriu la carta als Corintis (1Co 15,45-49) i els diu que el primer home, fet de terra, era de pols, segur pensava en les paraules del Gènesi i poc es deuria imaginar que la ciència ha mostrat que sí, que estem fets de pols, però de pols estel·lar.

²⁹ C. SAGAN, *Carl Sagan's Cosmic Connection*, Cambridge; New York: Cambridge University Press 2000, 302.

3. INTERACCIONS FONAMENTALS EN LA NATURA

El big-bang no solament fou el moment inicial de creació de la matèria i l'energia de l'Univers. També s'establiren els valors de les interaccions fonamentals de la natura. La que tenim més a prop és la força de la gravetat. Ja hem vist com aquesta força actua, per exemple, en la formació de les estrelles. Newton va formular la llei de la gravitació universal el 1787 en els termes que coneixem:

$$F = G \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

A la fórmula m_1 i m_2 representen les masses que s'atreuen, r és la distància entre elles i la constant gravitacional de Newton, G , especifica la intensitat de la gravetat: té un valor de $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$. D'on surt aquest valor? Per què és aquest i no un altre? No ho sabem, però si aquesta G tingués un altre valor lleugerament diferent, no s'haurien pogut formar els sistemes solars, les galàxies, la Terra, etc. No hauria estat possible la vida.

La Lluna es manté per l'equilibri entre la gravetat i la força centrífuga causada per la rotació. A banda de les marees, la Lluna també estabilitza l'eix de rotació terrestre. Si no hi fos, provocaria canvis dràstics a les temperatures i dificultaria l'habitabilitat del planeta. Amb una G més petita, la Lluna s'escaparia fora de la influència de la Terra i amb una G més gran s'estavellaria contra el nostre planeta.

Va ser casualitat aquest valor tan concret de G ? Algú el va fixar?

Ens és familiar també el concepte de càrregues elèctriques i la llei de Coulomb que explica la relació d'atracció i repulsió entre elles.³⁰ De nou, el valor de la constant k d'aquesta llei és fonamental per a la vida. Sense anar més lluny, l'aigua és líquida a temperatura ambient per l'atracció elèctrica entre els dipols que es formen a les molècules d' H_2O . L'aigua líquida no existiria amb un altre valor de la constant de Coulomb.

³⁰ La llei de Coulomb té una formulació similar a la de Newton, però per a càrregues elèctriques.

$F = k \frac{q_1 \times q_2}{r^2}$. La força de repulsió entre dues càrregues elèctriques d'igual signe és proporcional a la magnitud de les càrregues i inversament proporcional al quadrat de la distància r que les separa. En cas de càrregues de signe contrari, la força és d'atracció.

Quelcom semblant passa amb dues constants que especifiquen les intensitats de les forces nuclears. g_s s'anomena força nuclear forta i és la responsable que els protons i els neutrons es mantinguin units al nucli. En el cas dels protons, aquesta força compensa la repulsió electrostàtica de Coulomb entre les càrregues positives. La força nuclear forta només actua en distàncies curtes, inferiors a 10^{-14} m.

Parlàvem del procés de generació del carboni i de l'oxigen estudiat per Hoyle. Aquestes precises propietats nuclears depenen del valor de g_s , i, si aquest valor hagués estat lleugerament diferent, no hi hauria hagut carboni ni, per tant, vida basada en el carboni. Quan es va adonar d'això, s'explica que Hoyle —recordem que era ateu— va dir que l'Univers estava «arreglat». No podia creure que un ajust tan fi pogués ser simplement el fruit d'una felicitat casualitat. Cal anotar que Hoyle era una mica singular, extravagant. Va ser ell la persona que, en defensar que el món havia estat sempre estàtic, durant una entrevista a la BBC a Londres el 1949 i mofant-se'n una mica, va encunyar el terme *big-bang*!

D'una manera semblant, el valor de la constant de la força nuclear feble g_w és essencial per a la vida a la Terra. Aquesta última és responsable de la desintegració radioactiva de les partícules subatòmiques i és la iniciadora del procés de fusió nuclear a les estrelles.

Alguns investigadors, per evitar la intervenció d'un ésser superior que hagi fixat aquests valors, han postulat que, davant els valors tan precisos d'aquestes constants i que permeten les condicions perquè hi hagi vida, deu haver-hi milions i milions d'universos com el nostre, cadascun amb els valors aleatoris d'aquestes constants. Seria la hipòtesi del multivers, però, per ara, està lluny de poder demostrar-se. A nosaltres ens ha tocat la loteria de viure en l'Univers en el qual la vida és possible.

4. UN UNIVERS EN EXPANSIÓ

Recordem que Lemaître, en resoldre les equacions de la relativitat general d'Einstein, va predir que l'Univers s'expandia. Einstein, que creia en un món estàtic, li va dir que era un excel·lent matemàtic, però que la seva física era abominable. Fred Hoyle també era un dels grans científics que defensava un món estacionari, en calien proves.

I aquestes van arribar quan Edwin Hubble va incorporar-se al telescopi del Mont Wilson a Pasadena, Califòrnia, als inicis dels anys 20 del segle passat (Fig. 18). Va coincidir amb la finalització de la construcció del telescopi de miralls Hooker, de 2,54 m de diàmetre d'obertura, el més potent del món en aquella època. Les observacions realitzades per Hubble els anys 1923 i 1924 amb aquest telescopi van establir sense cap mena de dubte que nombroses nebuloses observades amb anterioritat amb telescopis menys potents no eren tals, sinó que no formaven part de la nostra galàxia com es pensava: es tractava de galàxies diferents de la nostra Via Làctia. Aquest descobriment va revolucionar el camp de l'astronomia i obrí les portes a l'Univers inabastable. En aquesta imatge (Fig. 19), que és icònica per als cosmòlegs, es pot observar com el mateix Hubble indica que una estrella de la galàxia Andròmeda, la brillantor de la qual variava, no era una nova, una explosió d'una estrella en el seu estat final de vida, sinó que era una estrella variable. Aquestes estrelles, abans d'esgotar tot el seu combustible nuclear, varien la seva brillantor de forma periòdica a causa d'oscil·lacions de la temperatura superficial de l'estrella.

Avui dia sabem que la galàxia Andròmeda té una longitud d'uns 220.000 anys llum i està situada a 2,5 M d'anys llum de la Terra. (Fig. 20). Així doncs, ara veiem Andròmeda com era aquesta galàxia fa 2,5 M d'anys. L'observació del cosmos és una finestra al passat!

Uns anys abans del descobriment de Hubble, al 1912, la científica Henrietta Swan Leavitt (Fig. 21), estudiant les estrelles variables del núvol de Magallanes, una galàxia molt propera a la Via Làctia que s'observa des de l'hemisferi sud, va establir una correlació entre el període de brillantor³¹ i la lluminositat

³¹ El període de brillantor és el temps que tarda una estrella variable a adquirir-la després que la seva intensitat hagi disminuït considerablement.

intrínseca de l'estrella. Les cefeides³² de major lluminositat intrínseca tenien llargs períodes i així establí la relació entre les dues característiques (Fig. 22). Conèixer la lluminositat intrínseca és important, ja que, mesurant la lluminositat real observada des de la Terra, podem calcular la distància a la qual es troba l'estrella. Així, les cefeides poden emprar-se com un far estàndard per a determinar la distància als cúmuls globulars o les galàxies.

L'estrella més propera al Sol és Pròxima Centauri, a 4,2 anys llum de la Terra. Per tal de fer-nos una idea de les distàncies còsmiques, si el Sol fos de la mida d'una pilota de ping-pong situada a la frontera de Girona amb França, Pròxima Centauri seria una boleta de 2 cm de diàmetre situada a Cadis. I, entremig, gairebé el no-res!³³

Però Hubble va fer encara un descobriment tan extraordinari com el primer. Va comprovar, utilitzant mesures espectroscòpiques, que les galàxies s'allunyen unes de les altres. I les que són més lluny, s'allunyen a una velocitat encara més elevada. Galàxies més llunyanes s'allunyen a velocitats més grans. L'Univers, doncs, s'està expandint!

Einstein no creia en aquesta expansió, però va acabar claudicant davant els fets experimentals incontestables.³⁴ Avui en dia no tenim explicació per a aquesta expansió de l'Univers. Una part podria ser deguda a la inèrcia del moment inicial del big-bang, però l'acceleració en l'expansió que observem actualment no és explicable. S'anomena energia fosca.

Experimentalment, també s'ha comprovat que les estrelles orbiten al voltant del centre de la galàxia com un bloc. A diferència, per exemple, dels planetes del sistema solar. Mercuri triga 88 dies a orbitar al voltant del Sol, mentre que Venus té un any de 225 dies. Per ser coherent la rotació de les galàxies, es va comprovar que ha d'haver-hi molta més massa que la que realment veiem. Aquesta massa no visible s'anomena, precisament, *matèria fosca*. No interacciona amb la radiació, per això no la podem veure, però sí que té efectes gravitatoris. És un altre dels grans enigmes cosmològics actuals.

³² Les estrelles variables que tenen períodes molt regulars s'anomenen *cefeides*. Es diuen així pel nom de l'estrella Delta Cephei.

³³ Es calcula que l'espai intergalàctic té una densitat d'una partícula per metre cúbic. Tot i així, aquesta densitat varia molt depenent de la proximitat a les estrelles.

³⁴ Al 1933, Einstein va donar a Lemaître el mèrit degut. En una conferència a l'Institut Tecnològic de Califòrnia, on Lemaître va descriure l'Univers en expansió, Einstein es va aixecar al final de la conferència, va aplaudir i va dir: «Aquesta és l'explicació de la creació més bonica i satisfactòria que hagi escoltat mai.»

Si observem un gràfic de la composició de l'Univers, en termes d'energia total, —recordem l'equivalència entra massa i energia— ens sorprèn que gairebé el 95 % del contingut de l'Univers ens és desconegut! (Fig. 23)

5. EL TRÀNSIT DELS ELEMENTS FINS A COMPOSTOS QUÍMICS

En el camí de l'evolució de la cosmologia física, ens havíem quedat en la generació dels elements més pesants en les explosions estel·lars o supernoves i la seva expulsió al cosmos, on es barregen amb l'hidrogen molecular. Quan aquest material es condensa per la força de la gravetat, el núvol de gas i pols es contreu, guanya en densitat i forma una protoestrella en el seu centre. Ara bé, el material exterior no col·lapsa sobre el centre sinó que la força centrípeta associada a la seva pròpia rotació³⁵ fa que caigui sobre una regió estesa en forma de disc perpendicular a l'eix de rotació del sistema. Aquest és el disc protoplanetari. (Fig. 24)

Per arribar a formar planetes, cal que el material del disc sofreixi una sèrie de transformacions al llarg de 50-100 M d'anys. Així, cal que es vagin aglomerant les partícules de pols de la mida de micròmetres, formant objectes cada cop més grans fins a planetes completament formats. (Fig. 25)

El nostre sistema solar es va formar fa uns 4.600 M d'anys. És a dir, l'Univers ja portava més de 9.000 M d'anys de vida. En altres paraules, el nostre Sol i el sistema solar complet s'han format a partir de residus de, com a mínim, dues estrelles que s'han format i s'han desintegrat abans. És el reciclatge còsmic.

A causa del xoc constant d'asteroides i de l'activitat volcànica, a poc a poc, les capes més pesants van sedimentar formant-se la litosfera —formada per l'escorça exterior i la part exterior del mantell. Més endins hi ha la resta del mantell i el nucli. (Fig. 26) Es creu que, uns 10 M d'anys després, un planeta de la mida de Mart, —aproximadament la meitat del diàmetre de la Terra— xoca contra el nostre planeta i és la causa de la formació de la Lluna (Fig. 27).

Uns 700 M d'anys després de la formació de la Terra, quan aquesta ja s'havia refredat prou, l'aigua, en forma de núvols que l'envoltava, va començar a precipitar-se com a pluja i va formar els oceans. Així doncs, per arribar al tercer dia bíblic, en el qual es formen els oceans i els continents, han passat aproximadament 10.000 M d'anys.

³⁵ El moviment de rotació de l'estrella i del disc protoplanetari es genera a causa de la llei de conservació del moment angular.

Als oceans hi hauria moltes sals dissoltes, les quals provenien de l'erosió dels rius, de les emissions dels volcans i de les aportacions dels meteorits i asteroides. Avui en dia tenim a la Terra roques sedimentàries de 3.900 M d'anys d'antiguitat, la qual cosa implica que hi havia molta aigua, portada segurament per asteroides.

L'atmosfera seria irrespirable per a nosaltres si estigués formada per vapor d'aigua, metà, SO_2 , CO_2 , àcid sulfhídric i nitrogen. A les capes superiors, sense barrejar-se, sembla que també hi podria haver O_2 (Fig. 28).

6. L'EVOLUCIÓ CAP A MOLÈCULES ORGÀNIQUES

Com passem de compostos químics inorgànics a compostos orgànics,³⁶ els quals més endavant donaran lloc a les substàncies fonamentals per a la vida?

Aquesta pregunta, se la va fer també Stanley L. Miller al 1952, un jove doctorand de la Universitat de Chicago que ben segur havia llegit els treballs teòrics independents del rus Oparin i l'anglès Haldane. El seu director de tesi, el catedràtic Harold C. Urey —que era tota una eminència, ja que al 1934 havia rebut el premi Nobel per haver aïllat el deuteri i l'aigua pesada— no creia gaire en els experiments que proposava el seu deixeble, però li va cedir un soterrani perquè els hi assagés durant un temps.

L'experiment de Miller-Urey simulava les condicions hipotètiques que es creien presents a la Terra primitiva. Consistia a combinar diversos components simples —tals com el vapor d'aigua (H_2O), el metà (CH_4), l'amoníac (NH_3), l'hidrogen (H_2)— i a sotmetre la barreja a fortes descàrregues elèctriques que simularien els llampecs (Fig. 29). Al cap d'un temps, van analitzar la solució aquosa i van observar la presència de diverses molècules orgàniques, entre les quals hi havia 13 aminoàcids diferents.^{37,38}

Aquest experiment representà la primera comprovació experimental que es poden formar espontàniament molècules orgàniques a partir de substàncies inorgàniques simples en les condicions ambientals adequades.³⁹ Després de la mort de Miller, l'any 2007, els científics varen reexaminar els productes conservats de l'experiment original de Miller i van veure que s'havien produït més de 20 aminoàcids, un nombre més gran que els inicials. Més encara, hi ha proves que la composició de l'atmosfera de la Terra primitiva podria tenir una composició diferent a la del gas usat a l'experiment Miller-Urey. Hi ha proves de grans erupcions volcàniques fa 4.000 M d'anys, les quals podrien haver alliberat diòxid de carboni, nitrogen, àcid sulfhídric i diòxid de sofre

³⁶ Els compostos orgànics són aquells que contenen carboni que es pot cremar, és a dir, que es pot combinar amb l'oxigen per tal de formar anhidrid carbònic, CO_2 . Els compostos inorgànics, normalment més senzills, no tenen aquesta propietat.

³⁷ Els aminoàcids són compostos orgànics que formen l'estructura de les proteïnes.

³⁸ S. L. MILLER, «A Production of Amino Acids Under Possible Primitive Earth Conditions», *Science*, 117 (1953) 528-529.

³⁹ M. C. GERALD – G. E. GERALD, *The Biology Book. From the Origin of Life to Epigenetics, 250 milestones in the History of Biology*, New York: Sterling 2015, 528.

cap a l'atmosfera. Els experiments que feien servir aquests gasos afegits, als de l'experiment original de Miller-Urey, han produït més molècules orgàniques diferents.

Al 1969 va caure a Murchison, Austràlia, un meteorit de tipus condrita carbonàcia. Aquests meteorits són molt poc freqüents i contenen una part significativa de matèria orgànica. En aquell temps uns pocs laboratoris dels Estats Units ja estaven preparats per analitzar mostres provinents de l'exterior sense contaminar-les. Havien fet un treball important en aquesta àrea per tal de poder examinar la composició de les mostres que, aquell mateix any, havia portat l'expedició lunar de l'Apollo 11. A la Lluna no es va trobar material orgànic, però, en analitzar el meteorit, es va descobrir que contenia diversos aminoàcids. Molt més recentment s'ha publicat que la missió espacial Hayabusa 2, de l'Agència d'exploració espacial japonesa, va aconseguir portar a la Terra un tros de l'asteroide 162173 Ryugu al 2021. Són cinc grams de la matèria més antiga i inalterada procedent de la formació del sistema solar fa 4.500 M d'anys. La primavera passada es va revelar que la composició química de l'asteroide inclou deu aminoàcids, les peces que conformen les proteïnes. És possible doncs, que alguns components essencials per a la vida procedixin de l'espai? És un tema que està obert, si bé fa molts anys que existeix la hipòtesi de la panspèrmia. Segons aquest enunciat, la vida és present a tot l'Univers i pot traslladar-se d'un lloc a l'altre a través d'asteroides, cometes o meteorits. Bé, fins ara aquesta hipòtesi no s'ha pogut confirmar, tot i que certs components essencials per a la vida sí que s'han trobat en cossos exteriors a la Terra.

