

Línia Cosmològica del Temps

Rosa M. Ros, Beatriz García, Ricardo Moreno, Pilar Orozco, Juan Antonio Prieto, Ivo Jokin

International Astronomical Union, Polytechnical University of Catalonia, Spain, ITeDA and National Technological University, Argentina, Colegio Retamar, Spain, Diverciencia, Spain, Municipal Center for Extracurricular Activities, Dolna Mitropolia Municipality, Bulgària.

Resum

La història de l'Univers abasta 13800 milions d'anys. En aquest període de temps, l'Univers va transformar energia en àtoms d'elements primordials en un temps rècord. Els àtoms van formar estrelles i aquestes, al seu torn, van transformar el material per produir els, aproximadament, 100 elements que constitueixen la Taula Periòdica. Els elements químics es van organitzar, però per aconseguir el material prebiòtic que després va desembocar en les diverses formes de vida que coneixem a la Terra, el procés va ser llarg i complex. Podem dir que la vida és conseqüència d'una sèrie de factors que la van produir i li van permetre evolucionar. Conèixer moments que van ser fites fonamentals per a l'aparició de la vida al llarg de la història de l'Univers, aproximar-nos a les eines que els astrònoms van idear, construir i instal·lar, inclòs fora de la Terra, per estudiar la possibilitat de l'existència de vida més enllà d'únic lloc a l'Univers on va ser detectada, i descobrir les teories que intenten explicar com, quan i on es va originar la vida, és la missió d'aquest Taller.

Objectius

- Visualitzar la història de l'Univers a través d'una línia temporal
- Comprendre la importància del procés que va ser necessari per arribar a la formació de la vida
- Comprendre l'adaptació de la vida a molt variats condicions

Introducció cosmològica

L'Univers és l'únic sistema aïllat de la natura: no intercanvia ni energia ni matèria amb el medi, perquè ell és el medi.

S'estima que l'univers va sorgir fa 13800 milions d'anys, com a conseqüència d'un alliberament d'energia. El procés de naixement i evolució de l'univers, així com també els escenaris possibles per al seu destí final, van ser abordats al Taller d'Evolució de l'Univers.

Més enllà de l'estudi de l'Univers com un tot, és interessant ampliar la proposta relacionada amb els models en escala que permetin visualitzar el que significa l'edat del Cosmos, però i alhora, introduir un concepte fonamental per a l'espècie humana: el de vida, una de les característiques o propietats singulars de l'Univers.

La qüestió de l'origen de la vida, i el seu corol·lari, l'existència de vida intel·ligent, és l'enfocament principal de l'exo i astrobiologia; constitueix un esdeveniment inusual, que es pot estudiar des d'un punt de vista científic, amb l'objectiu de comprendre com ha ocorregut a la Terra i com podria ocórrer en altres llocs.

La recerca de vida és un objectiu comú en l'Astronomia i l'Astrofísica i d'allà que, posar el tema en escala cosmològica ens permet comprendre el llarg interval de temps que separa l'origen de l'Univers amb l'aparició de les formes més primitives de vida.

Per a la recerca de la vida, disposem d'algunes eines que són la base del treball en Astrobiologia i Astroquímica.

En el procés de formació i naixement d'una estrella a partir del col·lapse gravitatori d'un núvol de gas i de pols interestel·lar, es pot constituir, alhora, un sistema planetari amb les restes de material d'aquest núvol.

De la mateixa manera que podem conèixer la composició de l'estrella considerada estudiant el seu espectre, és possible conèixer l'existència i composició química de la una atmosfera planetària, en el cas del Sistema Solar, o dels exoplanetes, en el cas de Sistemes Exoplanetaris o Extrasolars. Cada element químic, cada molècula, presenta un espectre determinat i únic.

Si un planeta o un exoplaneta presenta una atmosfera, i si es coneix l'espectre de l'estrella, quan la llum d'aquesta estrella travessa l'atmosfera de l'exoplaneta, serà en part absorbida pels elements químics existents en aquesta atmosfera. D'aquesta manera, podrem determinar la composició química de qualsevol atmosfera.

Un exemple d'això el constitueixen els recents descobriments del Telescopi James Web, pel que fa a diversos sistemes exoplanetaris.

Un exemple: de com és possible aproximar-nos a la recerca de la vida, seria el següent. en el modelatge detallat de l'exoplaneta WASP-39b, realitzat gràcies a les observacions del Telescopi Web, va revelar que el SO₂ en la seva atmosfera és produït per fotoquímica, la qual cosa resulta summament important perquè la fotoquímica és fonamental perquè la vida a la Terra prosperi, ja que està vinculada amb la producció d'O₃ (ozó), amb la fotosíntesi i amb la producció de vitamina D fonamental per a l'organisme heroi.

Des del moment zero en la línia de temps que proposarem, només van transcórrer uns 100 segons fins a la transformació del que era tot energia en àtoms. Per a l'aparició de la vida, van haver de sorgir primerament les galàxies, després les estrelles, aquestes van haver de transformar els elements químics, enriquir el medi intergalàctic i interestel·lar i es van haver de donar les condicions perquè molècules desordenades, s'ordenessin per formar estructures complexes que poguessin replicar-se a si mateixes i donessin, finalment, pas a la vida.

En les properes seccions es veurà aquest llarg procés que, no és mil·lenari, és conseqüència de l'evolució del Cosmos.

Activitat 1: Línia del Temps

Es tracta de visualitzar la línia temporal de la història de l'Univers en una cinta. usant com a unitat de mesura un metre igual a mil milions d'anys ($1\text{m} = 10^9$ anys, és a dir $10\text{ cm} = 10^6$ anys).

A mesura que la ciència avança i es compta amb instruments més precisos, la determinació de magnituds tan importants per a la història de l'Univers, com temps i distància, pot portar a certs canvis pel que fa als períodes en què es produeixen els esdeveniments més significatius en el Cosmos. Recordem que el que sabem de l'Univers és estadística, més i millors observacions poden obligar-nos a revisar tots els nostres resultats.

El Bing Bang, la gran explosió, va tenir lloc fa 13800 milions d'anys ($13,8 \cdot 10^9$ anys), després, durant un corbe temps de, 10^{-45} segons, no se sap ben bé explicar que va succeir doncs no es pot ni tan sols aplicar la teoria de la relativitat d'Einstein, aquest és l'anomenada Era de Planck.



Fig. 1: Simple presentació de la línia de temps en una cinta de 13,8 m de longitud. Apareixen cosits alguns objectes que faciliten la relació i comparació de valors i permeten fixar l'escala.

Després de 10^{-35} del Big Bang, comença la INFLACIÓ, que respon a una expansió exponencial de l'Univers. Un microsegon (10^{-6} segons) després del Big Bang s'inicia la formació de la sopa primordial (constituïda per diverses partícules elementals).

Després de 3 minuts del Big Bang, s'inicia la Nuclisíntesi Primordial de l'H. Tota aquesta primera part realment no es pot representar en la línia del temps per un problema d'escala ja que estem considerant 1 mil·límetre equivalent a un milió d'anys, els segons o minuts són

invisibles. Per aquest motiu no es visualitza en la línia del temps, si no que es veu presentar per separat.

Després de 100 milions d'anys (transcorreguts 10 cm), és a dir, fa 13700 milions d'anys, es van formar els primers elements primordials. Després d'altres 100 milions d'anys, o sigui altres 10 cm, fa $13,6 \cdot 10^9$ anys es van formar les primeres molècules, i entre aquestes, les primeres molècules d'aigua.

Aproximadament, també en aquest lapsus de temps, fa 13600 milions d'anys es van formar les primeres estrelles i alguna cosa després, fa 13100 milions d'anys les primeres galàxies. Després d'un centenar de milions d'anys, es va formar la Via Làctia primitiva ($13,0 \cdot 10^9$ anys) (figura 1).

Durant uns 8400 milions d'anys (8,4 metres: en la nostra escala, 10^9 anys equivalen a un metre) tenen lloc una sèrie de fenòmens simultanis. Les primeres estrelles van evolucionant, donant lloc a diferents explosions que expulsen diferents tipus d'àtoms i va apareixent la diversitat d'elements primordials de la taula periòdica. Alhora, es continuen formant estrelles noves, que també evolucionen, i sorgeixen diversos tipus d'objectes, en diferents etapes d'evolució.



