

Elements d'Astrobiologia

Rosa M. Ros, Beatriz García, Alex Costa, Florian Seitz, Ana Villaescusa, Madeleine Rojas

International Astronomical Union, Technical University of Catalonia, Spain, ITeDA and National Technological University, Argentina, Escola Secundària de Faro, Portugal, Heidelberg Astronomy House, Germany, Diverciencia, Spain, SENACYT, Panama.

Resum

Aquest taller es divideix essencialment en dues parts. Els elements necessaris per a la vida i després es fa un estudi succint de la taula periòdica atenent els objectius d'aquest treball i s'introdueixen alguns elements de astrobiologia

Objectius

- Comprendre on sorgeixen els diferents elements de la taula periòdica
- Comprendre les condicions d'habitabilitat necessàries per al desenvolupament de la vida
- Fer servir les directrius mínimes de la vida fora de la terra

Formació de sistemes planetaris

En el procés de formació i naixement d'una estrella es constitueix alhora el seu sistema planetari amb les restes de material d'àmbit proper a l'estrella.

De la mateixa manera que podem conèixer la composició de l'estrella considerada estudiant la seva espectre, s'usa espectroscòpia per conèixer l'atmosfera dels exoplanetes. Cada element químic, cada molècula, presenta un espectre determinat i únic.

Comparant els espectres de llum de les estrelles de sistemes exoplanetaris que, eventualment, travessin l'atmosfera d'un dels seus exoplanetes, es pot saber la composició química d'aquesta (figures 1 i 2).

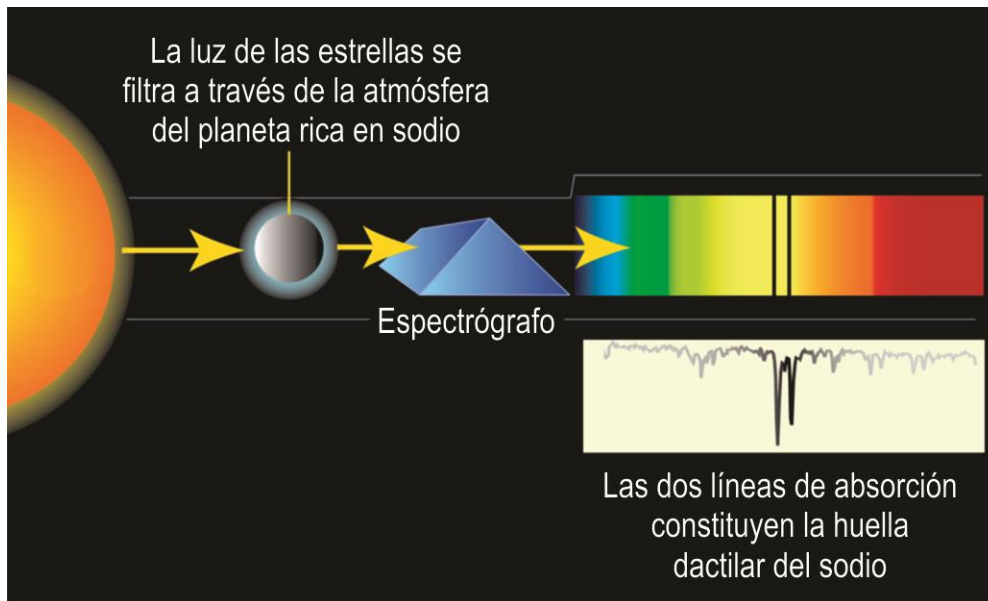


Fig. 1: Espectroscòpia aplicada a l'estudi de l'atmosfera de la planeta HD 209458b, amb la detecció de sodi en la seva atmosfera. Font Wikipedia / A. Feild (STScI)