Sembla, doncs, clar que els compostos orgànics poden formar-se a partir dels materials inorgànics. Fa només uns anys hom pensava que els compostos orgànics només es podien crear dins els éssers vius —teoria vitalista de Berzelius—, és a dir, animals i plantes. No fou fins al 1828 que l'alemany Friedrich Wöhler va aconseguir sintetitzar urea a partir de productes inorgànics.⁴⁰

Un pas més donà el nostre compatriota, el lleidatà Joan Oró Florensa (Fig. 30). Abans, però, descriurem breument l'àcid desoxiribonucleic, l'ADN. Aquesta molècula (Fig. 31) està formada per dues cadenes que s'uneixen de forma helicoidal al voltant d'un eix comú. Cada cadena consta de peces més senzilles, anomenades *nucleòtids*, que es van enllaçant les unes amb les altres. Per aquest motiu cada cadena s'anomena un *polinucleòtid*. Aquests nucleòtids, alhora,

⁴⁰ M. GERALD – G. GERALD, *The Biology Book*, 528.

estan formats per unitats més bàsiques: àcid fosfòric, un sucre i uns compostos que contenen nitrogen anomenats *bases nitrogenades*. L'àcid fosfòric i el sucre sempre són els mateixos a tots els nucleòtids, però les bases nitrogenades poden variar i tothom les coneix per les inicials dels seus noms: l'adenina (A), la guanina (G), la timina (T) i la citosina (C).

Veiem, doncs, que aquestes molècules anomenades *bases nitrogenades* són essencials per a la formació de l'ADN i per a la vida, ja que l'ADN constitueix el codi a partir del qual es desenvolupen i funcionen tots els organismes vius. A més, aquesta informació genètica es transmet de pares a fills. Per això rep el nom de *codi genètic*. Doncs bé, Joan Oró, al 1959, va aconseguir sintetitzar adenina al laboratori a partir de productes inorgànics: cianur d'hidrogen —un compost que havia aparegut amb certa concentració a l'experiment de Miller, extremament verinós—, amoníac i aigua.⁴¹ Així doncs, veiem que a la Terra primitiva es podrien haver format bases nitrogenades de forma espontània a partir de productes inorgànics. Aquest experiment li va donar fama i reconeixement mundials. Va participar en diversos projectes de la NASA i fou candidat al premi Nobel diversos anys. A poc a poc veiem, doncs, que els components essencials per a la vida poden provenir dels compostos més senzills sense vida, teoria que rep el nom d'*abiogènesi*.

Un científic adquireix la categoria d'excepcional quan la metodologia que ha desenvolupat és seguida per molts altres per a sintetitzar productes anàlegs. I així fou en el cas de Joan Oró: aplicant la seva metodologia, altres investigadors van poder produir sintèticament la resta de les bases nitrogenades (guanina, timina, citosina i uracil, aquest últim utilitzat en l'àcid ribonucleic o ARN⁴²). A banda d'aconseguir sintetitzar també ribosa i desoxiribosa, els sucres que formen part dels nucleòtids, Joan Oró va contribuir significativament al desenvolupament de mètodes d'anàlisi química que ajudarien a provar la presència/absència de components essencials per a la vida en les mostres de material recollides en les expedicions espacials.

⁴¹ J. ORÓ, «Mechanism of Synthesis of Adenine from Hydrogen Cyanide under Possible Primitive Earth Conditions», *Nature* 191 (1961) 1193-1194.

⁴² L'àcid ribonucleic, ARN, té una estructura semblant a l'ADN, si bé consisteix en una cadena simple de nucleòtids lligats entre si. Els nucleòtids d'ARN contenen el sucre ribosa en lloc de desoxiribosa i l'ARN té la base nitrogenada uracil en lloc de la timina, que és present a l'ADN.

7. DE MOLÈCULES COMPLEXES A LA VIDA

Hem vist, doncs, que de molècules inorgàniques senzilles —tals com H_2O , CO_2 o NH_3 — es poden derivar molècules orgàniques petites com aminoàcids, bases nitrogenades, colesterol, sucres i altres. Hi ha una rama de la síntesi química, anomenada *química supramolecular* que estudia de quina forma aquestes molècules petites es combinen entre elles de forma espontània per tal de formar estructures moleculars més complexes. Així arribem a la química dels sucres, la dels aminoàcids, la de les bases nitrogenades o la química dels lípids, que poden donar lloc a protogenomes o a protomembranes cel·lulars, components essencials per a la vida.

Però ¿què és la vida? Hi ha hagut discussions molt acalorades durant molts anys ja que la naturalesa o essència de la vida és una qüestió ben complexa. Des del punt de vista bioquímic, Gerard F. Joyce⁴³ va proposar una definició que ha aconseguit cert consens: «la vida és un sistema químic autosostingut capaç d'experimentar evolució darwiniana.»⁴⁴

Per tal que existeixi aquest sistema, cal, en primer lloc, un compartiment que contingui el sistema químic i que el separi de l'entorn químic que l'envolta. La imatge més immediata que tenim d'aquest compartiment, en termes macroscòpics, és la nostra pell. A nivell microscòpic tenim a les membranes cel·lulars que delimiten les cèl·lules. Aquesta estructura ha de ser permeable, ja que ha de garantir que el sistema interior es mantingui en un cert equilibri.⁴⁵ Simultàniament, aquesta estructura ha de permetre bescanviar amb l'exterior matèria —aliment—, energia i també informació en forma de senyals químics.

Aquest compartiment allotja en el seu interior tota una sèrie d'estructures que permeten el metabolisme de l'ésser viu, és a dir, desenvolupar els processos

⁴³ D.W. DEAMER – G. FLEISCHAKER, *Origins of Life: The Central Concepts*, Boston: Jones and Bartlett 1994, 431.

⁴⁴ Un sistema químic és el conjunt d'espècies químiques (ions, molècules i agregats moleculars) que es troben en un espai determinat. Per a caracteritzar-lo correctament, cal saber una sèrie de paràmetres com les concentracions, la pressió o la temperatura.

⁴⁵ Per exemple, la pell és transpirable, a través de la suor podem regular la temperatura del nostre cos i mantenir-la al voltant de 36,5°C.

físics i les reaccions químiques que empen energia, com són l'alimentació, la respiració o la digestió. Aquest metabolisme és clau perquè el sistema sigui autosostenible.⁴⁶

Finalment, com bé explica l'astrobiòleg Carlos Briones,⁴⁷ el sistema químic viu ha de poder reproduir-se.

Ha de contenir dins el seu compartiment espècies que emmagatzemen i processen informació codificada,⁴⁸ que coordinen el funcionament de l'ésser viu i que es transmeten a la descendència. Es reproduïxen i donen lloc a còpies de si mateixos amb un cert grau de diversitat i, gràcies a això, la seva progènie es pot adaptar a les condicions canviants de l'entorn i, per tant, pot evolucionar.

Els bacteris i els arqueus⁴⁹ són els microorganismes unicel·lulars més primitius. No tenen nucli i el seu ADN està dispers per l'interior de la cèl·lula en el líquid citoplasmàtic.

Ara bé, la seva aparició sobre la Terra és un misteri que roman desconegut fins al dia d'avui. Els M d'anys d'evolució amb les condicions ambientals canviants durant aquest període de temps fan que la seva reproducció al laboratori sigui una tasca més que complicada. Un dels microorganismes més senzills que es coneixen és el *Mycoplasma genitalium*.⁵⁰ Té un metabolisme reduït, el seu genoma conté aproximadament 590.000 parells de bases i, per tant, és el més curt de qualsevol organisme que es pugui reproduir en cultiu pur. Tot i així, sintetitzar-lo a partir de molècules que han estat successivament produïdes a partir d'entitats més senzilles està, avui en dia, fora del nostre abast. En l'actualitat només la vida és capaç d'engendrar vida.⁵¹

⁴⁶ Els virus no es consideren éssers vius, ja que necessiten estar dins de les cèl·lules per tal d'aprofitar-ne el metabolisme.

⁴⁷ C. BRIONES, ¿Estamos solos? En busca de otras vidas en el cosmos, Barcelona: Crítica 2020, 560.

⁴⁸ Aquestes espècies són, principalment, els àcids nucleics, ARN i ADN.

⁴⁹ Sense nucli, aquests dos dominis de microorganismes tenen característiques i funcions diferenciades.

⁵⁰ Existeixen encara microorganismes més petits. El *Nanoarchaeum equitans*, del domini dels arqueus té solament 490.000 parells de bases, però necessita la simbiosi amb un altre bacteri per a poder viure.

⁵¹ C. LÓPEZ-OTÍN, *La levedad de las libélulas*, Barcelona: Paidós 2024, 256.

8. L'EVOLUCIÓ FINS A L'ESPÈCIE HUMANA

Hom creu que la simbiosi entre els arqueus i els bacteris, tots ells procariotes,⁵² van poder formar les cèl·lules eucariotes,⁵³ que tenen una complexitat molt notable, amb nucli i molts altres orgànuls amb funcions específiques dins la cèl·lula (Fig. 32). Tot aquest procés evolutiu es prolongà durant diversos centenars de M d'anys, com mostra la figura 33.

Tot i així, hi ha una característica sorprenent en tots els éssers vius. Les peces bàsiques per construir les cèl·lules de tots ells, des de bacteris a fongs o plantes i animals, són les mateixes. Estem parlant de sucres, aminoàcids, greixos o àcids nucleics. Tots es troben a tot arreu. Per tant, no és estrany deduir que provenim d'una cèl·lula primera que hom anomena LUCA (en anglès, *Last Universal Common Ancestor*).

Fa vuit anys, un equip d'investigadors australians va trobar a Grenlàndia els fòssils més antics del món: s'anomenen *estromatòlits*. Si la Terra, com a part del sistema solar, es considera que té uns 4.500 M d'anys, aquests fòssils es van formar només 1.000 milions d'anys després. Són roques sedimentàries, formades a partir de milers de milions de cianobacteris que, en morir, es van anar dipositant en aigües poc profundes (Fig. 34). Són, doncs, els indicadors més antics que hem descobert fins ara de l'aparició i desenvolupament de la vida a la Terra.

Entremig de les capes de cianobacteris també s'ubica fang i amb el temps es van comprimint per tal de formar la roca en forma de pel·lícules superposades. En conseqüència, cal el microscopi per tal d'observar l'estructura microbiana dels estromatòlits. Segons càlculs basats en la genètica, els primers bacteris podrien haver aparegut a la Terra fa uns 3.500 M d'anys. Encara que, des del punt de vista biològic, la seva estructura és molt bàsica, des del punt de vista químic, la seva síntesi és d'una complexitat colossal.⁵⁴ Aquests bacteris necessiten només compostos inorgànics com el CO₂, H₂S o ions de ferro i una

⁵² Les cèl·lules procariotes no tenen nucli i molt pocs orgànuls en el líquid citoplasmàtic interior a la membrana que els separa del medi que els envolta.

⁵³ Les cèl·lules eucariotes tenen nucli, que conté el material genètic i diversos orgànuls en el líquid citoplasmàtic, com les mitocondries que produeixen energia, els ribosomes (que s'encarreguen de produir proteïnes) o els vacúols, també anomenats vesícules, que són els encarregats d'emmagatzemar enzims, aigua o altres tipus de substàncies.

⁵⁴ L. MARGULIS – M.F. DOLAN, *Els inicis de la vida*, Alzira: Bromera 2007, 210.

font d'energia externa —com les fumaroles volcàniques— per transformar-los en compostos orgànics útils com són els sucres.

En un interval de temps de 3.500 M d'anys d'evolució, passem de les cèl·lules procariotes a les eucariotes i d'aquestes als organismes pluricel·lulars indiferenciats. La fotosíntesi⁵⁵ hi té molt a veure. La producció d'oxigen va canviar radicalment la química atmosfèrica de la Terra. En el mar, fou possible la producció d'organismes pluricel·lulars diferenciats. És ben conegut que al període Cambrià, fa uns 500 M d'anys, va haver-hi una explosió de vida als mars amb l'aparició dels coneguts trilobits o dels bivalves.

L'aparició dels primers amfibis —fa 370 M d'anys— i posteriorment dels insectes —340 M d'anys— tingué lloc quan a l'atmosfera hi hagué prou oxigen per formar l'ozó⁵⁶ a les capes altes.

L'evolució biològica, és a dir, el conjunt de canvis externs —tant físics com conductuals— i genètics de poblacions biològiques al llarg de generacions és la que ha portat a la diversitat d'espècies tan gran.

Aquesta teoria està ben establerta avui en dia. Hi ha moltes proves que li donen suport: 1) La presència de fòssils cada vegada més simples com més profunds es troben. Aquesta mateixa gradació es troba a llocs molt diferents. 2) La similitud entre òrgans de diverses espècies —una ala de ratpenat o un braç humà, per exemple— que, tot i ser diferents, tenen una estructura òssia anàloga que fa pensar en un origen comú. 3) L'existència d'òrgans vestigials en animals que viuen en un ambient diferent a l'original —per exemple, els queixals del seny en els humans— que podrien haver servit perquè els nostres ancestres masteguessin arrels o carn crua. 4) La similitud entre els embrions de diverses espècies. 5) L'adaptació dels òrgans d'espècies semblants a ambients diferents —com els becs dels ocells als llocs on l'aliment és diferent. 6) La presència dels mateixos compostos químics fonamentals: sucres, greixos i àcids nucleics és ubíqua a tots els éssers vius. El mateix conjunt de vint aminoàcids forma totes les proteïnes de les espècies biològiques. 7) Com hem vist anteriorment, la universalitat del codi genètic, mecanisme que determina l'herència, basat en la presència dels mateixos nucleòtids a l'ADN —A, T, G i C. 8) L'estudi

⁵⁵ La fotosíntesi és el procés pel qual les plantes, les algues i alguns bacteris produeixen compostos orgànics. Emprant la llum solar, consumeixen CO₂ i produeixen oxigen.

⁵⁶ L'ozó, O₃, és una molècula formada per tres àtoms d'oxigen. A les capes altes de l'atmosfera evita que la radiació ultraviolada del Sol, que pot produir mutacions en l'ADN —és a dir, càncer— arribi a la superfície de la Terra.

comparat dels genomes de moltes espècies permet establir arbres genealògics entre elles. Aquests estudis, a més, proporcionen rellotges moleculars que permeten datar quan van sorgint noves espècies diferents a partir d'una espècie comuna anterior.

Ara bé, quins són els mecanismes mitjançant els quals les poblacions dels éssers vius evolucionen? Aquest gran salt conceptual va ser recollit per Charles Darwin a la seva teoria de l'origen de les espècies al 1859.⁵⁷ El gran naturalista afirmà que les variacions de la descendència són resultat de l'atzar i de la selecció natural que afavoreix la pervivència i la reproducció d'aquells éssers més ben adaptats al medi. De forma molt prudent va esmentar al seu llibre que això tindria conseqüències importants per a l'ésser humà.

No cal dir que Darwin era conscient que la seva teoria xocava frontalment amb el creacionisme que defensava la Bíblia.⁵⁸ A més del debat encès que provocà durant molts anys, alguns creacionistes, com els germans Bosch de Badalona, van aprofitar per ridiculitzar Darwin posant la seva cara al simi de l'etiqueta d'una famosa marca d'anís (Fig. 35).

Avui en dia la biologia molecular ens diu que durant el procés de reproducció sexual, els cromosomes que provenen del pare i de la mare es combinen de tal forma que les cèl·lules reproductores d'un individu contenen gens del pare o de la mare de manera aleatòria. Els gens⁵⁹ de la descendència que són dominants⁶⁰ són els que s'expressen amb més facilitat, és a dir, es converteixen en proteïnes i aquestes són les causants de l'aspecte físic dels éssers vius. L'atzar, doncs, és el mecanisme pel qual els descendents d'una parella són ben diferents entre si o tenen algunes semblances. També en els gens hi ha codificades malalties que es transmeten de generació en generació. Així mateix, en aquest procés de conversió de gens a proteïnes, primer hi ha una etapa de transcripció (en la qual el codi de l'ADN es copia en una molècula de l'ARN) i després hi ha l'etapa de translació (en què el codi de l'ARN es converteix en proteïnes).

⁵⁷ CH. DARWIN, *On the Origin of Species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*, London: John Murray 1859, 502.