Fig. 2: Fa 4600 milions d'anys, es forma el Sol i amb él van apareixent els diferents cossos del sistema solar, en particular es va formar la Terra i els planetes rocosos fa 4560 milions d'anys. Uns 20 milions d'anys després va sorgir el camp magnètic terrestre, que ens serveix de protecció enfront de diverses radiacions perilloses per a la vida tal com la coneixem.

Després dels esmentats 8,4 milions d'anys, això és, fa $4,6 \cdot 10^9$ anys, té lloc la formació del nostre Sol, així com la formació dels primers alcohols. Els grups OH són necessaris posteriorment perquè apareixen en la formació de moltes molècules que tindran importància per aconseguir la constitució de l'ADN.

Uns 300 milions d'anys, fa 4570 milions d'anys, va néixer el sistema solar, 4mm després, fa 4566 milions d'anys, es van formar els planetes gasosos i 6mm després, fa 4560 milions d'anys es va formar la Terra i els altres planetes rocosos (figura 2).

Uns 200 milions, va sorgir el camp magnètic terrestre, d'això fa 4540 milions d'anys, amb la qual cosa això va representar de protecció enfront de diversos tipus de radiacions perjudicials per a la vida al nostre planeta.

Posteriorment, a 6 cm, es va iniciar la formació de la Lluna, fa uns 4 480 milions d' anys, constituint el sistema Terra-Lluna dins del nostre sistema planetari.

Només 3 cm després, fa 4450 milions d' anys, es constitueix la Primitiva Atmosfera Terrestre.

Fa $4,1 \cdot 10^9$ anys, això és després de 45 cm, va tenir lloc el Bombardeig Intens Tardí, que va afectar els cossos del sistema solar, així com la Terra i la Lluna.

Fa 4000 milions d'anys ($4,0 \cdot 10^9$ anys), o sigui 10 cm després, apareixen les Primeres Cèl·lules Procariotes (sense nucli) i apareix la molècula d'ADN.

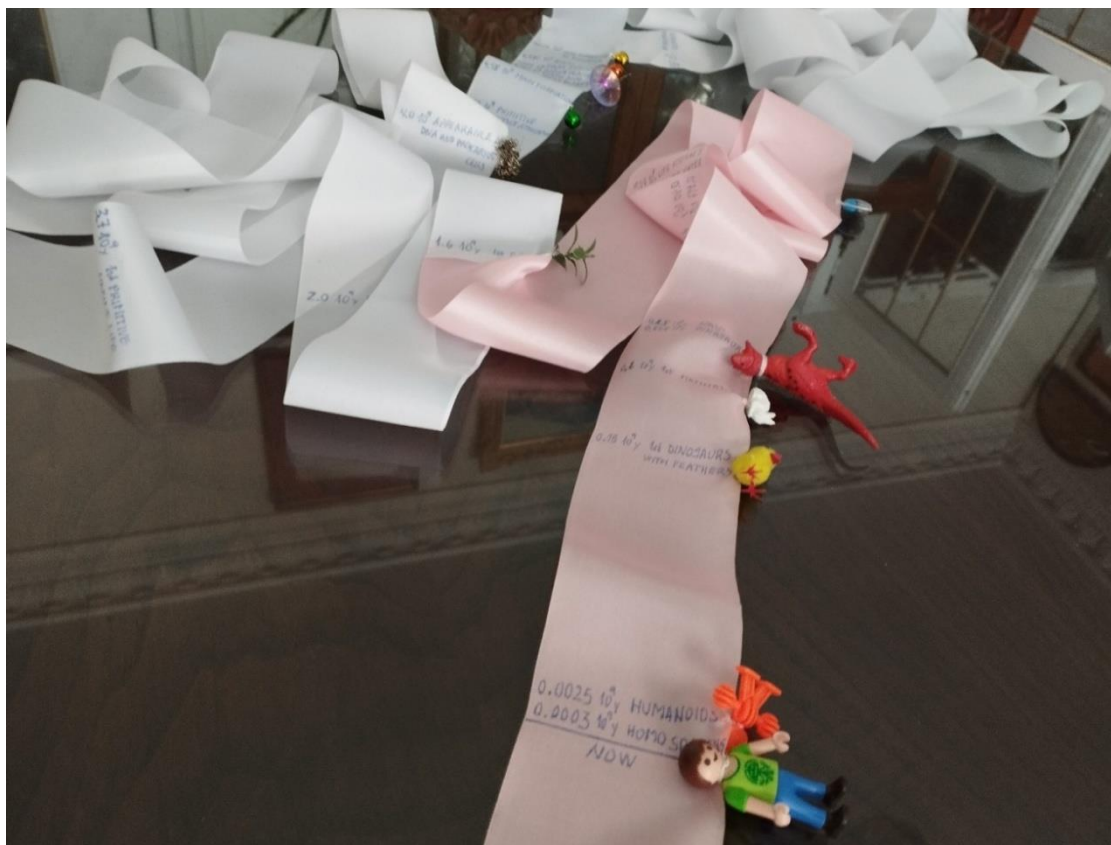


Fig. 3: En blanc la Línia des dels seus inicis fins a l'aparició de les primeres plantes verdes. En rosa des d'aquest punt fins a l'actualitat.

Després de 2 metres, això és fa 2000 milions d'anys, comença la vida que respira l'Oxigen O_2 .

Després de 40 cm, fa $1,6 \cdot 10^9$ anys, comença l'aparició de plantes verdes al nostre planeta, això és, la funció clorofílica entra en joc (figura 3).

Más allá de 90 cm o 90 milions d'anys, és a dir, fa 700 milions d'anys, ($0,7 \cdot 10^9$ anys), comencen a aparèixer els primers teixits i òrgans especialitzats.

Després de 18 cm, des de fa $0,52 \cdot 10^9$ anys apareixen els de Trilobites, fòssils ben coneguts per tots nosaltres.

Després de 5 milions d'anys, o sigui 5 cm després, des de fa 470 milions d'anys té lloc la primera sortida d'animals de l'aigua a la zona terrestre.

Transcorreguts només 7 cm, fa 400 milions d'anys, apareixen els Ammonites (coneguts fòssils).

3 mm després, fa 397 milions d'anys, apareixen els primers vertebrats sobre la Terra.

Si ens desplaçem 14,7 cm, fa uns 250 milions d'anys, apareixen els Nautilus, animals que encara es poden trobar al nostre planeta.

Només 5 milions després, això és 5 mm després, fa 245 milions d'anys, apareixen els primers dinosaures.

Després de 4,5 cm, fa 200 milions d'anys, sorgeixen això primers mamífers, inicialment eren petits, tot i que després apareixen els de més mida.

5 cm més tard, d'això fa 150 milions d'anys, apareixen els primers dinosaures amb plomes, els antecessors de les nostres aus. De fet, una de les menys evolucionades i de les més pròximes als antics dinosaures alats són les simples gallines que tenim als nostres corrals (figura 3).

Més enllà de 14,75 cm, això és, transcorreguts 14,75 milions d'anys, fa $0,0025 \cdot 10^9$ anys = 2,5 milions d'anys = 2 500 000 anys, apareixen els primers Humanoides.

Després de només 2,2 mm, això és, fa només $0,0003 \cdot 10^9$ anys = $0,3 \cdot 10^6$ anys = 300 000 anys, apareix l'Homo Sapiens.

Galàxies Caníbals

Les galàxies són grups d'estrelles unides per gravetat que roten sobre si mateixes. Els diversos grups de galàxies formen filaments on l'activitat de formació de noves galàxies és molt activa.

Tots els cúmuls de galàxies estan inclosos en un gran ballet còsmic on es troben, col·lisionen i el canibalisme de les més grans sobre les més petites fa que les joves galàxies competeixin per aconseguir adquirir el gas lliure que queda per promoure la formació de noves estrelles (figura 4).

Així és com les zones més riques de formació d'estrelles es corresponen amb zones de grans col·lisions, on les grans guanyadores són sempre les galàxies majors. Tota aquesta activitat té lloc a les zones filamentoses de l'univers, quedant grans espais més lliures de matèria (figura 5).