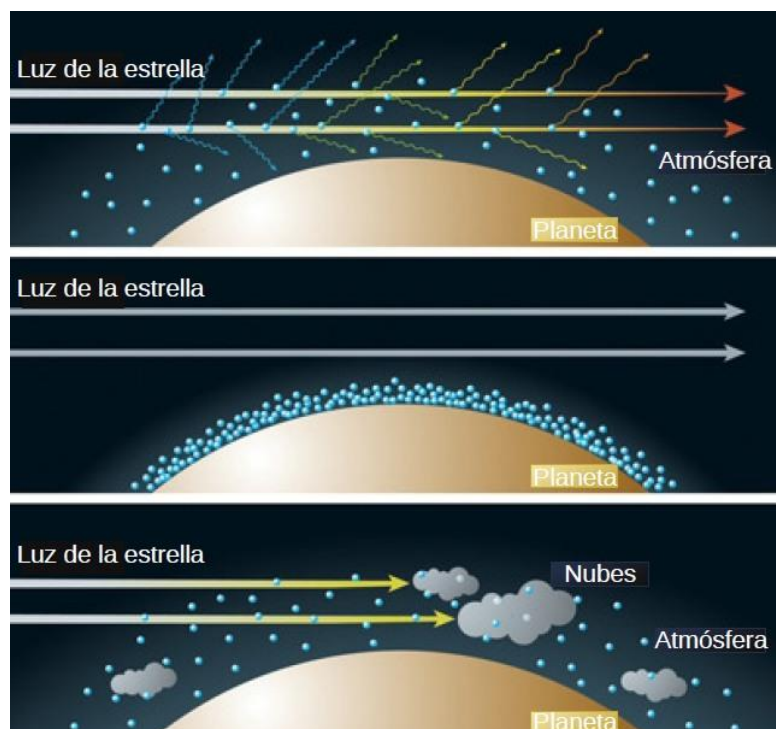


Fig 2: ¿Cómo sabemos si hay agua cómo incluso moléculas orgánicas? Cada elemento químico, cada molécula, presenta un espectro determinado y único. Comparando los espectros de luz de las estrellas de sistemas exoplanetarios que, eventualmente, atraviesen la atmósfera de uno de sus exoplanetas, se puede saber la composición química de ésta.

Però vegem un exemple de formació de sistema planetari usant un mètode per involucrar els participants en un model actiu.

Activitat 1: Formació d'un Sistema Planetari a partir de gas i pols

La temàtica d'aquesta activitat consisteix a explicar la formació del sistema solar o de qualsevol sistema planetari segons la hipòtesi Nebular de Kant.

La dinàmica consisteix a dividir el grup en dos subgrups que a primera vista siguin fàcils d'identificar. Per exemple: el grup de les noies i el grup dels nois. (Es poden prendre altres criteris, però aquest generalment és senzill). Cada grup té un rol, les Noies poden ser el gas i els Nois la pols (o viceversa). Si hi ha una diferència substancial en la quantitat de participants d'un grup i un altre, es recomana que el grup que representa el gas sigui el que contingui més quantitat de participants, ja que en un sistema planetari en formació la massa del gas és 100 vegades la massa de la pols.

Els participants a mesura que van escoltant el relat van fent una dinàmica d'actuació sobre el que escolten, per exemple:

Text de l'relat	Actuació dels participants:
Había una vez una nube de mucho gas y algo menos de polvo.	Tots estan barrejats en un núvol. Hi ha més quantitat de participants que representen a el gas. En el núvol s'agafen de les mans tots els participants de manera aleatòria, formant com una xarxa.
Llavors el gas va començar a ajuntar-se al centre del núvol i al seu voltant la pols.	Comencen a separar-se. Els participants que representen a el gas s'acumulen en el centre i els que representen a la pols s'agafen de les mans al voltant dels altres.
Hi havia molt de moviment, les partícules de gas atreïen gas i les partícules de pols atreïen pols.	Comienzan a rotar, moverse, chocar, vibrar, saltar. Algunos salen disparados como resultado de tanto movimiento y otros "rescatan", atrapan, abrazan a esas partículas juntándose por identificación (gas con gas y polvo con polvo)
Al centre es va formar un nucli opac dens envoltat d'un disc de pols i gas.	Els de centre (gas) s'acumulen i al seu voltant es prenen de la mà dels participants que representen a la pols en espècie d'un cercle. Aclariment: no tot el gas està en el centre, hi ha gas allunyat, fora de l'cercle.
Aquest nucli és el que finalment donaria origen a el Sol o a l'estrella mare d'un sistema extrasolar.	El Sol o l'estrella amfitriona comença a brillar pel que els seus raigs han de sortir disparats cap a totes les direccions. Aclariment: A el moment que el Sol o l'estrella amfitriona comença a brillar el gas "solt" comença a allunyar-se.

Algunos planetas pequeños se formaron por la unión de granos de polvo cada vez más y más grande, después rocas y así hasta que se hicieron planetas terrestres.	Comencen a agrupar els participants que representen la pols que forma els planetes terrestres. Aclariment: no tota la pols es queda en els planetes terrestres, ha d'haver una mica de pols en les regions més allunyades.
Els planetes gegants es van formar lluny de la calor del Sol o l'estrella amfitriona on el gas va poder reunir-se sense inconvenients.	La resta, els planetes gegants, comença a ajuntar-se: molt gas i una mica de pols. Aclariment: La disminució de la temperatura producte de la major distància respecte el Sol o a l'estrella amfitriona va ser la causant de les diferències principals entre els planetes rocosos interns i els gegants externs.

Taula 1: Història per explicar la formació d'un sistema planetari



Fig. 3: Tots estan barrejats en un núvol. Hi ha més quantitat de participants que representen a el gas. En el núvol s'agafen de les mans tots els participants de manera aleatòria, formant com una xarxa



Fig. 4: Comencen a separar-se. Els participants que representen a el gas s'acumulen en el centre i els que representen a la pols s'agafen de les mans al voltant dels altres



Fig. 5: Comencen a agrupar els participants que representen la pols que forma els planetes terrestres



Fig. 6: La resta, els planetes gegants, comença a ajuntar-se: molt gas i una mica de pols.

Aspectes químics de l'evolució estel·lar

La taula periòdica ens permet adonar-nos de fins a quin punt tot el que som sorgeix a partir de l'evolució de les estrelles.

A la taula de la figura 3 es classifiquen els diferents elements segons

- 1) Elements creats en els primers minuts després del Big Bang. Inicialment l'Univers estava format essencialment per l'àtom més simple: l'àtom d'Hidrogen. Un curt temps després aquest dóna lloc a elements una mica més elaborats com l'Heli, el Liti i el Beril·li.
- 2) Els elements que es formen en el nucli de les estrelles per nucleosíntesi ja són una mica més pesats com el Bor, Carbó, Nitrogen, Oxigen, Fluor, Neó, Sodi, Magnesi, Alumini, Silici, Fòsfor, Sofre, Clor, Argó, potassi, Calci, Sc, titani, V, Crom, Manganès i Ferro.
- 3) Els elements més pesats que es formen en les grans explosions de supernoves són tots els altres. Alguns d'ells poden ser inestables i es poden produir en laboratoris.
- 4) Els elements sintètics produïts per l'home en un laboratori i que no es troben a la natura



Fig. 7: La taula periòdica des del punt de vista d'evolució estel·lar

Activitat 2: Classificació dels Elements de la taula periòdica

A continuació, es dóna una llista d'objectes que caldrà classificar segons els tres nivells o en tres cistells:

1. Elements produïts en els primers minuts després del Big Bang (Cistell blau)
2. Elements forjats dins de les estrelles (Cistell groc)
3. Elements que apareixen en les explosions de supernoves (Cistell vermell)