⁵⁸ La seva dona, que era molt religiosa, sempre l'ajudà en la redacció de les seves obres alhora que passava a net les seves notes. Tot i així, no va aprovar mai la teoria de l'evolució i, a l'Església, no la hi va fer gaire gràcia, encara que no va patir cap tipus de persecució.

⁵⁹ Un gen és un segment curt d'ADN. El conjunt de gens, anomenat *genotip*, constitueix el material hereditari.

⁶⁰ Els gens dominants són aquells que, per diversos motius, s'expressen amb més força que qualsevol altra versió del gen que porta la persona.

Durant aquest procés complex, es poden produir errors que també donen lloc a malalties.

La segona idea és que els individus de la descendència que estan millor adaptats al medi —no pas els més forts, els més àgils o els més resistents— poden competir amb avantatge pels recursos finits del medi ambient en el qual viuen. Com a conseqüència, són més eficaços i poden reproduir-se més. Així, la seva descendència anirà guanyant pes en la població que habita en l'ambient considerat. Ara bé, si el medi ambient canvia com a resultat d'un canvi climàtic o altres factors, l'adaptació que abans era favorable ara pot no ser-ho. Aquest efecte s'ha vist clarament amb individus de la mateixa espècie que, en modificar-se l'ambient —per exemple perquè han quedat aïllats—, han anat evolucionant de forma diferent fins que ja no poden reproduir-se entre ells i formen espècies diferents.

La teoria darwiniana continua avui en dia ben vigent, si bé s'ha anat ampliant amb incorporacions d'altres mecanismes, com poden ser el paper de la cooperació o el bescanvi genètic entre microorganismes.

Continuant amb l'evolució biològica, els mamífers van aparèixer fa 200 M d'anys. Arran de l'extinció dels dinosaures,⁶¹ els mamífers van poder progressar i evolucionar. Hom creu que petits mamífers rosegadors van poder subsistir al cataclisme ambiental de la col·lisió de l'asteroide sota terra. S'especula que els rosegadors primitius van poder explorar la presència de fruits als arbres i van evolucionar cap a primats. Els primers fòssils d'aquests primats arborícoles estan datats en uns 50 M d'anys.

Probablement un període sense tanta pluja afavorí que la selva fos menys densa i que els primats baixessin dels arbres per a alimentar-se d'arrels, fruits i plantes i evolucionessin cap a la locomoció bípeda. Els fòssils dels primers homínids *Ardipithecus ramidus*, descoberts a Etiòpia, tenen una antiguitat d'uns 5 M d'anys (Fig. 36).⁶² Eren bípedes, a terra, i probablement quadrúpedes, a dalt dels arbres. Aquest canvi els donà llibertat per utilitzar les mans i va conduir a tota una sèrie de modificacions anatòmiques. Aquesta espècie és molt propera

⁶¹ Els dinosaures, juntament amb un 80 % de les espècies existents en aquella època, van extingir-se a causa de la col·lisió d'un asteroide de 10 a 15 km d'amplada que avui en dia coneixem com a península de Yucatán, fa 65 M d'anys.

⁶² T. D. WHITE – B. ASFAW – Y. BEYENE – Y. HAILE-SELASSIE – C. O. LOVEJOY – G. SUWA – G. W. GABRIEL, «*Ardipithecus ramidus* and the Paleobiology of Early Hominids», *Science* 326 (2009) 64-86.

a l'últim avantpassat comú entre humans i ximpanzés. És el membre més antic conegut de la branca dels homínids que pertany a l'arbre de la família dels primats.

Des del punt de vista genètic, és sorprenent la semblança que hi ha entre els ximpanzés i els humans moderns. Al 2009, un equip format per científics de 23 institucions de diversos països va comprovar que la seqüència de l'ADN de les dues espècies és un 99 % idèntica.⁶³ Posteriorment, s'ha demostrat que hi ha altres àrees del genoma en les quals s'ha expandit una duplicació —s'ha incrementat el nombre de còpies— als genomes del ximpanzé i el goril·la, mentre que s'ha mantingut estable al genoma humà.⁶⁴ De totes maneres, hi ha una sèrie d'àrees del genoma dels humans que han experimentat canvis substancials, sobretot en aquells segments que tenen a veure amb la generació de proteïnes que ajuden a estructurar el cervell.

Un nou canvi ambiental a l'Àfrica sud-oriental, amb la presència d'extenses sabanes, conduí a l'evolució cap al gènere *Homo*;⁶⁵ així, fa uns 2,3 M d'anys apareixen fòssils com els de l'*Homo habilis* o l'*Homo ergaster*, que ja fabricaven destrals de pedra, probablement per a defensar-se dels grans felins amb els quals compartien el territori.

La necessitat d'estar molt més alerta en un ambient més insegur com és la sabana, on els depredadors poden atacar en qualsevol moment, juntament amb la necessitat de millorar la rapidesa i precisió de les respostes motores conduí a un creixement notable del cervell. A la vegada, l'alimentació amb carn i la descoberta del foc —que permeté coure els aliments i defensar-se més eficientment— facilità aquest increment del cervell. El seu volum passa d'uns 700 cm³ fins a 1500 cm³ en l'últim període de 2 M d'anys (Fig. 37). I en aquesta evolució cal considerar, a més del volum, l'augment de complexitat en la seva organització i també, com esmenta David Jou:⁶⁵

⁶³ THE CHIMPANZEE SEQUENCING AND ANALYSIS CONSORTIUM, «Initial sequence of the chimpanzee genome and comparison with the human genome», *Nature* 437 (2005) 69-87.

⁶⁴ T. MARQUES-BONET – J. KIDD – M. VENTURA et al., «A burst of segmental duplications in the genome of the African great ape ancestor», *Nature* 457 (2009) 877-881.

⁶⁵ D. JOU, *Déu, cosmos, caos. Horitzons del diàleg entre ciència i religió*, Barcelona: Viena 2008, 290.

L'increment en la velocitat de transmissió dels senyals nerviosos gràcies a la mielinització dels axons neuronals,⁶⁶ la qual cosa augmenta notablement la capacitat de processament i la velocitat de resposta. Aquest augment serà necessari per tal de poder arribar a un cert grau d'autoconsciència.

Probablement l'*Homo ergaster* és l'espècie predecessora dels *Homo erectus*. Aquests van ser els primers a abandonar Àfrica i estendre's per Àsia i Europa fa una 1,8 M d'anys.

A la serra d'Atapuerca, els investigadors, entre els quals n'hi ha una bona colla de l'Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social de la URV, van descobrir les restes de l'*Homo antecessor* o home d'Atapuerca. Va viure fa uns 900.000 anys i es considera que podria ser un antecessor de l'espècie humana actual, encara que no hi ha més proves que ho puguin confirmar.

Al 1856 uns treballadors d'una pedrera de la vall alemanya de Neander van descobrir uns ossos fossilitzats que foren les proves d'una espècie extingida d'antics *Homo* que van caminar per la Terra fa entre almenys 400.000 i 40.000 anys: els *Homo neanderthalensis* o neandertals. A causa del seu aspecte robust i rudimentari, durant molts anys la comunitat científica ha pensat que aquesta espècie estava formada pels cosins obtusos dels humans actuals. Ben al contrari, avui en dia sabem que tenien un llenguatge simbòlic complex, que cuinaven, caçaven en col·laboració amb armes evolucionades i cuidaven les persones vulnerables de la tribu.

La majoria de les evidències mostren que l'*Homo sapiens*, la nostra espècie, s'origina a Àfrica fa aproximadament 150.000 anys i, a causa de la pressió demogràfica per l'augment de la població i al fet que hi havia condicions ecològiques favorables,⁶⁷ van migrar cap a l'Orient proper i, d'allí, es van estendre per tot el planeta. A través de la comparació dels ADN dels neandertals i els *Homo sapiens*, sabem que va haver-hi hibridació i, així, nosaltres hem heretat un 2 % de material genètic dels neandertals. Veiem, doncs, que l'evolució dels homínids fins a l'espècie *Homo* no ha estat tan lineal com ens mostra

⁶⁶ Els axons són la part que connecta les neurones amb altres cèl·lules, transportant els impulsos nerviosos. La capa de proteïna i substàncies greixoses anomenada *mielina* permet que els impulsos elèctrics siguin més ràpids.

⁶⁷ El desert del Sàhara actual estava ple de vegetació en aquella època.

aquesta coneguda imatge (Fig. 38). La figura 39 ens mostra l'arbre filogenètic dels homínids; encara que no tan visual, podem observar la complexitat de l'evolució d'acord amb els fòssils localitzats fins a la data.

Un cervell voluminós i ben connectat —amb un 2 % del pes corporal, consumeix un 20 % de l'energia de tot el cos— ha donat lloc a una munió de funcions tals com les emocions, la memòria, l'aprenentatge, la cognició o l'autoconsciència. I d'aquí s'han desenvolupat el llenguatge, els símbols, les religions i la cultura. L'evolució cultural ha estat imparable fins arribar als nostres dies.

Un cop arribats a aquest punt, on podem col·locar Adam i Eva? Si prenem en consideració l'inici del gènere *Homo*, ens n'anem a uns 4-5 M d'anys. Si considerem que pot ser el primer humà espiritualment conscient, llavors ens n'anem cap a temps molt més propers. En definitiva, el sisè dia de la creació del Gènesi ha trigat 13.800 M d'anys! Si fem l'equivalència entre l'edat de l'Univers i un any de vida, llavors, l'aparició de l'*Homo sapiens* seria fa just uns 11 minuts.

I com podem explicar, a la llum de la ciència, el pecat original? Teilhard de Chardin, el gran paleontòleg jesuïta va voler apropar els resultats científics a la fe catòlica. Va escriure: «com més recobrem el passat pels mitjans de la ciència, menys podem acomodar Adam o el paradís terrenal.» Aquests esforços van provocar que els seus superiors, advertits pel Vaticà, li prohibissin exercir l'ensenyament. Més recentment, el Papa Benet XVI també ha contribuït a una explicació teològica del pecat original que penso que caldria divulgar més.

9. EL PRINCIPI ANTRÒPIC

Jacques Monod, premi Nobel de Fisiologia i Medicina al 1965 va publicar un famós llibre anomenat «L'atzar i la necessitat».⁶⁸ Editat per primer cop a França al 1970, el llibre defensa que:

La biosfera no conté una classe previsible d'objectes o de fenòmens, sinó que constitueix un esdeveniment particular, compatible segurament amb els primers principis, però no deduïble d'aquests principis. Per tant, essencialment imprevisible.

Poso un exemple. De l'estudi de la radiació de fons de microones, que hem vist a l'apartat 2, es dedueix que les petites inhomogeneïtats en el material extremament dens i calent resultant del big-bang han donat lloc, al llarg de milions d'anys, a les diferents galàxies que poblen l'Univers. La força de la gravetat —que Monod anomena com un dels primers principis— ha estat necessària per tal que aquesta petita fluctuació hagi evolucionat cap als diferents cossos celestes. Així doncs, tenim l'atzar en forma d'heterogeneïtats, que podien haver estat repartides de forma aleatòria, a la vegada que la necessitat de la presència de la força de la gravetat. D'aquesta manera es combinen dos processos, un de naturalesa essencialment atzarosa —que dona lloc a una certa agrupació de matèria i no a una altra de diferent— i un altre essencialment determinista que, a partir de les condicions inicials, fan evolucionar el sistema cap a un determinat estat final. Aquest tàndem d'atzar i necessitat es manifesta en multitud d'aspectes a la creació.

El principi antròpic expressa que era necessari l'ajust tan fi que tenen les constants físiques fonamentals per tal que poguéssim aparèixer l'espècie humana sobre la Terra. És a dir, els mecanismes de l'atzar en l'evolució, tant química com biològica, han hagut de combinar-se amb la necessitat dels valors de les constants físiques fonamentals perquè la biologia donés lloc a la vida i a la vida humana tal i com la coneixem.

⁶⁸ J. MONOD, *El azar y la necesidad. Ensayo sobre la filosofía natural de la biología moderna*, Barcelona: Tusquets 1970, 200.

Adicionalment a aquesta potencialitat inicial per a la vida, expressada pel principi antròpic, hi ha tota una sèrie de condicionants a la Terra que permeten aquesta presència tan exuberant de vida. Entre aquests condicionants podem esmentar:

* La mida del Sol. Com més gran sigui l'estrella del sistema solar, menys anys de vida té i menys possibilitats que s'hi desenvolupi la vida.⁶⁹ Ja hem vist com la primera vida microbiana a la Terra havia necessitat 1000 M d'anys per desenvolupar-se.

* Distància al Sol. Hem comentat que la Terra es troba a la zona habitable de la nostra estrella. Ni gaire a prop ni gaire lluny, fet que garanteix una temperatura mitjana de la Terra adequada de 15°C. Ni massa calenta perquè bulli l'aigua ni massa freda perquè es congeli. Aquesta distància ideal permet aigua en els tres estats. Solament un 10 % més o menys dels 150 M de quilòmetres que ens separen del Sol faria que el clima a la Terra fos massa fred o massa calent per sustentar la vida (Fig. 40).

* Grandària i massa de la Terra. La mida i la massa de la Terra constitueixen uns altres factors indispensables per a la vida. Són essencials per a conformar la força de la gravetat terrestre i, gràcies a aquesta última, es pot retenir l'atmosfera terrestre i l'aigua en els seus tres estats. La força de la gravetat no solament determina la mida de les cèl·lules, sinó que condiciona la vida dels éssers vius.⁷⁰ Per aquest motiu, els astronautes sofreixen transformacions fisiològiques importants quan s'estan un temps prolongat a l'espai.

La grandària i la massa de la Terra influeixen també en la tectònica de plaques i aquesta última en el relleu de l'escorça terrestre. A la vegada, el relleu és essencial per a configurar la regulació del clima. En una connexió global de multitud de factors, tenim la sort que les condicions superficials de temperatura i pressió siguin adequades per a la vida.

⁶⁹ Estrelles que dupliquen la mida del Sol tenen una vida de 600 M d'anys. Si la mida és quatre vegades la del Sol, solament són actives durant 40 M d'anys.

⁷⁰ Per exemple: a Júpiter, una persona que pesa 70 kg a la Terra, tindria un pes de 185 kg.

* **Camp magnètic.** La rotació del nucli de ferro fos que hi ha al centre de la Terra crea un camp magnètic que és essencial per a la vida; és un escut invisible que ens protegeix del vent solar i de la radiació còsmica. A causa de l'altíssima temperatura de la corona solar —uns 2×10^6 °C— els àtoms d'hidrogen i heli estan ionitzats: això vol dir que els àtoms perden els seus electrons i es converteixen en ions positius. El vent solar està format, doncs, per una combinació d'electrons negatius i d'ions positius en baixa concentració, però que viatgen a una velocitat aproximada de 450 km/s. La radiació còsmica està formada per partícules subatòmiques carregades que provenen fonamentalment de fonts de la Via Làctia. Sense el nostre camp magnètic, aquests fluxos de radiació podrien destruir l'atmosfera terrestre i fer inviable la vida. El camp magnètic desvia les partícules seguint les seves línies de força i, quan xoquen amb els àtoms de nitrogen i oxigen de les capes altes de la nostra atmosfera, formen les aurores boreal i austral.

* **L'existència d'aigua en els seus tres estats.** Ja hem comentat en apartats anteriors la necessitat de l'aigua per a la pròpia evolució de la matèria orgànica i la seva presència ineludible per a la vida actual. La diversitat dels estats (sòlid, líquid i gasós) permet una diversitat enorme de formes de vida, a la vegada que regula el clima de la Terra. Es creu que, al nostre sistema solar, existeixen oceans d'aigua sota l'escorça congelada d'algunes llunes de Saturn. L'objectiu és enviar-hi sondes per tal de comprovar si allí hi pot haver vida microscòpica.

* **Presència d'una atmosfera protectora.** L'atmosfera, amb un 78 % de nitrogen i un 21 % d'oxigen, és essencial per a la supervivència de la majoria de les espècies. Pensem en la respiració dels éssers vius i en la fotosíntesi de les plantes. També conté un 0,035 % de diòxid de carboni, CO_2 , el qual crea l'efecte hivernacle. Gràcies a aquest efecte, els raigs solars arriben a la superfície terrestre i l'escalfen. Quan aquesta calor vol dissipar-se de nou cap a les capes altes de l'atmosfera és retinguda per aquesta capa de CO_2 . Gràcies a aquest efecte, la temperatura de la Terra és l'adequada per viure-hi, però un excés d'aquest gas —originat per la combustió excessiva de combustibles fòssils— trenca l'equilibri i la calor s'acumula i provoca l'escalfament global del planeta. A les capes altes de l'atmosfera, la capa d'ozó, O_3 , ens protegeix de les radiacions ultraviolades provinents del Sol. Ara bé, la contaminació també pot originar ozó a les capes baixes i, en aquest cas, pot afectar la salut de les

persones a causa del seu poder oxidant, ja que pot produir irritacions a les vies respiratòries i als ulls.