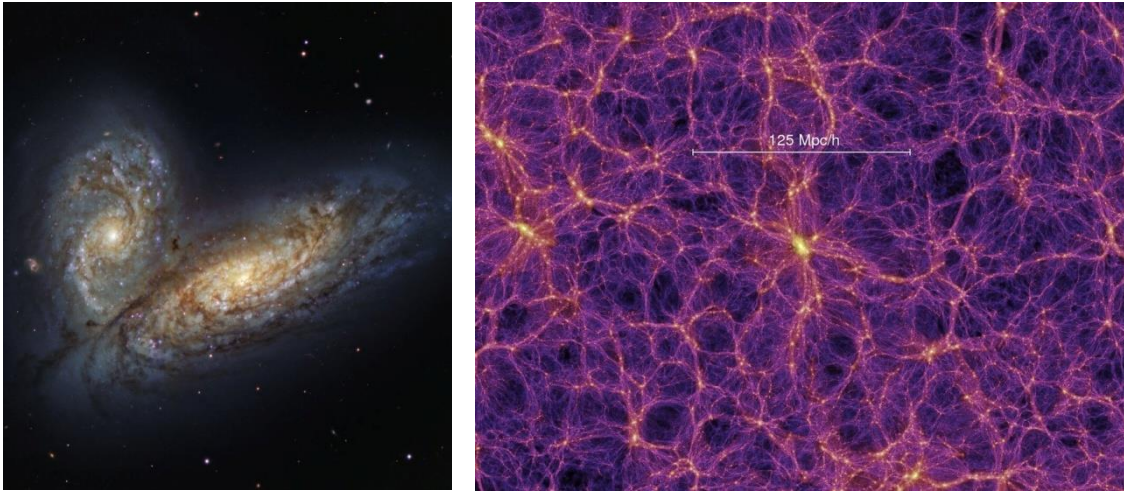


Fig. 4: Col·lisió de galàxies Caníbals (Crèdit: ESO). Fig. 5: Modelització de l'estructura filamentosa de l'univers (Crèdit: Springel et al.)

Activitat 2: Model Filamentós

L'estructura filamentosa de l'univers es pot simular amb una safata o un plat on situar aigua amb detergent. Introduint un parell de palletes per sorprendre refrescos, s'actua de forma inversa, bufant aire per les mateixes i aconseguint així un bon nombre de bombolles en molt poc temps.

Com es pot veure en el model amb grans pompes de sabó, la majoria del líquid sabó es disposa a les zones d'intersecció entre bombolles, donant lloc a zones d'aspecte més o menys filamentós.

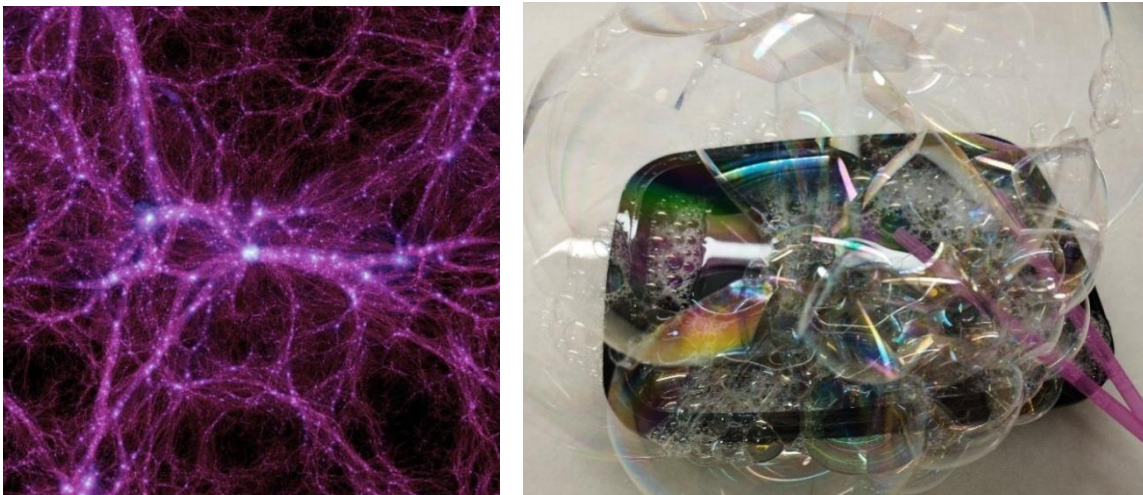


Fig. 6: Modelant l'estructura filamentosa de l'univers (Crèdit: Illustris Project). Fig. 7: Modelant l'esmentada estructura en filaments usant aigua i detergent.

Classificació de Galàxies

Hi ha galàxies espirals, barrades, el·líptiques, esfèriques i irregulars, que usualment solen classificar-se d'acord amb la seva morfologia en la ben coneguda seqüència de Hubble. Com s'ha esmentat abans, aquesta classificació atén sola la seva forma i no es correspon amb l'evolució de les mateixes.

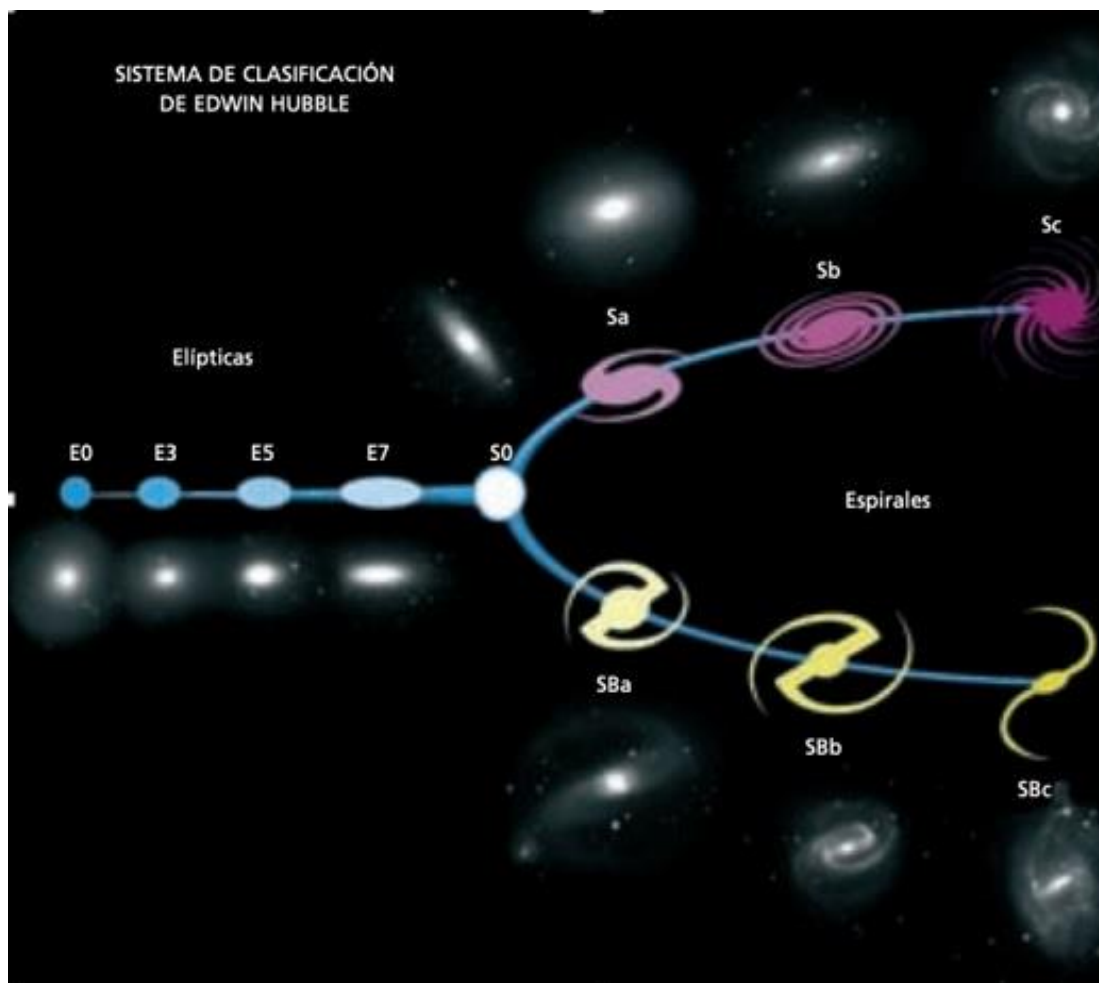


Fig. 8: Sistema de classificació d'Edwin Hubble (Crèdit NASA-ESO)

Activitat 3: Simulació de la formació de Galàxies espirals

Un model de les galàxies espirals (Fig 9a) es pot fer amb un vas ple d'aigua i un producte que tingui grans molt fins, per exemple, bicarbonat sòdic (Fig 9b), sal de taula (NaCl), tot i que es dissol més fàcilment en aigua, i sorra (Fig 9c), per tal que sigui molt fina, passada fins i tot per un tamís.



Fig. 9a. Galàxia NGC 5457(ESA/Hubble)



Fig. 9b. Galàxia amb bicarbonat.