Cal col·locar en cada un dels tres cistells (blau, groc i rosa) cada objecte de la següent llista, segons la seva constitució:

Anell: Or Au	Broca de trepant recoberta amb: Titani Ti	Gas interior del globus d'un nen: Heli He	Netejador de cassoles: Níquel Ni
Bateria de botó / mòbil: Litio Li	Bugies de cotxe: Platí Pt	Fil de coure elèctric: Coure Cu	Solució de lode: lode, I
Ampolla d'aigua H ₂ O: Hidrògen H	Cassola antiga: Alumini Al	Mina de llapis negre: Carbó C	Sofre per agricultura: Sofre, S
Llauna de refresc: Alumini Al	Rellotge de canell de Titani Ti	Medalla: Plata Ag	Canonada: Plom Pb
Maquineta de Zinc: Zinc Zn	Clau vell oxidat: Ferro Fe	Termòmetre: Gal.li Ga	Caixa de LLumins: Fòsfor P

Taula 2: Objectes per classificar

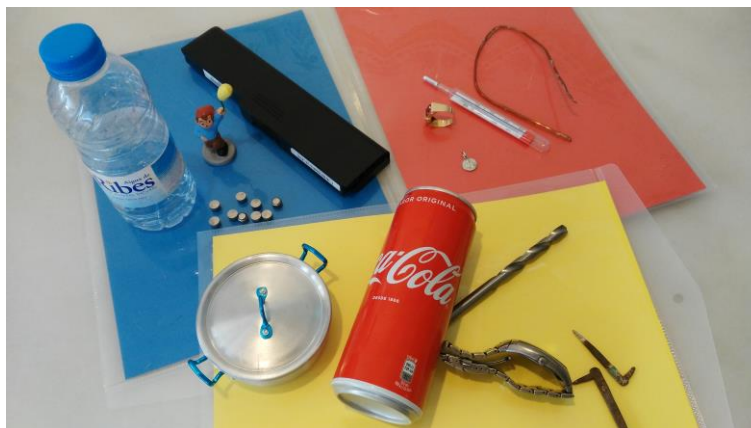


Fig. 8: Classificació correcta. A la zona blava: Bateria de mòbil: Liti, Ampolla d'aigua H_2O : Hidrògen, Gas de l'interior d'un globus de nen: Heli. A la zona groga: Llauna de Coca cola: Alumini Al', Broca de trepant recoberta amb: Titani Tu, Cassola antiga: Alumini Al', Rellotge de canell de Titani Tu., Clau vell oxidat: Ferro Fe, Mina de llapis negre: Carbó / grafit C, Sofre per agricultura: Sofre, S, Caixa de Llumins: Fòsfor. P. A la zona vermella: Fil de coure elèctric: Coure Cu, Bugies de cotxe: Platí Pt, Anell: Or Au, Medalla: Plata Ag, Termòmetre: Gal·li, Ga, Maquineta de Zinc, Zn, Netejador de cassoles: Níquel Ni, Solució de Iode: Iode, I, Canonada, Plom, Pb.

Activitat 3: Fills de les estrelles

A continuació s'inclou la llista bioelements presents en l'ésser humà ordenats segons la seva abundància.

- Elements abundants: oxigen, carboni, hidrògen, nitrògen, calci, fòsfor, potassi, sofre, sodi, clor, ferro i magnesi
- Elements traça: fluor, zinc, coure, silici, vanadi, manganès, iode, níquel, molibdè, crom i cobalt

Els elements químics que es consideren essencials per a la vida són aquells que:

- La insuficiència de l'element provoca deficiències funcionals (reversibles quan torna a estar a les concentracions adequades).
- Quan l'organisme no té aquest element no creix ni completa el seu cicle vital
- L'element influeix directament en l'organisme i està involucrat en els seus processos metabòlics.
- L'efecte d'aquest element no pot ser reemplaçat per cap altre.