* Com que el Sol és una estrella de tercera generació, el sistema solar, i la Terra en concret, conté molts elements químics. La vida a la Terra es basa en el carboni; la disponibilitat de carboni —i altres elements bàsics com hidrogen, nitrogen, oxigen, fòsfor i sofre— és essencial per a formar tots els components que donen suport a la vida.

Així doncs, veiem que l'estructura i la composició de la Terra tenen uns límits molt estrets perquè l'evolució de la vida basada en el carboni sigui factible. No sabem si pot existir vida en altres planetes basada en altres elements químics, com el silici. Tot i així, les condicions que es donen a la Terra podrien existir a molts altres llocs de l'Univers, però, per ara, encara no les hem pogut observar.

10. HI HA VIDA MÉS ENLLÀ DE LA TERRA?

Aquest mateix any 2025 hem rebut la notícia que a un exoplaneta anomenat *K2-18b*, el qual orbita al voltant d'una estrella situada a 124 anys llum de la Terra, s'han detectat signes d'activitat microbiana. La presència de compostos com el sulfur de dimetil o el disulfur de dimetil, que a la Terra només són produïts de forma natural per les microalgues que formen el fitoplàncton, fa pensar que podria haver-hi signes de vida exterior. Nogensmenys, cal esperar més resultats científics per a assegurar aquesta hipòtesi.

Tot fa pensar que l'aigua és un element essencial perquè sorgeixi la vida. L'aigua és un gran solvent, on es poden dissoldre moltíssims compostos químics. També permet un gran nombre de reaccions químiques dins seu i juga un paper actiu en moltes d'aquestes reaccions. Finalment, l'aigua és un gran estabilitzador tèrmic i és molt abundant a l'Univers. Fan falta, però, com hem vist a l'apartat anterior, un altre seguit de condicions que es donen al planeta Terra per al sorgiment de la vida.

L'investigador principal de l'estudi del planeta *K2-18b*, el professor Madhusudhan⁷¹ de l'Institut d'Astronomia de Cambridge, creu que, si es confirmés, la vida simple hauria de ser força comuna a la galàxia.

Però passar d'aquesta vida simple a la vida complexa és un gran pas, i aquesta és una pregunta oberta. ¿Com es produeix aquest pas? Quines són les condicions que el regeixen? No ho sabem. I després passar d'aquí a la vida intel·ligent és un altre gran pas.

Tot i així, la presència de vida fora de la Terra té unes implicacions grans. Ens faria veure, per exemple, que les nostres races, llengües, fronteres... no són més que construccions culturals que ens divideixen, quan, en realitat, amb visió còsmica, som uns. Des de la teoria geocèntrica d'Aristòtil, o del llibre de Josuè a la Bíblia (Js 10,12) on la Terra era el centre de l'Univers, cada descobriment científic ens ha anat apartant d'aquest lloc cèntric i l'existència

⁷¹ N. MADHUSUDHAN – S. CONSTANTINOU – M. HOLMBERG – S. SARKAR – A. A. PIETTE – J. I. MOSES, «New Constraints on DMS and DMDS in the Atmosphere of K2-18 b from JWST MIRI», *The Astrophysical Journal Letters* 983 (2025) L40 (21pp).

de vida extraterrestre ens va situant, cada vegada amb més força, en el minúscul lloc de la creació on som, reduint la nostra singularitat.

La descoberta de vida intel·ligent fora de la Terra seria un fet impressionant. Els radioastrònoms s'hi dediquen des de fa temps. Hi ha molts senyals de ràdio que arriben al nostre planeta, però cap d'ells sembla ser emès per vida extraterrestre. Molts s'originen pels púlsars —estrelles de neutrons⁷² que giren molt de pressa— o per quàsars.⁷³ El projecte SETI (en anglès, *Search for Extraterrestrial Intelligence*) es dedica a la cerca de vida extraterrestre intel·ligent a través de radiotelescopis que capten els senyals de les estrelles que són més propers. Fins ara s'han localitzat més de 6.000 exoplanetes,⁷⁴ però en cap cas hem captat senyals de vida intel·ligent.

⁷² Les estrelles de neutrons s'originen quan una estrella més gran que el nostre Sol mor i la seva massa col·lapsa formant aquest tipus d'estrelles supermassives.

⁷³ Els quàsars es troben al centre de les galàxies on existeix un forat negre supermassiu. Aquest s'alimenta de gasos extremament calents que emeten radiació d'una gran intensitat.

⁷⁴ Planetes que es troben a sistemes solars diferents del nostre.

11. EL DESTÍ FINAL DE LA TERRA I DEL MÓN

A l'Antic Testament, concretament a Eclesiastès 1,4 trobem: «Una generació se'n va i una generació ve, però la Terra es mantindrà per sempre.» Doncs bé, encara que caldria posar aquesta oració en context, la ciència pot afirmar que la Terra no durarà per sempre.

Suposant que no hi hagi un cataclisme com un vulcanisme extrem, un altre xoc amb un asteroide o una erupció solar molt extraordinària, la vida a la Terra depèn del procés de generació d'energia del Sol. Actualment la nostra estrella es troba cap a la meitat de la seva vida. Quan s'esgoti l'hidrogen, el Sol col·lapsarà en el seu interior, ja que la pressió gravitatòria no serà compensada per l'energia termonuclear produïda. Aquesta compressió farà augmentar la seva temperatura fins a 50 M de graus. I, a aquesta temperatura, ja es pot iniciar la combustió nuclear de l'heli. Tres nuclis d'heli donaran lloc a un nucli de carboni. Aquesta reacció farà que el Sol s'escalfi, es dilati⁷⁵ i es transformi en el que s'anomena una *gegant vermella* (Fig. 41). Aquesta gegant vermella s'expandirà fins a les òrbites de Mercuri i Venus i la calor a la Terra serà tan intensa que tota l'aigua dels oceans s'evaporarà. En uns mil milions d'anys, la vida a la Terra serà impossible. La zona habitable del sistema solar es desplaçarà cap a Neptú.

Quan s'esgoti l'heli, el Sol ja no podrà aconseguir la temperatura necessària per iniciar la fusió del carboni. Llavors, esdevindrà inestable i, finalment, es desprendreà completament de les seves capes exteriors, formarà una nebulosa planetària i deixarà enrere un nucli calent que es refredarà lentament i es reduirà fins a convertir-se en una nana blanca.⁷⁶

I quin és el destí de l'Univers? L'Apocalipsi tracta, amb un llenguatge profètic i simbòlic, sobre la fi del món, tot sabent que, quan es va escriure, cap a l'any 95, els redactors estaven influïts per les persecucions de l'emperador Domicià.

⁷⁵ El Sol té un diàmetre d'1,39 M km i arribarà a tenir 108 M de km, és a dir, el seu volum creixerà unes 466.000 vegades. Tot i així, és una estrella relativament petita. Una de les més grosses, UY Scuti, té un diàmetre que és 1.700 vegades el del Sol. La Terra es troba a 150 M km del Sol.

⁷⁶ Una nana blanca està formada bàsicament per nuclis de carboni i oxigen molt compactats. L'interior d'aquest tipus d'estrella és increïblement dens —una culleradeta de cafè pesaria diverses tones—. La seva temperatura inicial és d'uns 10.000 °C i, com que no és capaç de produir energia, a poc a poc es va refredant. En diversos milers de milions d'anys es converteix en un sòlid inert.

Què ens pot dir la ciència al respecte? Com hem comentat a l'apartat 4, Edwin Hubble va mostrar com les galàxies s'allunyen unes de les altres empenyudes per una força desconeguda que anomenen *energia fosca*.

A la dècada de 1980, la majoria dels astrònoms estaven convençuts que l'Univers va començar amb una explosió, però tenien poca idea del seu acabament. Bàsicament hi havia tres escenaris, tots basats en la quantitat de matèria que contenia l'Univers. Si el cosmos tingués menys d'una determinada densitat crítica, l'Univers estava «obert» i s'expandiria per sempre donant lloc a la «Gran Congelació». Si la densitat fos superior al valor crític, l'Univers estava «tancat» i l'expansió finalment s'aturaria i després s'invertiria: col·lapsaria sobre si mateix i donaria lloc a un «Gran Cruixit»; si l'Univers estigués a la densitat crítica, era «pla» i l'expansió continuaria per sempre, però la velocitat finalment s'alentiria fins a zero. Per esbrinar quina és la correcta, els astrònoms van haver d'avançar ràpidament en l'estudi de l'evolució de l'Univers.

A finals de la dècada de 1990, els astrònoms que utilitzaven el telescopi espacial Hubble i diversos grans instruments terrestres examinaven desenes de supernoves distants i van poder concloure que l'expansió de l'Univers s'estava accelerant. La gravetat treballava per a frenar l'expansió i ho va fer amb èxit durant milers de milions d'anys. Però ara sembla que hem entrat en una era en què la gravetat no és rival per a la força misteriosa que fa que l'expansió s'acceleri. Els resultats d'aquesta energia, que constitueix el 68 % del contingut de massa-energia del cosmos, probablement conduiran a una expansió sense fi —tot i que alguns cosmòlegs diuen que la força no ha de durar per sempre. (Fig. 42).

Gràcies a l'expansió causada per l'energia fosca, en un parell de bilions d'anys, totes les galàxies, excepte les més properes, estaran massa lluny per veure-les. Aleshores, potser 100 bilions d'anys més tard, la formació d'estrelles cessarà, ja que les restes estel·lars denses com les nanes blanques i els forats negres bloquejaran qualsevol material restant.

D'aquí a uns googol d'anys⁷⁷ els últims objectes de l'Univers, els forats negres supermassius, acabaran d'evaporar-se a través de la radiació de Hawking.^{78,79}

⁷⁷ Un googol és 10^{100} anys, és a dir, un 1 seguit de 100 zeros.

⁷⁸ Stephen Hawking va predir que els forats negres emeten radiació electromagnètica.

⁷⁹ S. HAWKING, «Particle Creation by Black Holes. Communications», *Mathematical Physics* 3 (1975) 199-220.

Després d'això, l'Univers entrarà en l'anomenada *Era Fosca*, en la qual la matèria és només un record llunyà

La segona llei de la termodinàmica suggereix que l'entropia⁸⁰ continuarà augmentant en un sistema —com el cosmos— fins que arribi a un nivell màxim. En termes reals, això significa que, en algun moment, l'Univers finalment arribarà a un estat en què tota l'energia i, per tant, la calor, es distribuirà uniformement. La temperatura final de tot l'Univers serà una mica per sobre del zero absolut.⁸¹

Així doncs, sembla que la fi dels temps sigui com descriu l'inici del Gènesi:⁸²

Al principi, Déu va crear el cel i la terra. La terra era caòtica i desolada, les tenebres cobrien la superfície de l'oceà i l'Esperit de Déu planava sobre les aigües. Al principi tot era buit i fosc.

⁸⁰ L'entropia és una magnitud termodinàmica que es pot interpretar com a mesura del desordre d'un sistema.

⁸¹ El zero absolut són $-273,15^{\circ}\text{C}$.

⁸² Gènesi 1,2.

12. EPÍLEG

No hi ha dubte que la ciència és una de les eines més potents que han desenvolupat els humans per a comprendre la realitat del món natural. Ens ajuda a entendre el món: per què passen les coses? Com passen? I, en la vessant tecnològica, ens proporciona béns que contribueixen al nostre benestar.

Hi ha unes quantes consideracions científiques que resten obertes a dia d'avui, com són l'origen de l'Univers, la gènesi de la matèria fosca i de l'energia fosca, l'inici de la vida, la mida de l'Univers o el final que tindrà. Tot i així, quan hi hagi noves evidències sobre aquestes realitats concretes, el coneixement científic es modificarà per a apropar-se més a la realitat coneguda.

Amb tot, quan el progrés científic ens ha portat a fites mai aconseguides abans, hem de reconèixer que la ciència no pot donar resposta a totes les preguntes que ens fem els humans, sobretot aquelles relacionades amb el sentit que té la vida de l'home i del món: Per què som aquí? Per què existim? Per què existeix l'Univers? Quin sentit té la nostra vida?...

A la ciència, li és difícil acceptar altres motius existencials que no siguin els purament materials i, sobretot, que vinculin el nostre món a influències sobrenaturals més enllà de la realitat científica. Per això no pot parlar de creació, sinó de natura o biosfera. Que el big-bang hagi estat iniciat per una fluctuació quàntica és tan difícil d'imaginar com la presència d'un creador, però aquest últim pertany a l'esfera de la teologia i de la fe.

L'origen de la sorprenent precisió de les constants físiques fonamentals és un altre fet científic inexplicable. La hipòtesi del multivers, anomenada al final de l'apartat 3, formulada per a intentar explicar aquesta finesa de les constants, és indemostrable. En canvi, hem pogut veure que la química dels elements, juntament amb el valor d'aquestes constants físiques, ens explica l'evolució de l'Univers. Sense que calgui recórrer a la intervenció de Déu en certs moments al llarg de la creació, els creients podem afirmar, avalats per la ciència, que l'home ha estat creat per Déu en un procés de creació i evolució.

De tota manera, *les nostres creences han de ser compatibles amb el que descobreixen els avenços científics*. Cal interpretar la Bíblia i el conjunt d'ensenyaments de l'Església a la llum del que ens diu la ciència en cada moment. En fer-ho, apropem la nostra fe a la realitat coneguda, sense que hi hagi cap perill de posar-la en dubte.

Des del punt de vista científic, la vida no té una finalitat més enllà de la reproducció i la pervivència. L'Univers no té cap propòsit determinat. Aquestes qüestions, se les plantegen els humans, però l'Univers continuaria existint en absència dels humans.

Per contra, el principi antròpic afirma que els paràmetres del cosmos estan dissenyats per a la vida i per a la vida humana. Si fossin tan sols una mica diferents, la vida no seria possible.

La ciència prediu un final per a l'Univers en un temps que supera la nostra percepció. Parlem de trilions de trilions d'anys. L'equilibri termodinàmic en tot sistema ens diu que en un sistema on hi ha diferències de temperatura, la calor flueix fins a adquirir l'equilibri tèrmic mitjançant processos que no es poden revertir. L'entropia, doncs, augmenta constantment seguint la fletxa del temps, sempre cap al futur, cap a un desordre⁸³ més gran. L'Univers, doncs, sofrirà una mort tèrmica, en la qual no seran possibles les condicions per a la vida.

No obstant, l'esperança cristiana ens diu que no s'acabarà tot. L'evangelista Joan, a l'Apocalipsi (Ap 21,3-4), escrit en temps de tribulació, ens diu:

I vaig sentir una veu forta que proclamava des del tron:

—Aquest és el tabernacle on Déu habitarà amb els homes. Ells seran el seu poble i el seu Déu serà "Déu que és amb ells". Eixugarà totes les llàgrimes dels seus ulls i no existirà més la mort, ni dol, ni crits, ni sofriment. Perquè les coses d'abans han passat.

⁸³ D. KONDEPUDI – I. PRIGOGINE, *Modern thermodynamics: From heat engines to dissipative structures*, Chichester: John Wiley & Sons Ltd. 1998, 508.

13. BIBLIOGRAFIA

- ARTIGAS, Mariano, *Ciencia, razón y fe*. Barañáin: Eunsa 2011, 200.
- BRIONES, Carlos, ¿Estamos solos? En busca de otras vidas en el cosmos, Barcelona: Crítica 2020, 560.
- CAMPUZANO, Manuel, *Galileo Galilei: Ciencia contra Dogma*, Madrid: Visión Libros 2007, 252.
- CENTRO DE CIENCIA Y FE, *Documentos Faraday* [en línea], <https://www.cienciayfe.es/es/documentos_faraday>, [Consulta: 9 març 2025].
- DARWIN, Charles, *On the Origin of Species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*, London: John Murray 1859, 502.
- DEAMER, David W. – FLEISCHAKER, Gail R., *Origins of Life: The Central Concepts*, Boston: Jones and Bartlett 1994, 431.
- GERALD, Michael C. – GERALD, Gloria, *The Biology Book. From the Origin of Life to Epigenetics, 250 milestones in the History of Biology*, New York: Sterling 2015, 528.
- HAWKING, Stephen *Historia del tiempo: Del big bang a los agujeros negros*, Madrid: Alianza 2011, 177.
- , «Particle Creation by Black Holes.Communications», *Mathematical Physics* 3 (1975) 199-220.
- HELLER, Michael, *Creative tension. Essays on science and religion*, West Conshohocken, PA: Templeton Foundation Press 2003, 183.
- HOYLE, Fred – DUNBAR, D.N.F. – WENSEL, W. A. – WHALING, W., «The 7.68-Mev State in C¹²», *Phys. Rev.* 92 (1953) 649-650.
- JOU, David, *Déu, cosmos, caos. Horitzons del diàleg entre ciència i religió*, Barcelona: Viena 2008, 290.
- KOLB, Edward – TURNER, Michael, *The Early Universe*, Redwood City, CA: Addison-Wesley 1988, 554.
- KONDEPUDI, Dilip – PRIGOGINE, Ilya, *Modern thermodynamics: From heat engines to dissipative structures*, Chichester: John Wiley & Sons Ltd. 1998, 508.
- LEMAÎTRE, Georges, «Un Univers homogène de masse constante et de rayon croissant rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extragalactiques», *Annales de la Société Scientifique de Bruxelles* 47 (1927) 49-59.
- LÓPEZ-OTÍN, Carlos *La levedad de las libélulas*, Barcelona: Paidós 2024, 256.