Fig. 9c. Galàxia amb sorra.

Es remou l'aigua del got amb una cullereta i amb energia, deixes de remoure, poses una cullerada del producte i esperes que els grans es s'aturin. S'aconsegueix una muntanyeta central i uns braços espirals, molt similars als que presenten les galàxies.

Mirant el vas pel costat, el model també simula la forma de les galàxies vistes de cant, amb el bulb central (Fig. 10 a, b i c).

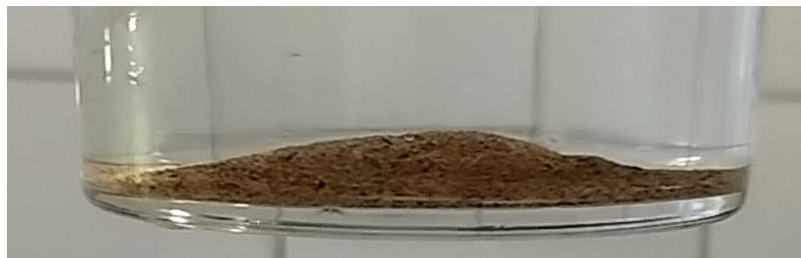


Fig. 10a, Model de galàxia de sorra, vist de banda.

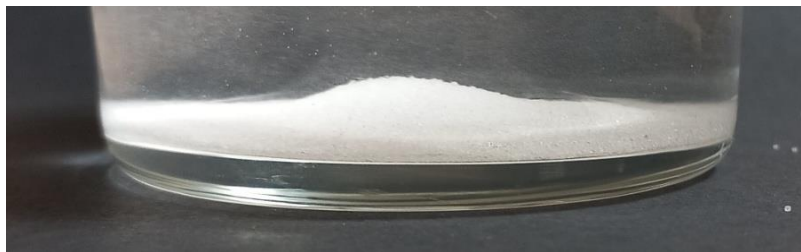


Fig. 10b. Model de bicarbonat, també vist de banda.



Fig. 10c. Galàxia NGC 4565, amb el bulb central (Crèdit ESO/NASA)

Si segueixes remonent lentament, pots anar modelant els braços espirals, i arribar a aconseguir una cosa semblant a les galàxies el·líptiques, un altre dels tipus de galàxies de la seqüència de Hubble (Fig. 8). El nostre model només no aconsegueix reproduir les galàxies barrades.

Zona habitable a les Galàxies

A la zona central de les galàxies hi ha un alt nivell d'energia, hi ha explosions massives de raigs gamma i enormes esdeveniments molt energètics i violents, que fan la vida impossible. D'altra banda, a la zona de la vora de la galàxia falten àtoms més pesants que l'Hidrogen i l'Heli, que són necessaris per a la vida, així que la zona d'habitabilitat es correspon amb una zona circular com la cambra d'un pneumàtic de cotxe i correspon a la zona on es mou el Sol. La zona d'habitabilitat a les galàxies es situa normalment en un radi d'entre 23000 a.l. i 30000 a.l. des del centre de la galàxia (el Sol està a 27000 a.l.).

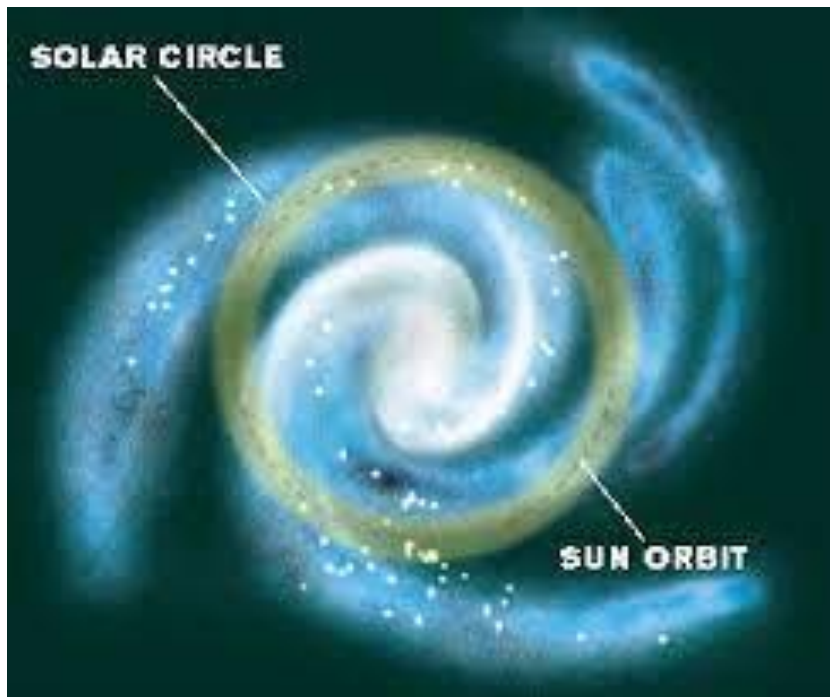


Fig. 11: Zona d'habitabilitat de la galàxia (Crèdit: NASA)

Plasma i Camp Magnètic

En el medi intergalàctic, en el medi interestel·lar i en les pròpies estrelles, la matèria sol estar en estat de plasma. Aquest plasma està format per electrons, protons, partícules d'alta energia i gas ionitzat.



Fig. 12a: Nebulosa del vel, (Crèdit Hubble), Fig. 12b: Cometa C/2002 E3 (Crèdit Rykis Babianskas i Carlos Viscasillas)

A la Terra hi ha matèria en aquest estat com són els llamps, l'interior dels tubs fluorescents o làmpades de baix consum, monitors i pantalles de televisors, boles de plasma o la flama d'una vela.



Fig. 13a, 13b i 13c: Hi ha matèria en estat de plasma a la bola de plasma, en una flama i en un tub fluorescent

També és plasma el vent solar, un corrent de partícules carregades que s'alliberen des de la corona del Sol cap a tot el sistema solar, en totes direccions. El flux d'aquestes partícules és variable, molt influït per l'activitat solar, que produeix les taques i les fulguracions solars. El vent solar pot deformar el plasma de les cues dels cometes, que sempre apunten en contra del Sol.

A la Terra pot generar tempestes geomagnètiques, i dona lloc a les aurores (llums al nord i el sud). Les partícules del vent solar viatgen a gran velocitat i amb molta energia, tenen un gran poder penetrant i poden danyar l'ADN de les cèl·lules. El camp magnètic terrestre forma la magnetosfera, que actua com un escut protector, com un paraigua, desviant les partícules amb càrrega que resulten tan perilloses per a la vida, evitant que arribin a la superfície terrestre.

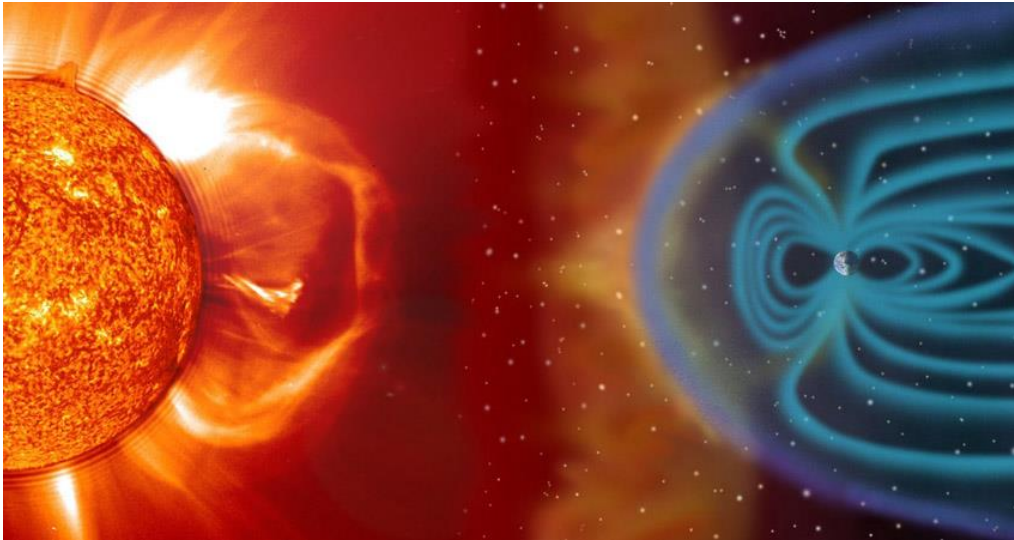


Fig. 14: El camp magnètic terrestre serveix d'escut o paraigua enfront del vent solar.