No tots els éssers vius tenen la mateixa proporció d'elements essencials. A la figura 6 es destaquen els elements essencials així com alguns que podrien ser reconeguts com a tals: liti, cadmi, arsènic i estany.

Comparant amb la taula periòdica de la figura 3 amb la figura 8, s'observa que "tots els elements majoritaris (excepte l'hidrògen)" s'han produït dins de les estrelles. Sense els elements més pesats creats gràcies a l'evolució estel·lar no podríem existir. els que figuren solament com traces, hi ha alguns que s'han format dins d'una estrella però altres en una explosió de supernova, però els majoritaris tots sorgeixen de les reaccions de nucli síntesi dins el ventre de les estrelles: Som fills de les estrelles!

El Sol no és una estrella de primera generació

Elemento mayoritario				Elemento traza								Esencialidad discutida						
<u>H</u>																		He
<u>Li</u>	Be											<u>B</u>	<u>C</u>	<u>N</u>	<u>O</u>	<u>F</u>	Ne	
<u>Na</u>	<u>Mg</u>											Al	<u>Si</u>	<u>P</u>	<u>S</u>	<u>Cl</u>	Ar	
<u>K</u>	<u>Ca</u>	Sc	Ti	<u>V</u>	<u>Cr</u>	<u>Mn</u>	<u>Fe</u>	<u>Co</u>	<u>Ni</u>	<u>Cu</u>	<u>Zn</u>	Ga	Ge	<u>As</u>	<u>Se</u>	<u>Br</u>	Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	<u>Mo</u>	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	<u>Cd</u>	In	<u>Sn</u>	Sb	Te	<u>I</u>	Xe	
Cs	Ba	La	Hf	Ta	<u>W</u>	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
Fr	Ra	Ac																

Tabla 3: Tabla periódica de elementos esenciales para la vida

Les estrelles de primera generació estan constituïdes essencialment per hidrogen i heli (que elles mateixes han generat). Les estrelles que presenten elements més elaborats signifiquen que el seu núvol inicial part de les restes de l'explosió d'una supernova i per això presenta alguns elements molt més evolucionats. Per exemple l'espectre solar té unes línies molt marcades de sodi el que fa pensar, per la seva massa i estat d'evolució, que no pot ser un estel de primera generació, aquest sodi no pot haver-se generat en el seu propi interior. A més en el sistema planetari es detecten multitud d'elements que sorgeixen després de l'explosió d'una supernova per la qual cosa cal pensar que possiblement el Sol de formar a partir d'un núvol inicial que corresponia a les restes a el menys de dues explosions de supernoves. En conseqüència cal pensar que el sol és un estel de tercera generació.

Vegem a continuació un parell d'exemples de figures d'espectres: l'espectre d'una estrella de primera generació on només s'aprecien les línies dels elements primigenis (figura 9). L'espectre solar amb les línies de sodi ja esmentades (figura 11).

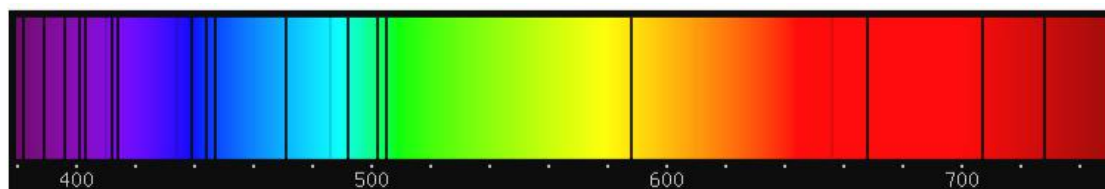


Fig. 9: Espectre de primera generació (impressió d'artista). Les estrelles de primera generació són predominantment desenes o centenars de vegades més massives que el sol. Van viure ràpid, van morir joves i no han sobreviscut fins als nostres dies. Només hauria línies d'Hidrogen, Heli i com a molt lit.