- MADHUSUDHAN, Nikku – CONSTANTINOI, Savvas – HOLMBERG, Måns – SARKAR, Subhajit – PIETTE, Anjali, A.A. – MOSES, Julianne I., «New Constraints on DMS and DMDS in the Atmosphere of K2-18 b from JWST MIRI», *The Astrophysical Journal Letters* 983 (2025) L40 (21pp).
- MARGULIS, Lynn – DOLAN, Michael F., *Els inicis de la vida*, Alzira: Bromera 2007, 210.
- MARQUES-BONET, Thomas – KIDD, Jeffrey M. – VENTURA, Mario et al., «A burst of segmental duplications in the genome of the African great ape ancestor», *Nature* 457 (2009) 877-881.
- MILLER, Stanley L., «A Production of Amino Acids Under Possible Primitive Earth Conditions», *Science* 117 (1953) 528-529.
- MONOD, Jacques, *El azar y la necesidad. Ensayo sobre la filosofía natural de la biología moderna*, Barcelona: Tusquets 2000, 200.
- ORÓ, Juan, «Mechanism of Synthesis of Adenine from Hydrogen Cyanide under Possible Primitive Earth Conditions», *Nature* 191 (1961) 1193-1194.
- SAGAN, Carl, *Carl Sagan's Cosmic Connection*, Cambridge, New York: Cambridge University Press 2000, 302.
- THE CHIMPANZEE SEQUENCING AND ANALYSIS CONSORTIUM, «Initial sequence of the chimpanzee genome and comparison with the human genome», *Nature* 437 (2005) 69-87.
- VIGIL, José Maria, *Sin Teísmo. Una nueva manera de representar la Realidad* [en línia], <https://www.atrío.org/wp-content/uploads/VigilSIN_TEISMO.pdf> [Consulta: 25 febrer 2025].
- WHALEN, D. J. – LATIF, M. A. – JESSOP, C., «Abundant water from primordial supernovae at cosmic dawn», *Nat Astron* 9 (2025) 741-746.
- WHITE, Tim D. – ASFAW, Berhane – BEYENE, Yonas – HAILE-SELASSIE, Yohannes – LOVEJOY, C. Owen – SUWA, Gen – GABRIEL, Giday Wolde, «Ardipithecus ramidus and the Paleobiology of Early Hominids», *Science*, 326 (2009) 64-86.

14. FIGURES

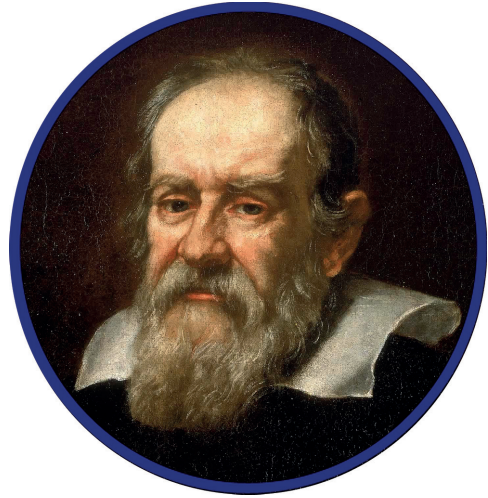


Fig. 1. Retrat de Galileo Galilei (1564-1642).
National Maritime Museum,
Greenwich, Londres.



Fig. 2. Finca d'Arcetri, prop de Florència, on residí Galileu fins a la seva mort. Font: I. Sailko.



Fig. 3. *El Paradís Terrenal*, Jan Brueghel de Velours. Font: Creative_Commons_license.

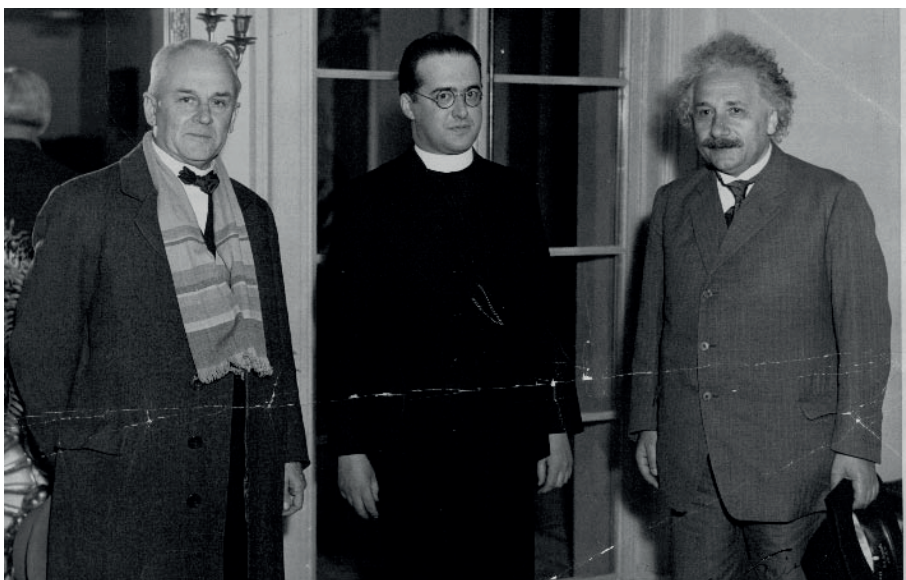


Fig. 4. Robert A. Millikan, Georges Lemaître i Albert Einstein al California Institute of Technology, Gener 1933. Font: commons.wikimedia.org.

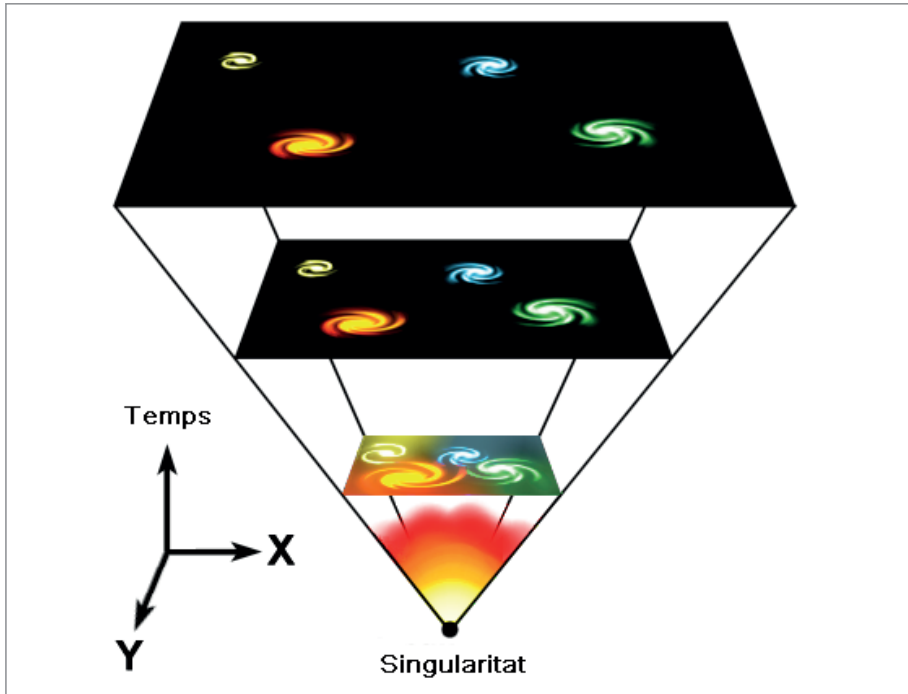


Fig. 5. Expansió de l'univers a partir del big-bang. Font: Creative_Commons_license.

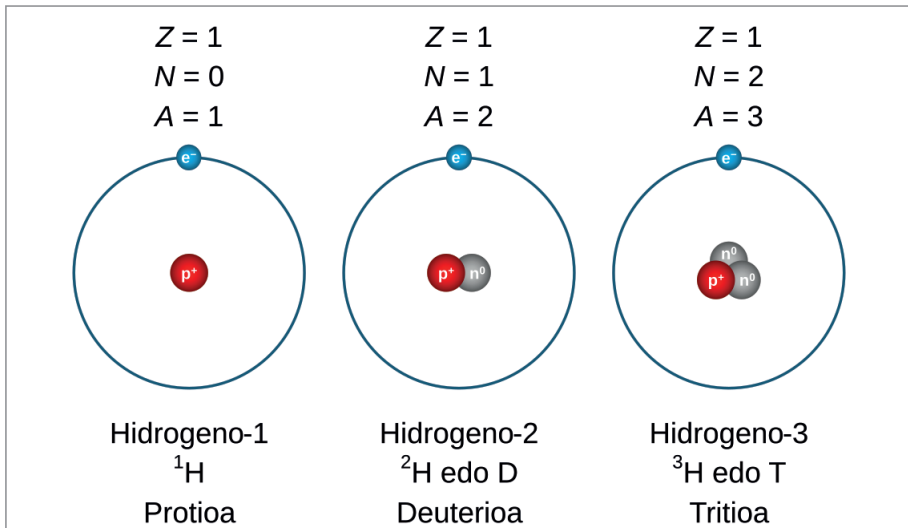


Fig. 6. Esquema dels àtoms més senzills: hidrogen, deuteri i triti. Font: Creative_Commons_license.

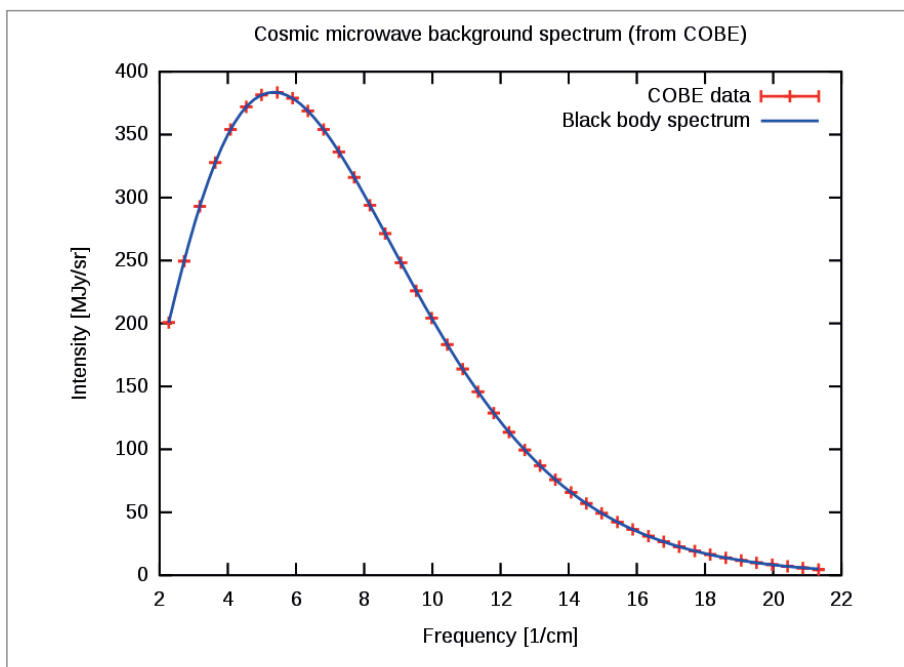


Fig. 7. Forma de la radiació de fons de microones representant la intensitat de la radiació davant la freqüència d'emissió. Font: Creative_Commons_license.

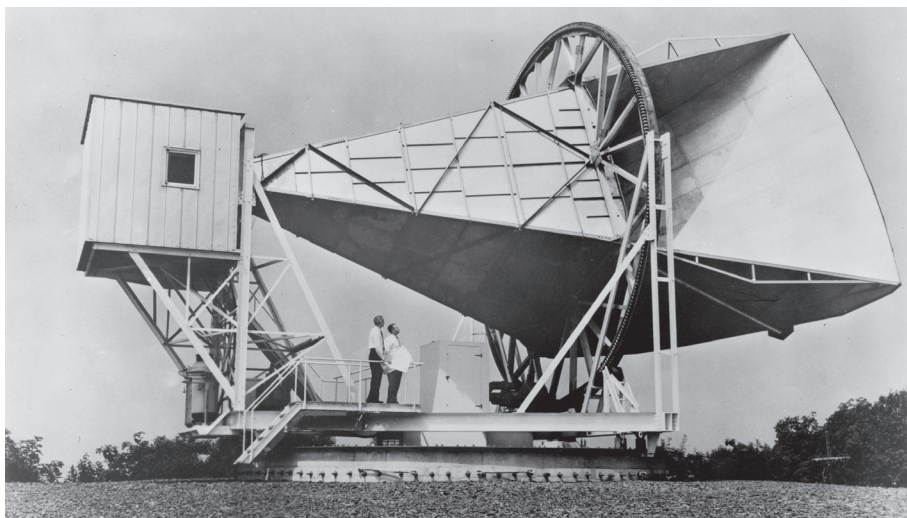


Fig. 8. Els enginyers Penzias i Wilson, descobridors de la radiació de fons de microones amb la seva antena de ràdio. Font: Creative_Commons_license.

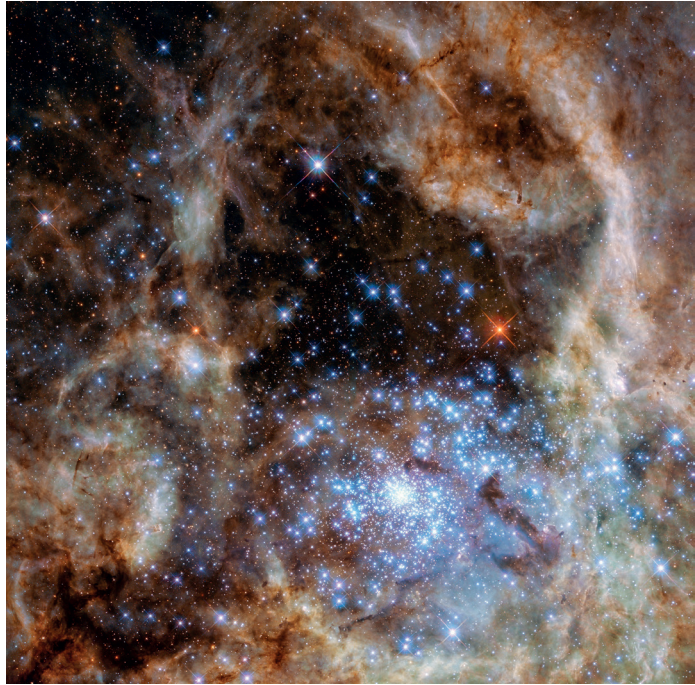


Fig. 9. Imatge de
pols interestel·lar
fotografiada
pel telescopi
James Webb.
Font: NASA
Ciència.

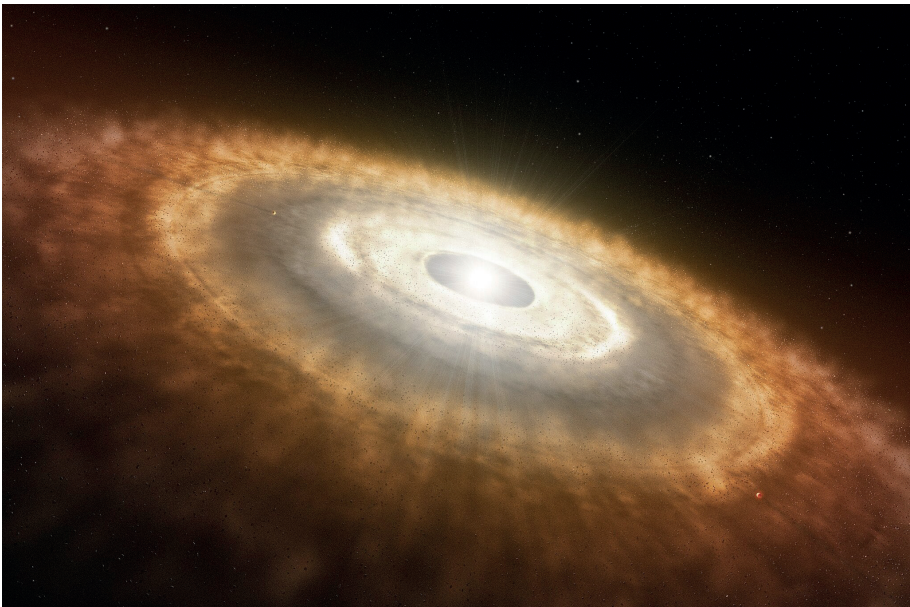


Fig. 10. Disc protoplanetari al voltant d'una estrella. Font: Creative_Commons_license.