Quan hi ha fortes ejeccions coronals al Sol, la intensitat del vent solar augmenta molt, i pot perforar la magnetosfera terrestre. En aquestes ocasions, part del vent solar arriba a l'atmosfera a les zones properes als pols, generant belles aurores boreals (a l'hemisferi nord) i australs (a l'hemisferi sud).

L'energia d'aquestes partícules excita els àtoms de l'atmosfera, fent que els seus electrons emetin fotons de diferents longituds d'ona. Si les partícules són d'alta energia, l'oxigen produeix una llum verda/groga, i si són de baixa energia, llum vermella/morada. En el cas del nitrogen, produeix una llum blavosa, o vermell/porpra a les vores més baixes de les aurores.



Fig. 15a i 15b: Els diversos colors a les aurores depenen de la ionització de l'oxigen i del nitrogen. (Crèdits , S.Ekko, Finlàndia)

Activitat 4: Camp magnètic terrestre

Podem visualitzar el camp magnètic terrestre amb un imant, que representa el camp magnètic de la Terra, i una brúixola, amb la qual anem recorrent les línies de força del camp. N'hi ha prou d'entendre que l'agulla de l'imant se situa "tangent" a les línies del camp magnètic (Figures 17a, 17b i 17c).

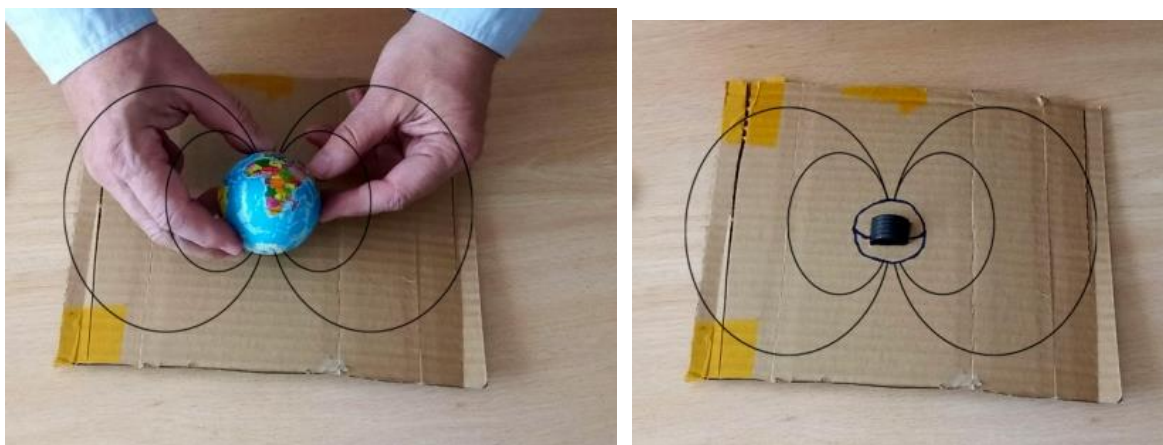


Fig. 16a, 16b Model del camp magnètic terrestre amb algunes línies de força representades.



Fig. 17a, 17b, 17c: Amb una brúixola, les línies de camp es "dibuixen" (l'agulla de la brúixola sempre és tangent a les línies de camp).

Dins d'una esfera de plàstic, posem un imant embolicat en un tovalló de paper. Representa la Terra. Espolsem a prop dels pols llimadures de ferro, que visualitzen molt bé les línies de camp magnètic en aquesta zona.



Fig. 18: Un imant dins d'una esfera de plàstic, com a model del camp magnètic terrestre.



Fig. 19a i 19b: Amb llimadures de ferro es visualitzen les línies de camp a les zones polars. És en aquestes zones on es produeixen les aurores.

El origen de la vida a la Terra

S'accepta que l'origen de la vida a la Terra es remunta a fa més de 3 mil milions d'anys, evolucionant des dels microbis més bàsics fins a una gran complexitat amb el temps. Però, com es van desenvolupar els primers organismes a l'única llar coneguda de vida a l'univers?

La ciència segueix indecisa i en conflicte quant a l'origen exacte de la vida, fins i tot la definició mateixa de vida és qüestionada i reescrita. Algunes de les moltes teories científiques sobre l'origen de la vida a la Terra que estan en vigència son:

- Una de les teories més acceptades és la que proposa que la vida pugui haver començat en els respiradors hidrotermals que es poden trobar en les profunditats oceàniques, generalment en plaques continentals divergent i que arrepleguen elements clau per a la vida, com el carboni i l'hidrogen. Els fluids expulsats es van refredant en travessar l'escorça terrestre, absorbint gasos i minerals dissolts, com el carboni i l'hidrogen. En l'actualitat sabem que aquests respiradors, rics en energia química i tèrmica, calents i alcalins, presenten una àmplia varietat d'espècies (Figura 20a i 20b).

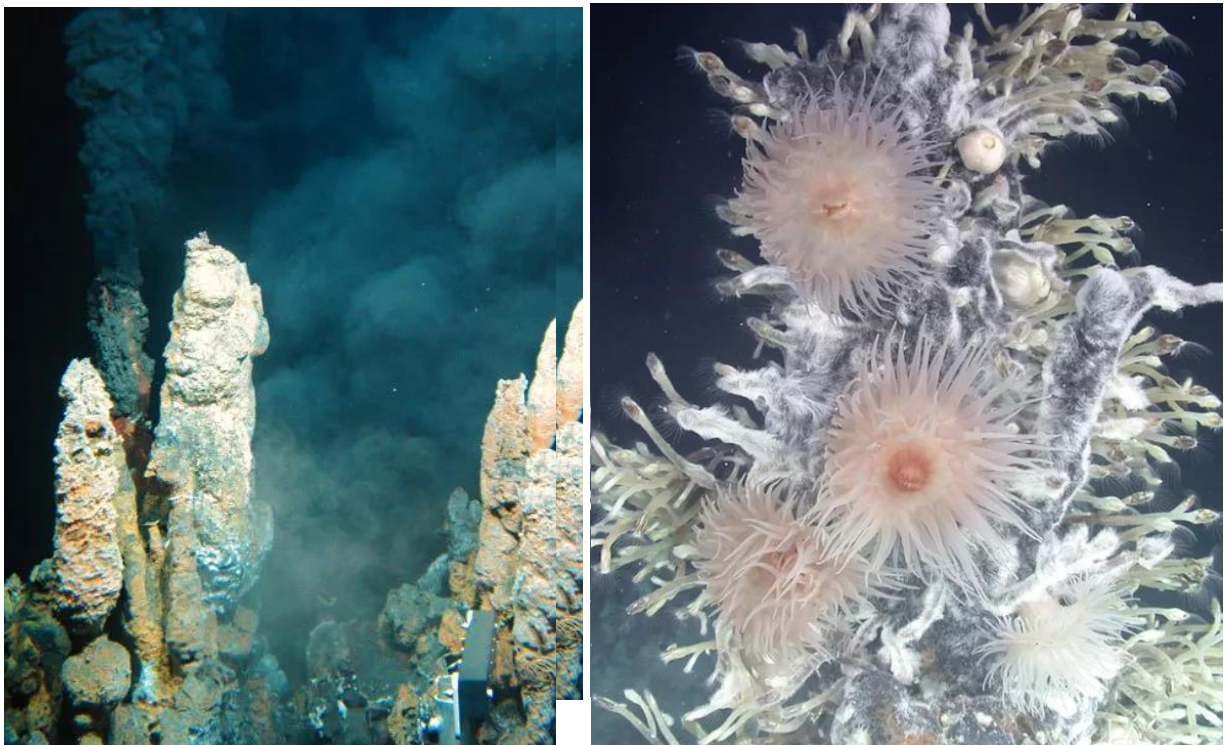


Fig. 20a: La vida va poder haver començat als respiradors hidrotermals on l'aigua de mar àcida es va trobar amb un fluid alcalí de l'escorça terrestre (Crèdit: Institució Oceanogràfica Woods Hole). Fig. 20b: Anèmones que prosperen a les càlides aigües dels respiradors (Crèdit: Consorci NERC ChEsSo)

- Un llamp pot haver proporcionat l'espurna necessària perquè comencés la vida. Les espurnes elèctriques poden generar aminoàcids i sucres a partir d'una atmosfera carregada d'aigua, metà, amoníac i hidrogen. Durant milions d'anys, podrien formar-se molècules més grans i complexes. Tot i que la investigació des d'aleshores ha revelat que l'atmosfera primitiva de la Terra era en realitat pobra en hidrogen, els científics han suggerit que els núvols volcànics a l'atmosfera primitiva podrien haver contingut metà, amoníac i hidrogen i descàrregues elèctriques. Les primeres molècules de vida podrien haver-se trobat a l'argila, els vidres minerals a l'argila podrien haver disposat molècules orgàniques en patrons organitzats. Tanmateix, aquesta teoria no ha pogut ser demostrada de manera categòrica (Figura 21a i 21b).