Fig. 11. Galàxia espiral NGC 4414, semblant a la Via Làctia. Està a 62 milions d'any llum de la Terra. Font: The Hubble Heritage Team (AURA/STScI/NASA).

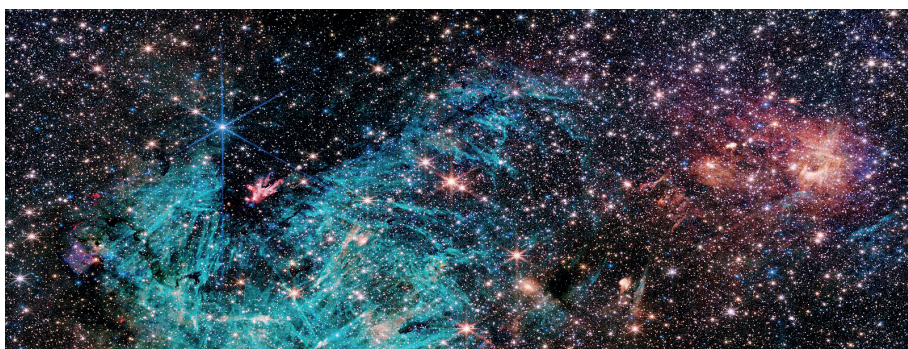


Fig. 12. Imatge del telescopi James Webb enfocat cap al centre de la nostra galàxia. Hi ha al voltant de 500.000 estrelles en aquesta imatge, que té uns 50 anys llum de llargada. El color blavós del centre i de l'esquerra de la imatge indica l'activitat del gas hidrogen a la regió. Font: NASA, ESA, CSA, STScI, S. Crowe (UVA).

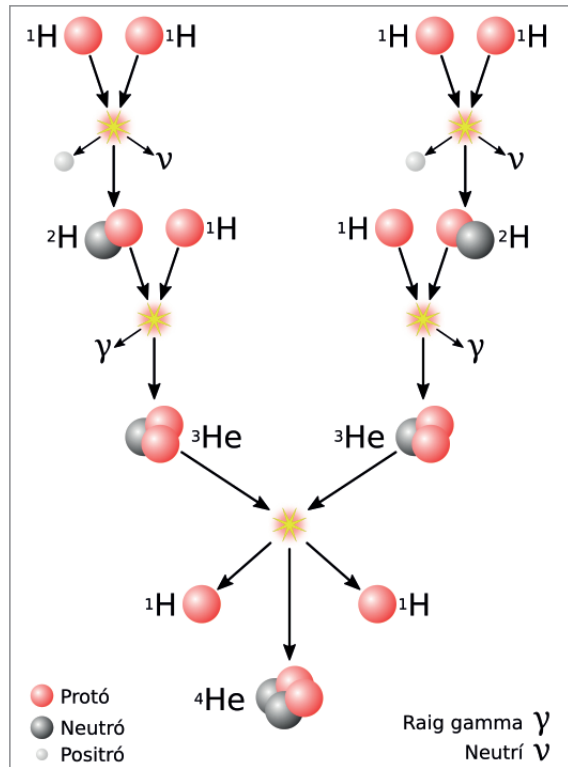


Fig. 13. Nucleosíntesi de nuclis d'heli (partícules alfa) a partir de nuclis d'hidrogen. Font: Sarang.

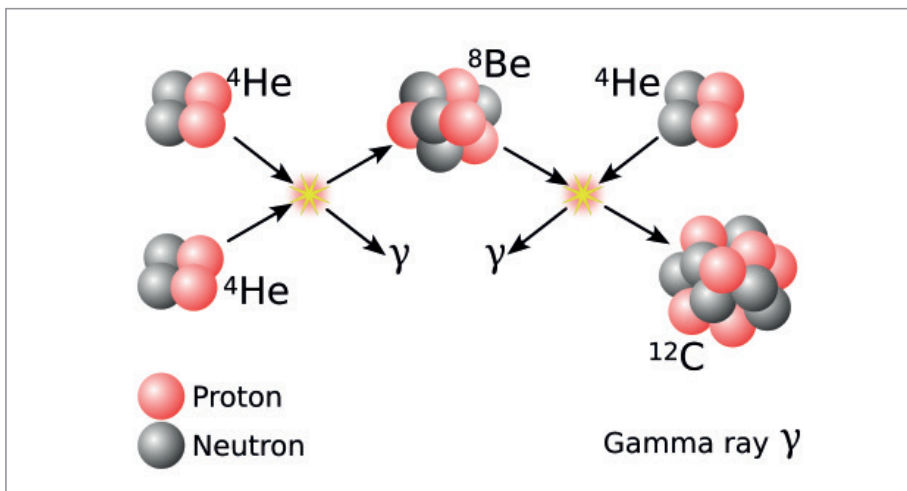


Fig. 14. Nucleosíntesi de carboni a partir de nuclis d'heli (partícules alfa) i de nuclis de beril·li. Font: Creative_Commons_license.

Grup→	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
↓ Període																		
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
Lantànids				57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
Actínids				89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

Fig. 15. La taula periòdica dels elements basada en l'ordenació inicial de Mendelejev. Font: Cepheus.

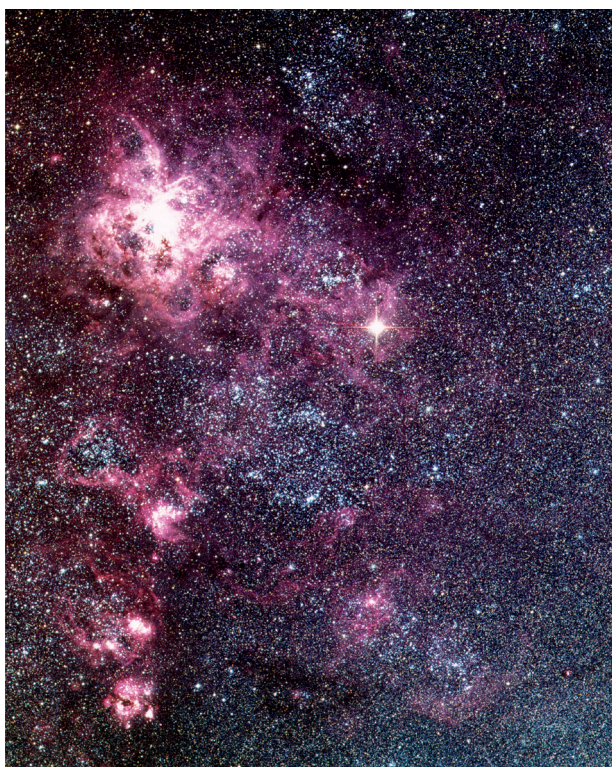


Fig. 16. Imatge d'una supernova generant pols còsmica. Font: European Southern Observatory, ESO.

Fig. 17. Nebulosa Cassiopea
A, té uns 15 anys llum de
diàmetre. Els colors són
deguts als diferents elements
presents: el silici és vermell;
el sofre, groc; el calci, verd
i el ferro, porpra. El blau
correspon a l'ona d'expansió.
Font: NASA/CXC/SAO.

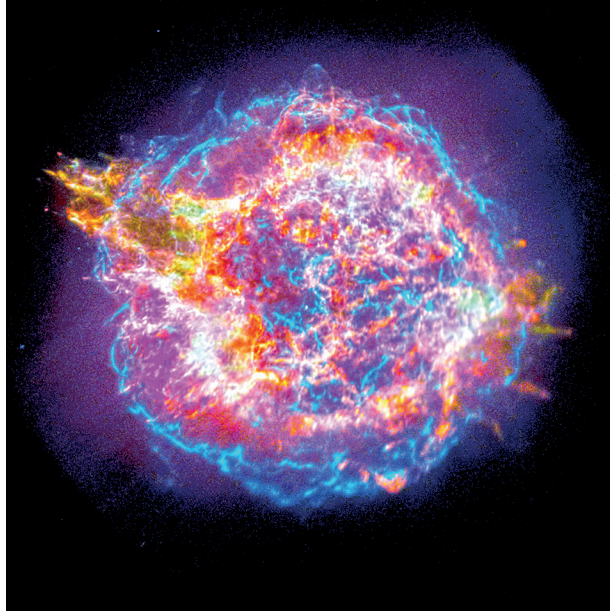


Fig. 18. Edwin P. Hubble.
Font: Johan Hagemeyer.



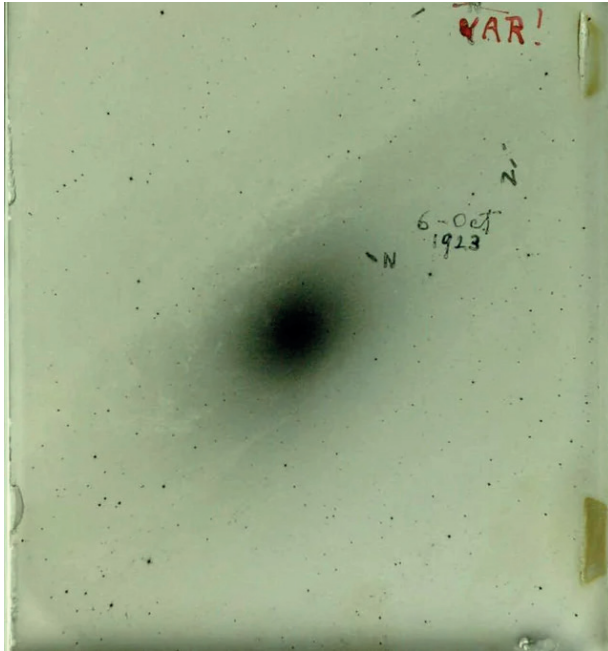


Fig. 19. Nebulosa Andròmeda fotografiada per Hubble al 1923. Comparar amb Figura 20. Font: Edwin Hubble, Carnegie Institution for Science, Torben Hanses.



Fig. 20. Galàxia Andròmeda, que es troba a 2,5 milions d'anys llum de nosaltres, i alguna de les seves galàxies satèl·lit més petites. Font: Ahmad Basem.



Fig. 21. Henrietta Swan Leavitt (Lancaster, 1868 – Cambridge, 1921). Font: Library of Congress blogs.

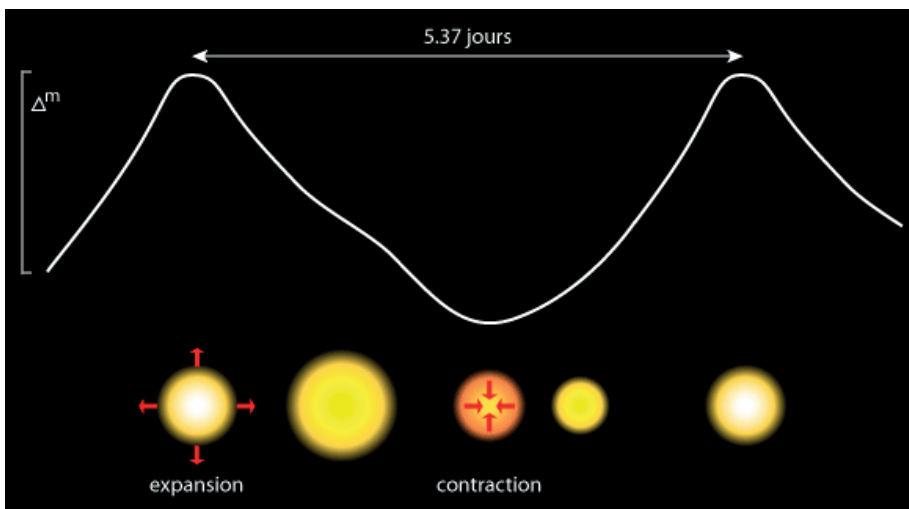


Fig. 22. Període de lluminositat d'una estrella variable. Font: dogomka.blogspot.com.

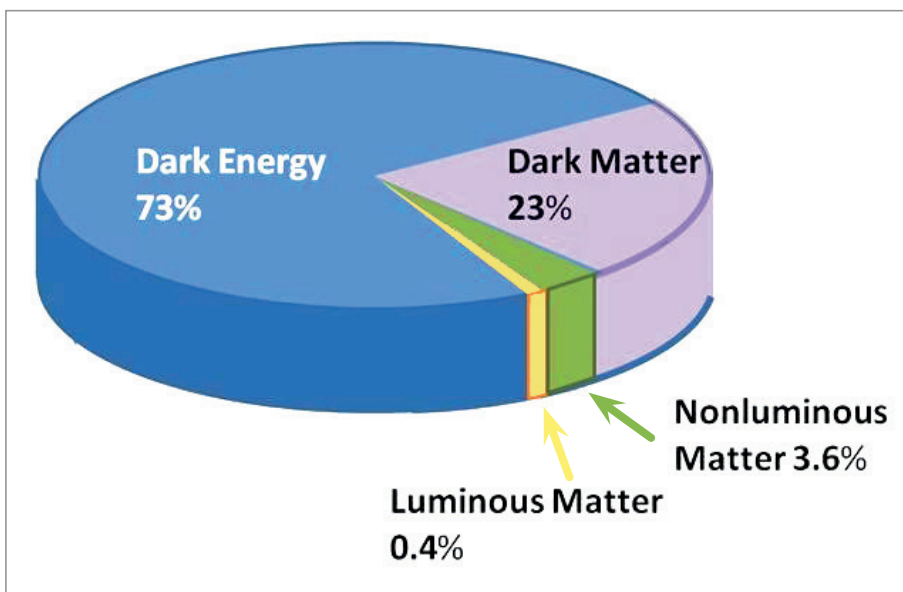


Fig. 23. Composició de l'univers actual en termes de massa-energia. Font: ResearchGate

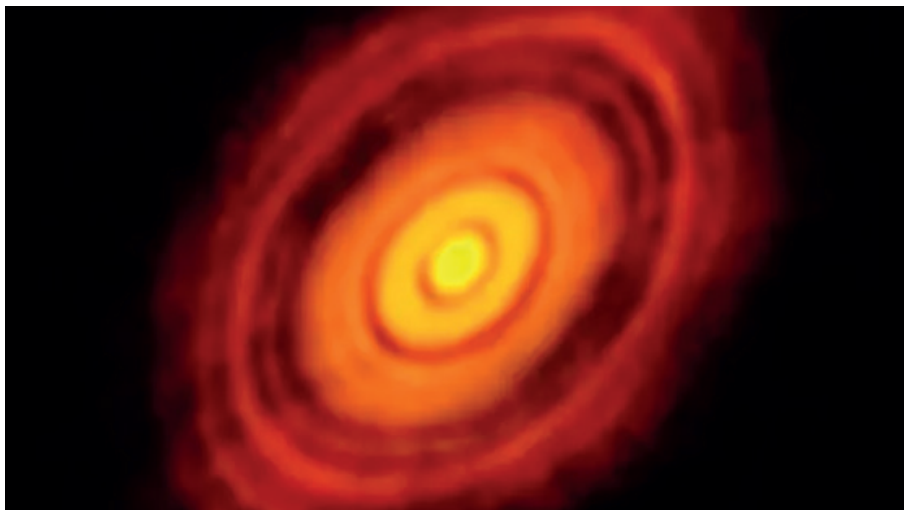


Fig. 24. Disc protoplanetari que envolta l'estrella HL Tauri a partir de les dades del telescopi ALMA. Font: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO).

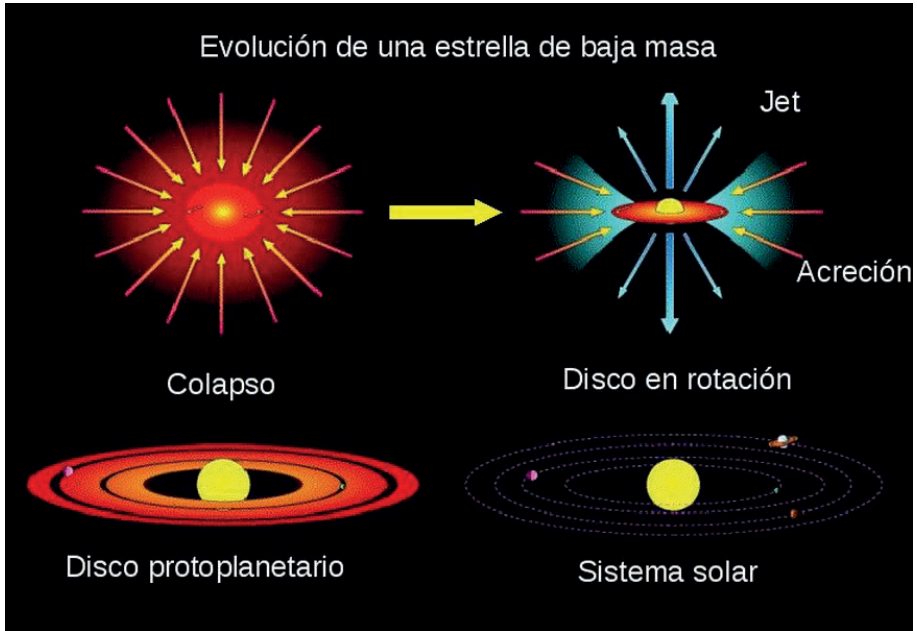


Fig. 25. Evolució del disc protoplanetari al llarg de 1-10 M. d'anys. Font: Mark McCaughrean, Astrophysikalisches Institut Potsdam.



Fig. 26. La Terra en formació. Font: es.geologyscience.com.



Fig. 27. El xoc de l'asteroide Teia (aproximadament de la mida de Mart) podria haver originat la formació de la Lluna. Font: NASA/JPL-Caltech.

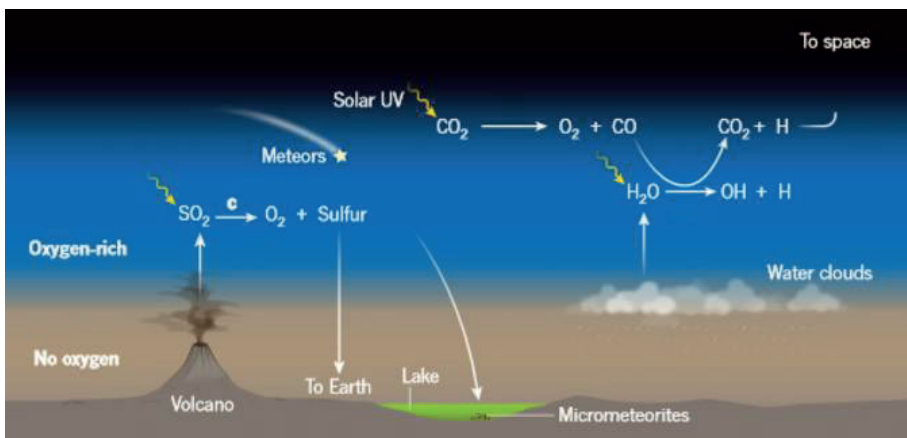


Fig. 28. Compostos químics volàtils inicials a la Terra. Font: K. Zahnle y R. Buick/Nature.

Fig. 29. Experiment de Miller-Urey a la Universitat de Chicago (1953). H_2O , CH_4 , NH_3 , H_2 . Font: Creative_Commons_license.

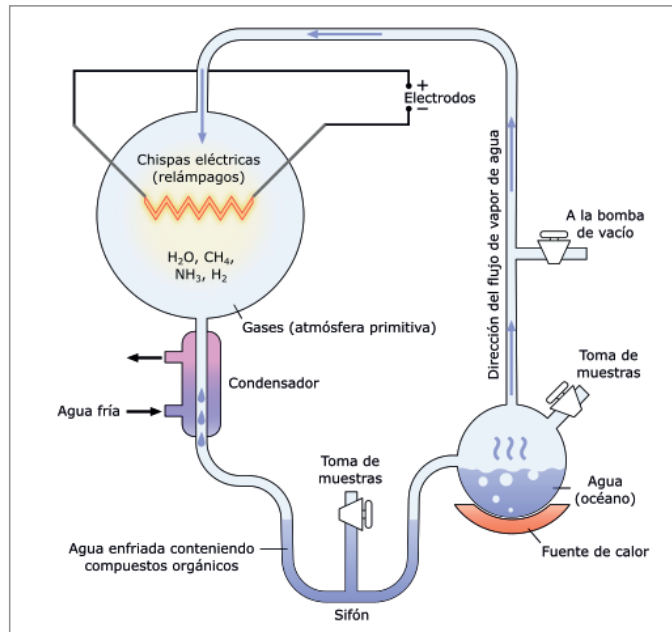


Fig. 30. Joan Oró al seu laboratori a la Universitat de Houston. Font: mabumbe.com.

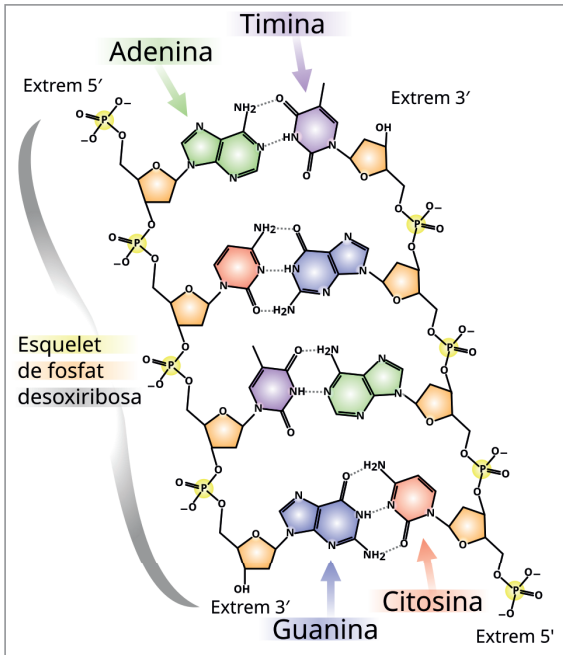


Fig. 31. Segment de molècula d'ADN. Font: Creative Commons_license.

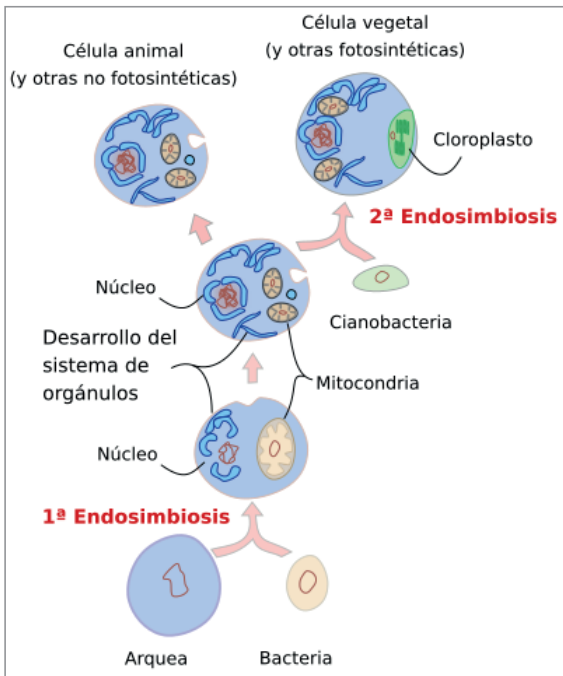


Fig. 32. A Lynn Margulis, li devem la teoria de l'endosimbiosi, teoria que explica l'aparició de les cèl·lules eucariotes a partir d'organismes procaris primitius com arquees i bacteris. Font: year-review-ap-biology.webnode.page/endosymbiosis/.

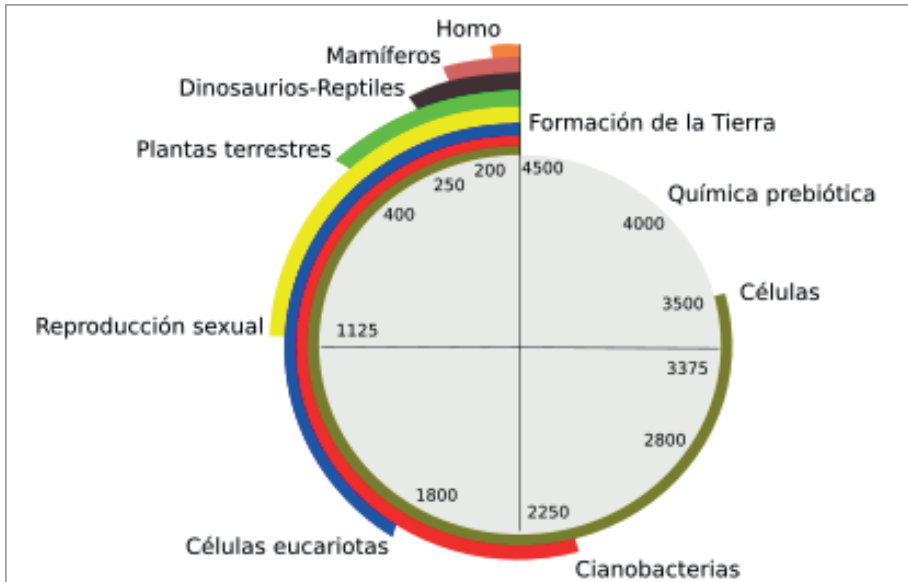


Fig. 33. Seqüència temporal d'alguns esdeveniments rellevants des de l'inici de la vida a la Terra.
Font: mmegias.webs.uvigo.es.



Fig. 34. Estromatòlits. Font: Creative_Commons_license.



Fig. 35. Etiqueta d'Anís del Mono fent referència a l'evolució dels homínids. Font: museudebadalona.cat.



Fig. 36. Fòssil de l'*Ardipithecus ramidus*. Font: DOI: 10.1126/science.1175802.

Claves biológicas y culturales de la evolución humana | José María Bermúdez de Castro

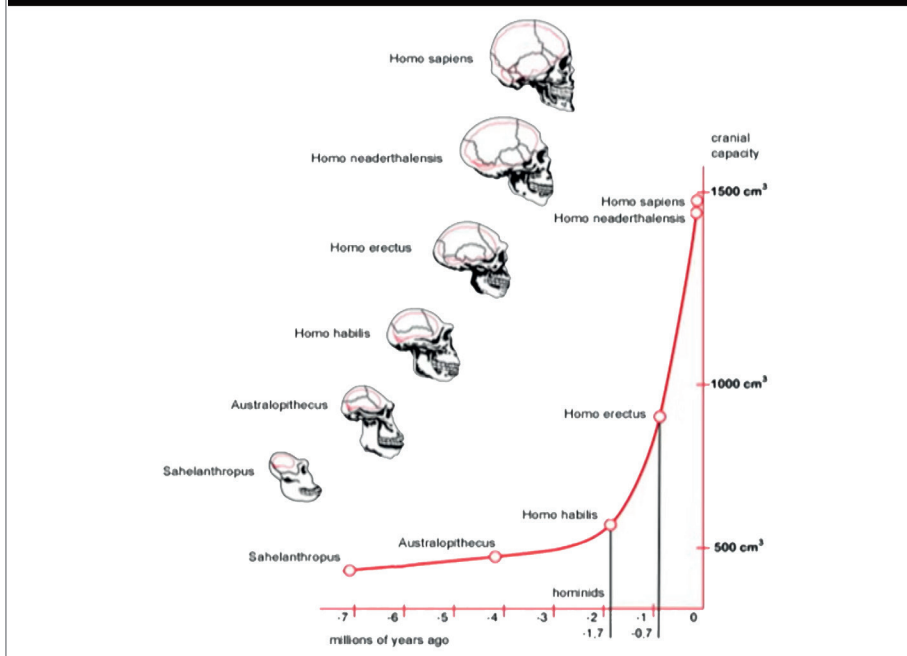


Fig. 37. Creixement del cervell del gènere *Homo*. Font: José M. Bermúdez de Castro.

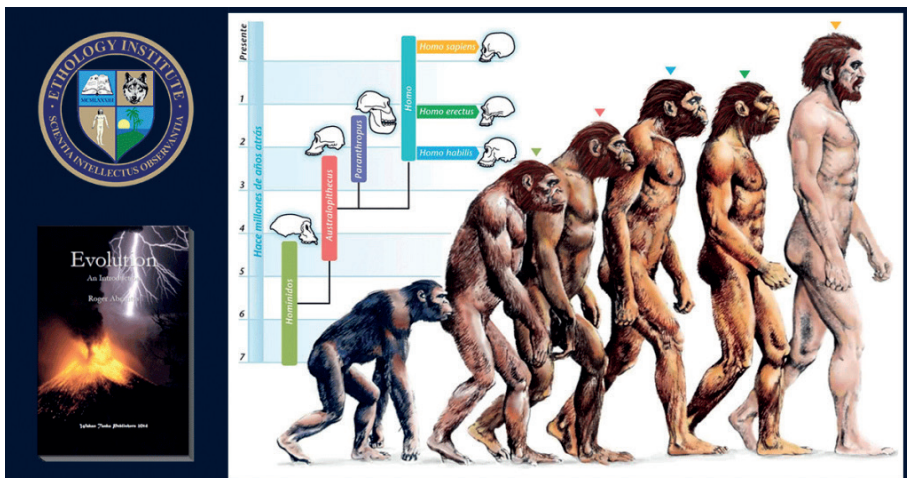


Fig. 38. Evolució dels homínids moderns. Font: ethology.eu/tag/darwin/.

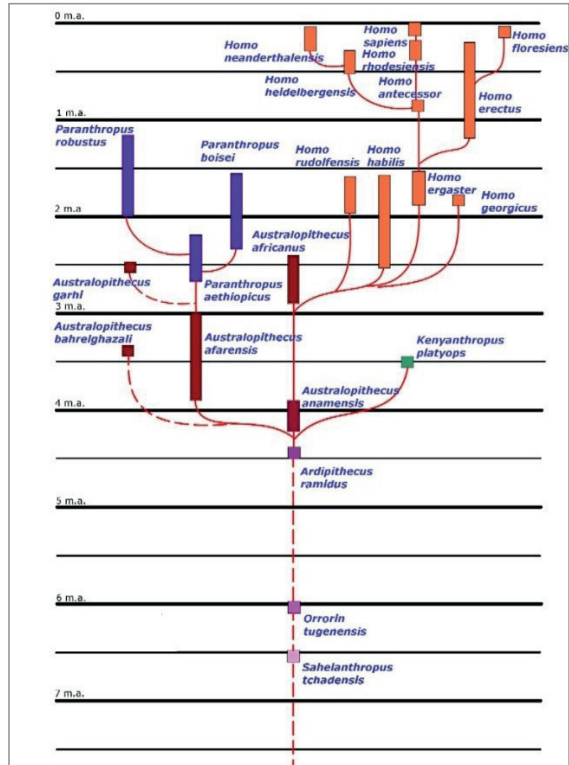


Fig. 39. L'arbre filogenètic dels homínids.
Font: www.mclibre.org.