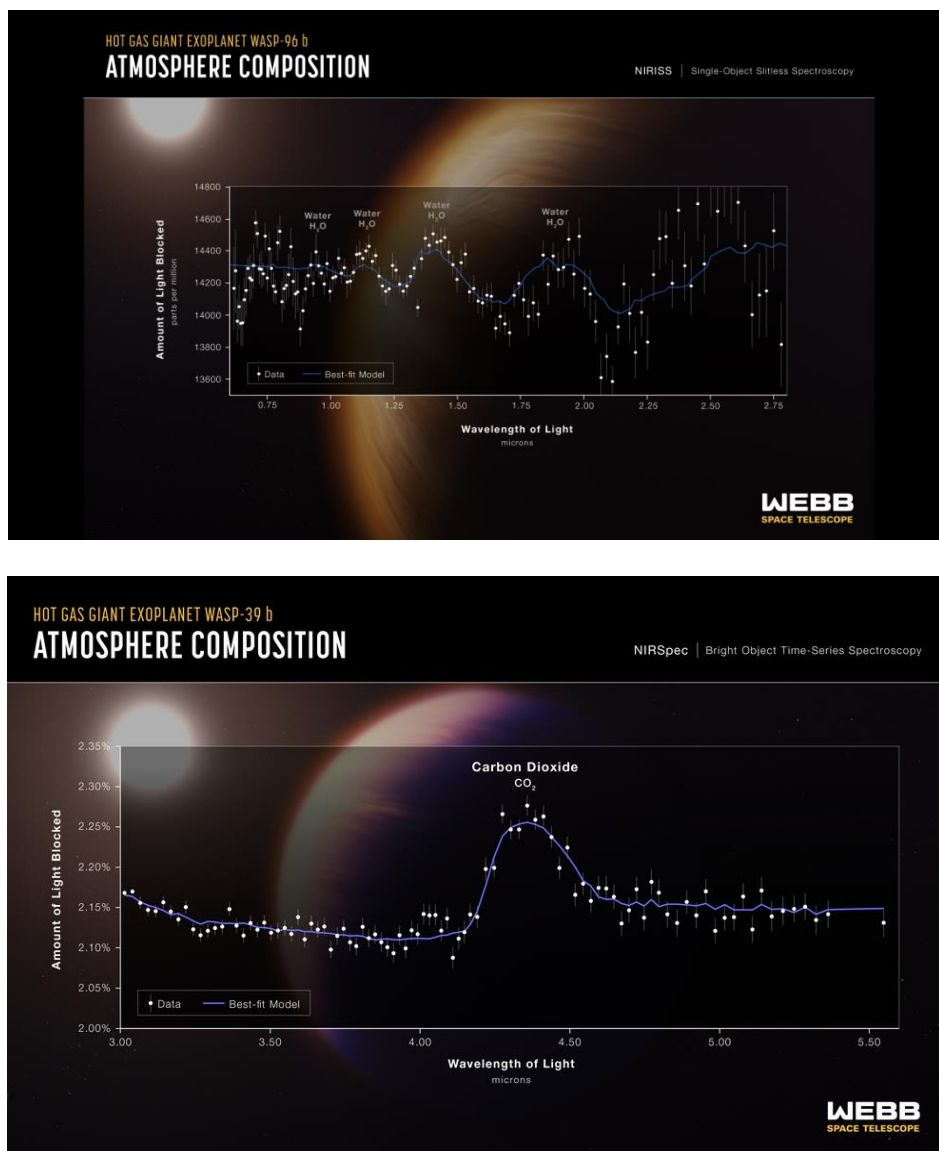


Fig 21a. Espectres d' atmosferes exoplanetàries, adquirits amb el Telescopi James Web. WASP-96 b (a dalt) Fig 21b: s'adverteixi la presència de la molècula d'aigua; WASP-39 b (a baix): la banda de Diòxid de carbono al centre de l'espectre. Aquests espectres són de transmissió i les longituds d'ona corresponen al proper infraroig, és a dir que les bandes apareixen fora de la regió visible de l'espectre electromagnètic.

- Fa 3 mil milions d'anys el gel va poder haver cobert els oceans i va facilitar el naixement de la vida, ja que es creu que els compostos orgànics són més estables a baixes temperatures. El gel també podria haver protegit els compostos orgànics fràgils de l'acció de la llum ultraviolada i els impactes còsmics. Avui sabem que a terra congelat, conegut com a permafrost, hi ha formes de vida en estat latent.

Però, també seria possible argumentar que la vida comença fora de la Terra i hauria arribat per l'intercanvi de roques al llarg de milions d'anys gràcies a l'impacte de cometes, asteroides, meteorits, en el marc de la teoria anomenada panspèrmia. Protegits de les condicions de l'espai exterior, els microbis podrien sobreviure atrapats a les roques, però el tema s'ha de prendre amb

molta serietat, perquè també és possible que en arribar a la Terra, el material extraterrestre es contamini amb vida preexistent al Planeta, com va ocórrer amb el famós meteorit ALH 84001 (Fig. 22), per al qual una investigació recent, finançada pel Programa d' Astrobiologia de la NASA, mostra que el material orgànic en ell no es va formar biològicament, sinó per interaccions geoquímiques entre l' aigua i la roca.

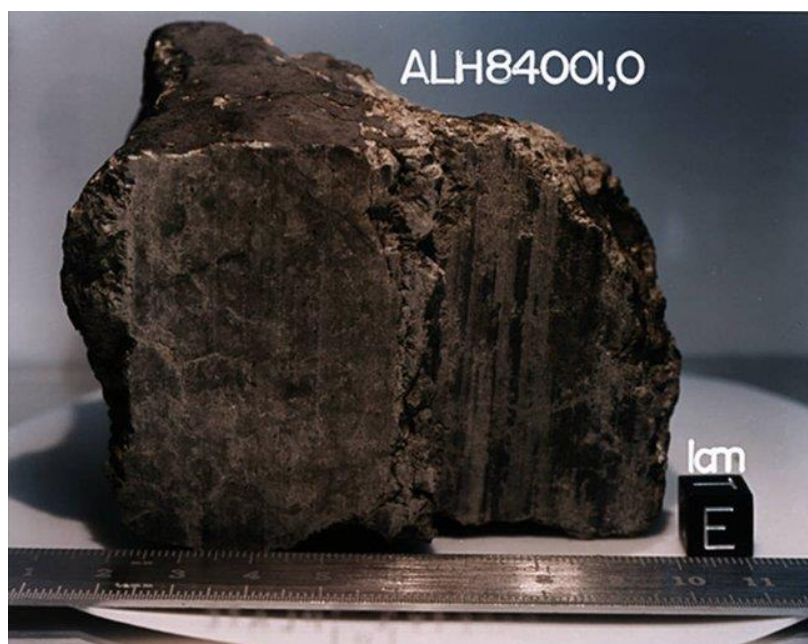


Fig. 22 . Meteorit ALH 84001: arribat de Mart, va ser protagonista de l'anunci prematur de vida arribada d'aquest planeta. Avui sabem que el que es detecta com a matèria orgànica no té un origen biològic.

Tanmateix, fins i tot si la panspèrmia fos certa, la qüestió de com va començar la vida a la Terra només canviaria a com va començar la vida en altres parts de l'Univer so.

L'exploració d'ambients extrems a la Terra ha portat al descobriment de nombrosos hàbitats que s'havien considerat inhabitables només fa uns anys. L'interès per la diversitat i ecologia dels ambients extrems ha crescut per diverses raons, no només per l'ús potencial d'extremòfils i els seus components en processos biotecnològics (com bio-mineria, bio-remediació), sinó per la recerca dels límits per a l'existència de la vida.

Les primeres espècies vivents van haver de ser formes de vida simples que van servir com a connexió entre el primer organisme (com a bacteri) i la vida tal com la coneixem hoi.

Com bé se sap, no és possible simplement ajuntar alguns elements químics en un tub d'assaig i esperar que un nou tipus de vida aparegui espontàniament. L'origen de la vida és un esdeveniment que triga milions d'anys a ocórrer, però una vegada que comença, la vida pot multiplicar-se exponencialment i adaptar-se a àrees d'un planeta que poden ser molt diferents al lloc on es va trigar.

Micrometeoritos

El material sòlid originari del sistema solar, va anar formant les llunes i els planetes. Aquesta acreció no ha acabat, i sobre la Terra continuen caient unes 5 tones de material de l'espai. Aquests meteors travessen a gran velocitat l'exosfera i la termosfera sense dificultat perquè aquestes capes són poc denses. Però quan arriben a la densitat, la densitat és més gran i es produeix una gran fricció que pot arribar a fondre el material. En refredar-se a l'estratosfera i troposfera, al final presenten una forma esfèrica, de vegades amb estries i en ocasions petites bombolles efecte d'una solidificació ràpida.

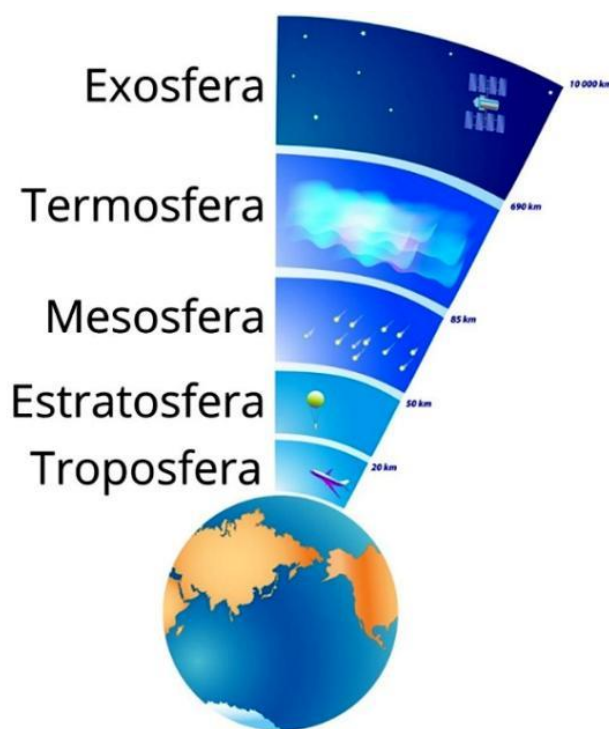


Fig. 23 Capes de l'atmosfera (Crèdit: Lifeder)

Activitat 5: Simulació de micrometeorits esfèrics.

Omplim d'oli de gira-sol un envàs alt i cilíndric transparent a tall de columna. Amb l'ajuda d'una xeringa (Figura 24a i 24b), es deixen caure unes gotes d'aigua o de refresc de cua (perquè així el seu color es veu millor). L'estat físic inicial de l'aigua o del refresc fan que es formin petites esferes de forma immediata que es veuen caure lentament per la columna d'oli.



Fig.24a: Realitzant el degoteig amb una xeringa, Fig. 24b: Columna d' on es formen les esferes.

Activitat 6: Recerca de micrometeorits

Es poden obtenir micrometeorits en el material que es diposita contínuament en teulades, carreteres, etc. Quan plou, l'aigua les arrossega per les canaletes de desguàs de les teulades i a les cunetes dels carrers o rutes. Es recull en un full de paper amb un pinzell una mica de sorra d'aquests llocs.



Fig. 25a: A la via pública es poden trobar cunetes o canaletes amb arenilla on podrem localitzar meteorits. Fig. 25b: Recollim aquesta arenilla amb un paper per analitzar-la.

A continuació es passa un imant per sota del full de paper amb el material: es veurà clarament còmode de material ferros és atret per l'imant (Figura 26). Sense separar l'imant, bolca el paper, i tota la sorra es caurà, excepte aquestes partícules fines fosques, que quedaran atretes pel camp magnètic de l'imant. Dona mitja volta al paper i retira l'imant. Aquí hi pot haver possible micrometeorits.



Fig. 26a i 26b: En passar l'imant per sota del full de paper, arrossega el material ferromagnètic

En veure la mostra amb la càmera del telèfon mòbil amb el màxim zoom, les partícules que són micrometeorits tenen forma esfèrica, com petites caniques.

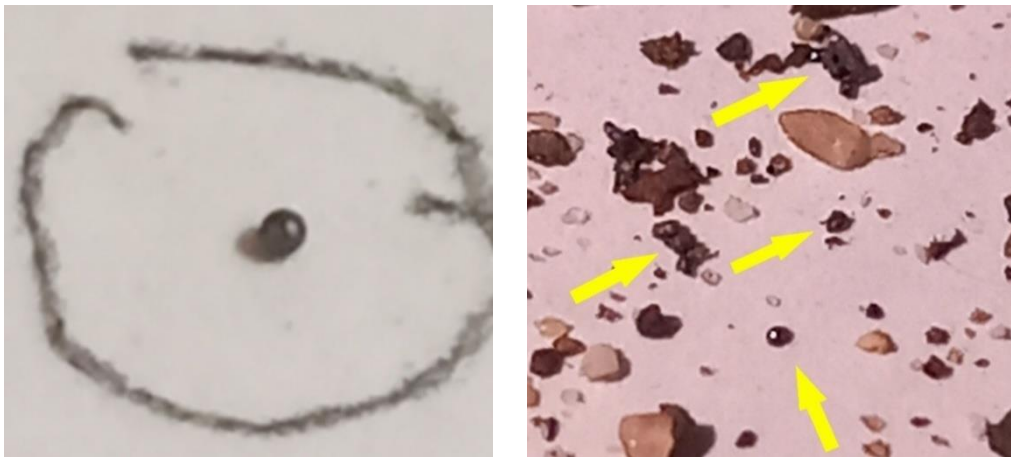


Fig. 27a: Fotografia d'un únic micrometeorit aïllat amb la càmera del mòbil, Fig. 27b: Fotografia amb diversos micrometeorits fent servir la mateixa càmera;

També pots construir senzilles "trampes". Per a això es necessita els següents elements: una safata de cuina i paper de celofà transparent (paper film de cuina). Cobreix la safata amb el paper celofà doblant les ribes o enganxant el celofà per sota, per evitar que es torni (Figura 28a, 28b i 28c).



Fig. 28a: Bandeja, paper celofà i cinta per pegar, Fig. 28b: Pegant el paper de celofà a la part posterior de la safata, Fig. 28c: "Trampa" de micrometeoritos instal·lada al jardí.

Posen la safata una mica separada del terra, per evitar que la pols circumdant o la presència d'animals contaminin la mostra (Figura 28c), en un lloc on no hi hagi gaire vent i on res tapi el cel. Deixa aquesta instal·lació a l'aire lliure almenys una setmana. El paper començarà a veure's "brut". En acabar la setmana, trasllada tot el material acumulat sobre un full de paper. Es passa l'imant per sota i s'analitza amb la càmera del telèfon.

També és possible preparar una trampa individual per a cada alumne. Cal un vas de paper, una corda per vessar-lo i un petit imant.



Fig. 29a i 29b: El vas lligat amb un fil i un petit imant al seu interior. Fig. 29c: Estudiant usant el vas, buscant els micrometeorits.

Per preparar el parany per a cada alumne, atapeïm el vas amb un fil i fiquem un petit imant dins del vas. Els estudiants es mouen per l'àrea del pati de l'escola amb els vasos magnètics. Després retiren l'imant, i si hi ha partícules de ferro (micrometeorits), cauran sobre el full de paper blanc. Els estudiants observen amb les càmeres dels seus telèfons per trobar micrometeorits, identificant-los com a petites esferes.

Classificació d'Extremòfils

Un extremòfil és un organisme, freqüentment és un microorganisme, que viu en condicions extrems, és a dir en aquelles circumstàncies que són molt diferents de les que viuen la majoria de les formes de vida terrestres.

Fins fa poc temps, es pensava que als llocs on avui sabem que creixen els extremòfils era impossible que hi hagués vida. Per exemple, a les zones extremadament fredes de l'Antàrtida, a les aigües enormement àcides i amb metalls del Riu Tint, o al desert extremadament sec i amb metalls pesants d'Atacama. Però s'ha demostrat que hi ha organismes que viuen a totes aquestes zones.

Els astrobiòlegs de la NASA i l'ESA estudien sobre el terreny (Antàrtida, Desert d'Atacama, Mines de Riutinto, etc.) com evoluciona o s'adapta la vida per entendre com es va originar.