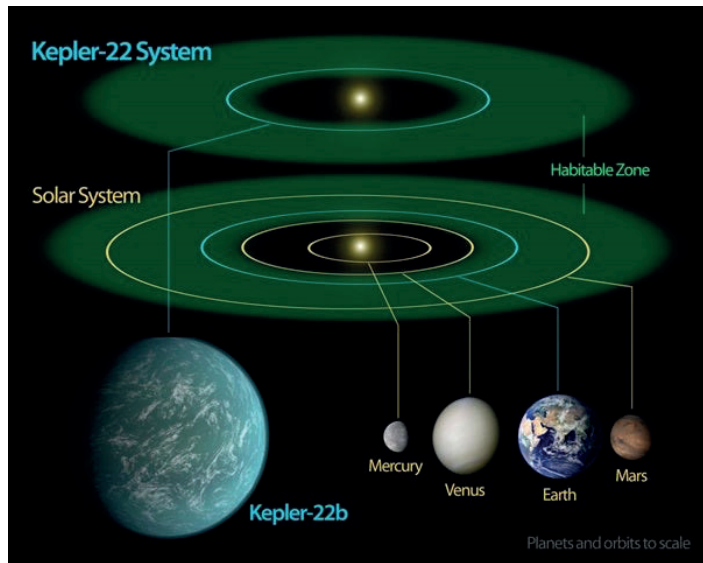


Fig 40. Zona habitable del sistema solar comparada amb la del sistema Kepler-22. Font: Astronomy magazine. www.astronomy.com

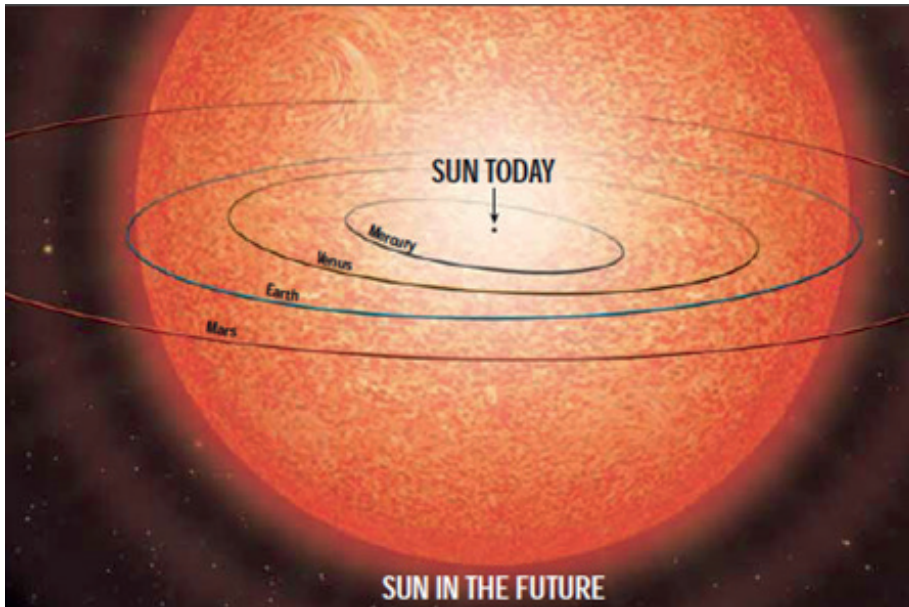


Fig. 41. El nostre Sol esdevindrà una gegant vermella. Font: *Astronomy magazine*. www.astronomy.com

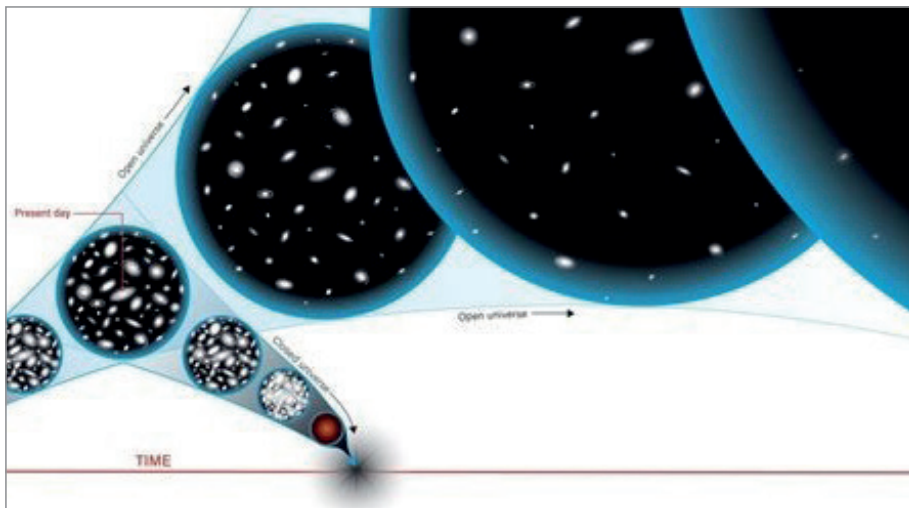


Fig. 42. Opcions de l'evolució de l'univers. Font: *Astronomy magazine*. Roen Kell. www.astronomy.com.

Memòria del curs 2024-2025

Les activitats del curs lectiu 2024-2025 s'iniciaren el dia 3 de setembre amb l'obertura de la Secretaria i la realització dels exàmens de la convocatòria extraordinària. Les classes començaren el dia 24 de setembre.

Estadística d'alumnes

Els alumnes matriculats durant el curs 2024-2025 ser 130: 28 alumnes ordinaris (23 alumnes del Batxillerat en Ciències Religioses, 5 alumnes de la Llicenciatura en Ciències Religioses); 1 alumne extraordinari del Batxillerat en Ciències Religioses; 18 alumnes de la DECA infantil-primària; 15 alumnes de cursos de formació permanent del professorat, 13 alumnes del curs d'iniciació teològica per a agents de pastoral i 68 alumnes oients.

Cursos i col·laboracions

Aquest curs, les noves assignatures que es van programar dins el currículum de la Llicència van ser: «Història del monaquisme antic i medieval», a càrrec del Dr. Albert Viciano, «Introducció a l'arqueologia bíblica», a càrrec de la Llic. Pilar Casals i «La presència de les dones en els evangelis» a càrrec de la Dra. Begonya Palau.

Per manca d'inscripcions es va suspendre el monogràfic: «Pietat popular i Setmana Santa: Aspectes teològics, patrimonials i jurídics» que havia d'anar a càrrec del Llic. Josep Ignasi Boada, director del Secretariat d'Associacions de Setmana Santa de l'Arquebisbat i els professors Joan Àguila i Albert Fortuny.

Durant aquest curs també es va programar el segon curs d'«Iniciació teològica per a Agents de Pastoral» amb l'objectiu de continuar oferint una formació bàsica en Ciències Religioses adreçada principalment als fidels que tenen responsabilitats eclesials o estan cridats a tenir-les. El van seguir 13 alumnes, alguns *a motu proprio* i d'altres enviats per les seves parròquies o UPAs.

Durant el curs 2024-2025 es van impartir 8 cursos de formació permanent del professorat reconeguts pel Departament d'Educació de la Generalitat de Catalunya.

Del 30 de juny al 4 de juliol, es va impartir el curs de formació permanent del professorat «Visions apocalíptiques. Reflexió filosòfica en relats artístics contemporanis» en col·laboració amb la Delegació diocesana per a l'Educació de l'Arquebisbat de Tarragona. El curs va anar a càrrec del Dr. F. Javier Clemente i va ser seguit per 9 alumnes.

Del 7 a l'11 de juliol, mitjançant la col·laboració entre l'Associació Bíblica de Catalunya i el nostre Institut es van oferir els Cursos Bíblics d'Estiu com a assignatures optatives del primer i del segon cicle dels nostres estudis ordinaris i com a cursos de formació permanent del professorat amb una assistència de 52 alumnes d'arreu de Catalunya. El Dr. Joan Ferrer i la Dra. Begonya Palau van impartir el curs «El llibre dels Fets dels Apòstols» i el Dr. Joaquim Malé el curs «El llibre del profeta Isaïes».

Cronologia dels esdeveniments

El dia 17 d'octubre, va tenir lloc l'acte d'inauguració del curs 2024-2025 a l'Aula Magna del Seminari. Casa de Cultura. Fou presidit per l'arquebisbe Joan, Moderador de l'Institut, i va comptar amb la presència del Dr. Albert Viciano, degà de la Facultat d'Història, Arqueologia i Arts Cristianes Antoni Gaudí; la Dra. Silvia De la Flor, comissionada per a l'optimització de processos de la Universitat Rovira i Virgili i el Dr. Jordi Tous, degà de la Facultat de Ciències de l'Educació i Psicologia de la URV. L'acte acadèmic s'inicià amb unes paraules del director de l'Institut, el Dr. Andreu Muñoz. Tot seguit, va intervenir la secretària de l'Institut, Sra. Roser Fornell, amb la lectura de la memòria del curs 2023-2024. La magistral lliçó inaugural va anar a càrrec del Dr. Joaquim Garrigosa i Massana, musicòleg amb el títol: «Mn. Higiní Anglès. Home d'Església i musicòleg». Entre el més d'un centenar d'assistents hi havia alumnes, professors, familiars de Mn. Higiní Anglès, una representació de l'Ajuntament de Maspujols amb el seu alcalde, i veïns del municipi natal de Mn. Anglès, així com d'altres autoritats acadèmiques i eclesiàstiques.

Acabada la lliçó inaugural, Mn. Raimon Mateu, diaca, va adreçar unes paraules en nom de la primera promoció de llicenciats de l'INSAF, coincidint amb el seu vint-i-cinquè aniversari. En record d'aquesta primera promoció, els alumnes van ser obsequiats amb un detall commemoratiu.

En acabar, tots els assistents vam gaudir una estona de germanor amb un refrigeri a l'Espai Catedral del Claustre del Sagrat Cor.

Els dies 4 i 13 de novembre, seguint la resolució de la Generalitat de Catalunya per la qual s'estableixen determinades restriccions per l'activació del Pla especial d'emergència per inundacions de Catalunya (INUNCAT) l'Institut va suspendre tota l'activitat acadèmica presencial i les classes es van oferir telemàticament.

Del 14 i 21 de novembre es va procedir a l'elecció dels dos representants dels alumnes del nostre Institut. Gràcies a la col·laboració dels Serveis Informàtics de l'Arquebisbat es va poder fer telemàticament. Van ser elegits el Sr. Xavier Fortuny Torres i la Sra. Francisca Rodríguez Báñez.

El dia 22 de novembre, al Claustre de Sant Pau, va tenir lloc la presentació del llibre de la Sra. Pilar Encuentra, llicenciada en Ciències Religioses, exalumna de l'INSAF: «Del árbol del conocimiento al árbol de la Vida. El hombre: un ser en camino de Adán a Cristo» editat per Europa Ediciones. La presentació d'aquesta publicació va anar a càrrec de Maria de l'Esperança Amill, vicepresidenta de l'Associació Bíblica de Catalunya i professora del nostre Institut.

El dia 25 de novembre vam rebre la trista notícia de la mort de Mons. Miquel Barbarà Anglès, professor emèrit del nostre Institut, a l'edat de 85 anys. Va exercir, com a professor a l'Escola i l'Institut de Teologia fins a la seva transformació el maig de 1996 a Institut Superior de Ciències Religioses «Sant Frutuós». A l'ISCR Sant Frutuós, des del curs 1996-1997 fins al curs 2012-2013, va impartir l'assignatura de «Sociologia de la Religió» a la Diplomatura/Batxillerat en Ciències Religioses. També va impartir l'assignatura «Música religiosa» i d'altres matèries optatives dins el currículum de la Diplomatura en Ciències Religioses. Durant l'acte d'inauguració del curs 2001-2002 va ser l'encarregat de pronunciar la lliçó inaugural *El procés de socialització i la formació en la societat i en l'Església*. Des del curs 2003-2004 fins al 2009-2010 va impartir l'assignatura «El factor cultural en la societat contemporània» dins el pla d'estudis de la llicenciatura en Ciències Religioses. En passar a ser professor emèrit de l'Institut, se li va fer reconeixement a la lliçó Inaugural del curs 2010-2011. El professor Barbarà, per pròpia voluntat, va continuar la seva tasca educativa i va impartir des de l'any 2013 fins a l'any 2022 de manera totalment altruista cursos de formació en benefici de la nostra institució i dels seus objectius. L'Institut agraeix la seva generositat, esforç i alta competència amb què ens va obsequiar durant tants anys. Ell ja reposa a la casa del Pare.

Com a recordatori a la seva trajectòria acadèmica la *Revista Catalana de Teologia* va convidar el Dr. Andreu Muñoz, director de l'INSAF, a glossar la seva figura en el següent article: MUÑOZ MELGAR, A., «In memoriam. Mons. Miquel Barbarà i Anglès (Almóster, 10 de juny de 1939-Tarragona, 25 de novembre de 2024)», *RCatT* 49/2 (2024) 329-335, © Facultat de Teologia de Catalunya ISSN: 0210-5551 EISSN: 2385-4715.

El dia 19 de desembre les classes van aturar-se per les festes nadalenques. Es van reprendre el 7 de gener. Del 20 al 30 de gener es van dur a terme els exàmens del primer quadrimestre. Les classes del segon quadrimestre s'iniciaren el 3 de febrer.

El 12 de febrer el Comitè Solidaritat Óscar Romero de Tarragona i Reus, la Fundació Pere Casaldàliga i l'Institut Superior de Ciències Religioses Sant Fructuós van organitzar una conferència a càrrec de Nuno Coelho, amb el títol «Combatre el racisme per a construir una cultura de pau» que va tenir lloc a l'Espai Muralla del Seminari. Casa de Cultura.

El Consell d'Institut es va reunir en sessió ordinària el dia 19 de febrer.

El 10 de març el Cardenal Joan Josep Omella, Gran Canceller de l'Ateneu Universitari Sant Pacià, signà el nomenament del Dr. Daniel Palau Valero, professor estable ordinari de la Facultat de Teologia, com a degà de la mateixa Facultat per al trienni 2024-2027.

L'11 de març tingué lloc l'examen final del Batxillerat en Ciències Religioses.

El Cardenal Joan Josep Omella, Gran Canceller de l'Ateneu Universitari Sant Pacià, signà el 14 de març el nomenament del Dr. Marcos Aceituno Donoso, professor estable ordinari de la Facultat de Teologia, com a vicedegà de la mateixa Facultat per al trienni 2024-2027.

El dia 10 d'abril les classes van aturar-se per les festes pasquals. Es van reprendre el 28 d'abril.

El 21 d'abril, Dilluns de Pasqua, l'Església universal plorava la mort del papa Francesc. L'elecció del nou Pontífex, que va ser dijous 8 de maig, ens va arribar en plena activitat lectiva. Així que va saber la notícia que hi havia *fumata* blanca, que les campanes de Sant Pere del Vaticà tocaven anunciant l'elecció del nou Papa, l'alumnat i professorat de l'Institut, el personal del Seminari. Casa de Cultura i assistents a altres actes de l'edifici van seguir en directe la presentació del papa Lleó XIV des del balcó de les benediccions de la basílica

vaticana, vam escoltar les seves primeres paraules i vam rebre la seva primera benedicció.

El Sr. Arquebisbe nomenà el 19 de maig a la Dra. Begonya Palau professora estable de l'Àrea de Sagrada Escriptura del nostre Institut a proposta del Consell de l'Institut.

El Consell d'Institut es va reunir en sessions ordinàries els dies 7 d'abril i 19 de maig amb l'objectiu fonamental d'escollir la prescriptiva terna per afrontar el relleu en la direcció de l'Institut donat que l'actual director clou el seu mandat aquest any.

L'activitat acadèmica va continuar fins al 29 de maig quan s'acabaren les sessions del segon quadrimestre i es va iniciar el període d'exàmens. Es va donar per finalitzat el curs 2024-2025, amb la notificació de les qualificacions el dia 3 de juliol.

Durant el curs el nostre director ha participat en les reunions periòdiques dels directors dels Instituts de Ciències Religioses i en les del Senat acadèmic de l'Ateneu Universitari Sant Pacià a Barcelona.

El 13 de juny el Sr. Arquebisbe, a proposta del director de l'Institut i amb l'aprovació del Consell d'Institut, va signar el nomenament del Llic. Antoni Pérez de Mendiguren Cros com a vicedirector i al Llic. Joan Àguila Chavero, cap d'estudis del nostre Institut. Pocs dies després, el 19 de juny, el Dr. F. Javier Clemente Hernández, fou nomenant professor no-estable de l'Institut per l'Arquebisbe Joan Planellas.

El nou equip directiu preparà les línies prioritàries acadèmiques per ser presentades i reflexionades pel claustre de professors. Fou així que el 10 de juliol es celebrà el claustre amb l'objectiu fonamental de fer valoració del curs, revisió dels objectius quinquennals i aprovació dels objectius i activitats per al curs 2025-2026. També el Sr. Marcel Pallejà Blay, com a coordinador de formació pastoral de l'INSAF, presentà al claustre els objectius i metodologia del nou curs d'iniciació teològica per a agents de pastoral 2025-2026.

El 18 de setembre va defensar la seva tesina i va obtenir el grau de Llicenciada en Ciències Religioses la Sra. Francisca Rodríguez Báñez. El seu treball de tesina portava per títol «La Bondat en la paràbola del Bon Samarità (Lc 10,25-37)» i va ser dirigida pel Llic. Antoni Pérez de Mendiguren Cros.

Agraïments finals

L'Institut vol agrair la col·laboració amb persones i organismes que han prestat el seu servei a la nostra institució durant el curs 2024-2025, a la Sra. Ana Arroyo, coordinadora d'activitats del Seminari. Casa de Cultura, a la tasca realitzada pel personal de consergeria: la Sra. Montserrat Sabaté i el Sr. Óscar Mosquera, i al personal de neteja. També agraeix la sempre inestimable col·laboració de la Delegació de Comunicació i Publicacions de l'Arquebisbat de Tarragona.

Igualment, agraïm la col·laboració i disponibilitat de la Biblioteca del Seminari, al seu director Mn. Albert Viciano, a la tècnica de biblioteca la Sra. Mònica Pineda, a Mn. Xabier Segura, així com l'auxiliar Sra. Gemma Martín, que presten el seu servei al nostre professorat i alumnat. Agraïm la col·laboració sempre fraternal del personal del Secretariat diocesà d'Animació Bíblica i finalment de la Delegació diocesana per a l'Educació en la figura del seu delegat, Sr. Rafael Muñoz Melgar.

Índex General

LLIÇÓ INAUGURAL

<i>Creació i ciència</i> a càrrec del Dr. Francesc Xavier Rius Ferrús, Doctor en Ciències Químiques	7
---	---

MEMÒRIA DEL CURS 2024-2025	79
----------------------------------	----