L'Antàrtida, en la seva major part, és freda i desolada, però, diversos grups de científics han aconseguit trobar gran quantitat de vida sota la seva superfície. Han trobat microbis extremòfils

vivint a profunditats de 36m amb temperatures de -20°C en aigua salada (que no es congela per l'alta concentració de sal), un altre grup ha trobat a 800 m de profunditat tot un ecosistema en absència total de llum (figura 30).



Fig. 30: Diferents grups científics troben extremòfils sota la superfície de l'Antàrtida

Alguns extremòfils viuen en absència d'aigua o són capaços de resistir la dessecació vivint amb molt poca. Com els microbis del terra del Desert d'Atacama.

Allà es dona un fenomen molt espectacular: el desert florit. Aquest és el desert més àrid del món, en els anys en què hi ha més precipitació del normal i després un front fred apareixen una gran quantitat i diversitat de flors (fins a 14 varietats) que es manté durant uns mesos.

La zona minera de Riotinto des del segle I AC va ser explotada per l'Imperi Romà i la situació en l'actualitat, després de cents d'anys de minera de superfície on s'han extret minerals pesants és de gran interès per estudiar la vida en condicions extremes.



Fig. 31: Fotografia d'agost 2022 després de diversos anys de sequedat, els últims anys van ser 2015 i 2017

Altres extremòfils es desenvolupen en ambients d'alta acidesa i altes concentracions de metall (Hierro, Cobre, Cadmio, Arsènic, Zinc, Plom). Les reaccions en aquest riu, estan catalitzades per bacteris acidòfils, de manera que si es redueix l'acidesa es multiplica la població de bacteris, cosa que genera més oxidació de sulfurs i més acidesa en un procés que es retroalimenta. Els habitants de la zona saben quantva a ploure pels canvis de color del riu (els bacteris generen més acidesa per mantenir el ph durant la crecuda del riu).



Fig. 32: Les aigües de Rio Tinto de color vermell on viuen els bacteris acidòfils.



Fig. 33: Erica Andevalensis s'estén a tota la zona, les arrels de la qual en sòls àcids i amb molt poc nutrients

Hi ha extenses zones d'arbustos d'Erica Andevalensis o "bruc miner", distribuïts al llarg de la llera del riu. Aquestes plantes tenen les seves arrels en sòls molt àcids i amb pocs nutrients. Fins i tot algunes plantes creixen a les ribes del riu amb les seves arrels parcialment submergides a l'aigua àcida i sòls amb altes concentracions de Coure i Plom

La investigació espacial necessita dels treballs dels astrobiòlegs en zones extremes com l'Antàrtida, el Desert d'Atacama o les Mines de Ríotinto. El primer pas de molts dels protocols que es realitzen per descobrir extremòfils consisteix en el procés d'extracció d'ADN i per aquest motiu es realitza aquesta activitat a continuació.

Activitat 7: Extracció de l'ADN

Després d'observar que hi ha vida en condicions molt extremes, s'ha optat per fer la prova d'ADN quan es vol detectar l'existència de vida. Les restes d'ADN permeten detectar l'existència de vida (actual o passada), i això es fa servir per buscar vida a l'espai. La molècula d'ADN és una molècula molt llarga i aquesta compactada amb proteïnes (com un ovillo) dins de les cèl·lules. Així doncs, per poder detectar la presència de restes d'ADN cal preparar una solució amb la qual puguem trencar la membrana envoltant de la cèl·lula.

Procedirem doncs a tall d'exemple a extreure l'ADN d'un tomàquet madur perquè és molt senzill aconseguir liquar-lo.

Solució per trencar la cèl·lula

Enmig vas d'aigua es dissol una culleradeta de sal (Clorur Sòdic) per soltar les proteïnes i alliberar així l'ADN que apareixerà de color blanc per la presència de la sal. Tres cullerades de Bicarbonat de Sodi, per mantenir constant el ph de la solució i que no es degradi l'ADN. A continuació, s'afegeix rentaplats fins que l'aigua tingui el color d'aquest, per trencar la membrana de les cèl·lules de caràcter gras. Cal barrejar sense fer escuma per poder veure bé l'ADN.

Preparar el suc de cèl·lules "del tomàquet"

Començarem extraient dues cullerades de polpa del tomàquet, aixafant-la amb una cullera i triturant-la amb un tenidor fins a tenir un puré més o menys líquid (figura 34).

Enxampem la solució trencadora de les cèl·lules sobre el puré de tomàquet. Doble de volum de solució que de puré de tomàquet. Per trencar les cèl·lules agitem cuidant no fer escuma i colem per treure els trossos grans. El contingut de dins les cèl·lules és al suc i és allà on es troba l'ADN que volem extreure.



Fig. 34: Preparant el puré líquid de tomàquet, per procedir a fer-li el doble de solució trencadora de les membranes, per extreure l'ADN.

Fer visible l'ADN

Quan hi ha moltes fibres d'ADN es veu com un núvol blanc (la sal li dona el color blanquinós). Deixem caure alcohol per la paret del vas de suc, perquè volem que quedi una capa d'alcohol damunt del suc sense barrejar-s'hi. En tres o quatre minuts es forma un núvol blanc d'ADN que s'està agrupant i fent-se visible (puja a dalt). S'hi afegeix alcohol perquè l'ADN no és soluble en alcohol i es va formant el núvol d'ADN que resulta ben visible (figura 35).

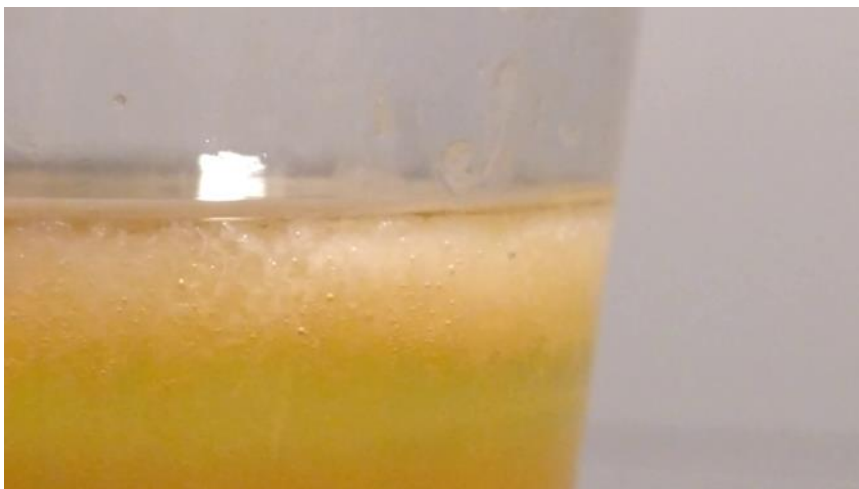


Fig. 35: El núvol d'ADN resulta molt visible flotant sobre la barreja

Bibliografia

- Arisa, E., Mazón, J. and Ros, R.M. 2012, Looking for the north, EU-UNAWA, Barcelona, Spain.
- Dill K.A. and Agozzino L. 2021, “Driving forces in the origins of life”, Open biology, Volume 11, <https://doi.org/10.1098/rsob.200324>
- Kostov, R. I., Kurchatov, V. 2001. Bulgarian meteorites – history and stage of study. – Geology and Mineral Resources, 8, 10, 16-20, Bulgaria.
- Larsen L., 2019, On the Trail of Stardust: The Guide to Finding Micrometeorites: Tools, Techniques, and Identification, Voyageur Press, Beverly, MA (USA).
- Levy M. et al. 2000, “Prebiotic Synthesis of Adenine and Amino Acids Under Europa-like Conditions”, Icarus, Volume 145, <https://doi.org/10.1006/icar.2000.6365>
- Martin W. 2008, “Hydrothermal vents and the origin of life”, Nature Reviews Microbiology, Volume 6, <https://doi.org/10.1038/nrmicro1991>
- Moreno, R., 2022, Experimentos para todas las edades, 3ª Edición. Editorial Rialp, Madrid (Spain).
- Declaration for scientists/researchers using the NHM Collection, 2013.
- La plus Grande Histoire jamais contée, Des Origines de l’Univers a la vie sur Terre, Belin, Paris, France, 2017.
 - <https://www.sciencefriday.com/articles/up-on-the-roof-a-handful-of-urban-stardust/>
 - <https://micro-meteorites.com/>
 - <https://www.astrogc.com/index-otros-projects-met.html>
 - <https://www.pbslearningmedia.org/resource/5762943c-af62-4a3b-8340-36660545628a/go-outside-and-play-micrometeorites-young-explorers/>