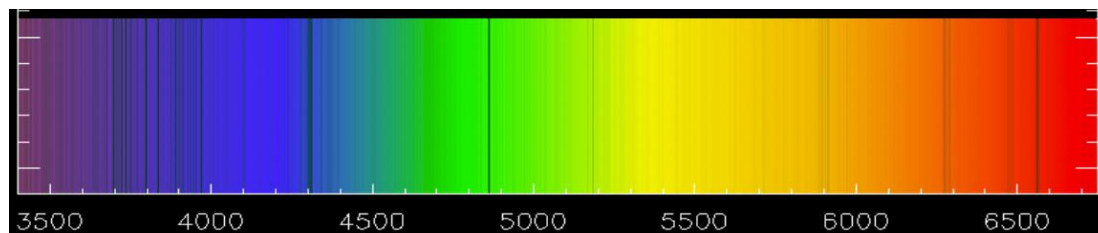


Fig. 10: Espectre de SMSS J031300.36-670839.3 estrella de segona generació que només presenta línies d'hidrogen i carbó.

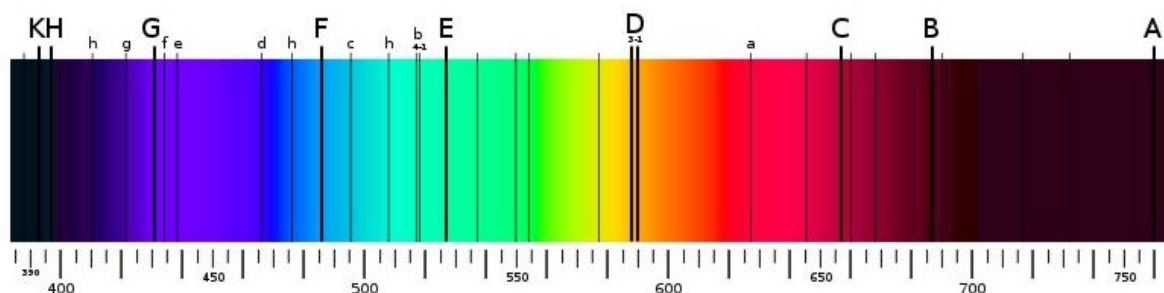


Fig. 11: Espectre del Sol. Amb moltes línies espectrals de diversos elements i entre ells de l'Sodi

Zona d'Habitabilitat

Quan parlem de vida se sol assumir que es tracta de formes de vida basades en el carboni i així es defineix un criteri central per l'habitabilitat, que és la presència d'aigua líquida. S'anomena zona d'habitabilitat estel·lar a la regió al voltant d'una estrella en què el flux de radiació sobre la superfície de qualsevol planeta (o satèl·lit) rocós permetria la presència d'aigua en estat líquid. Sol donar-se en cossos de massa compresa entre 0,5 i 10 Mt i una pressió atmosfèrica superior a 6,1 mbar, corresponent a el punt triple de l'aigua a una temperatura de 273,16 K (quan coexisteix aigua en forma de gel, líquid i vapor).

La zona d'habitabilitat depèn de la massa de l'estrella. Si augmenta la massa d'una estrella, la seva temperatura i brillantor augmenten i en conseqüència la zona d'habitabilitat és cada vegada més llunyana.

Que un planeta es trobi a la zona d'habitabilitat no implica que ha d'existir vida. Per exemple, en el nostre sistema solar la zona d'habitabilitat inclou els planetes Terra i Mart, però dels dos, en l'únic en la qual cosa es coneix vida és a la Terra. La zona d'habitabilitat per al sistema solar està compresa entre 0.84 UA i 1,67 UA. Venus està a 0.7 UA amb un efecte hivernacle descontrolat i en canvi Mart està a 1.5 UA sense l'existència d'aigua superficial, mentre s'espera l'existència d'aigua congelat subterrani.

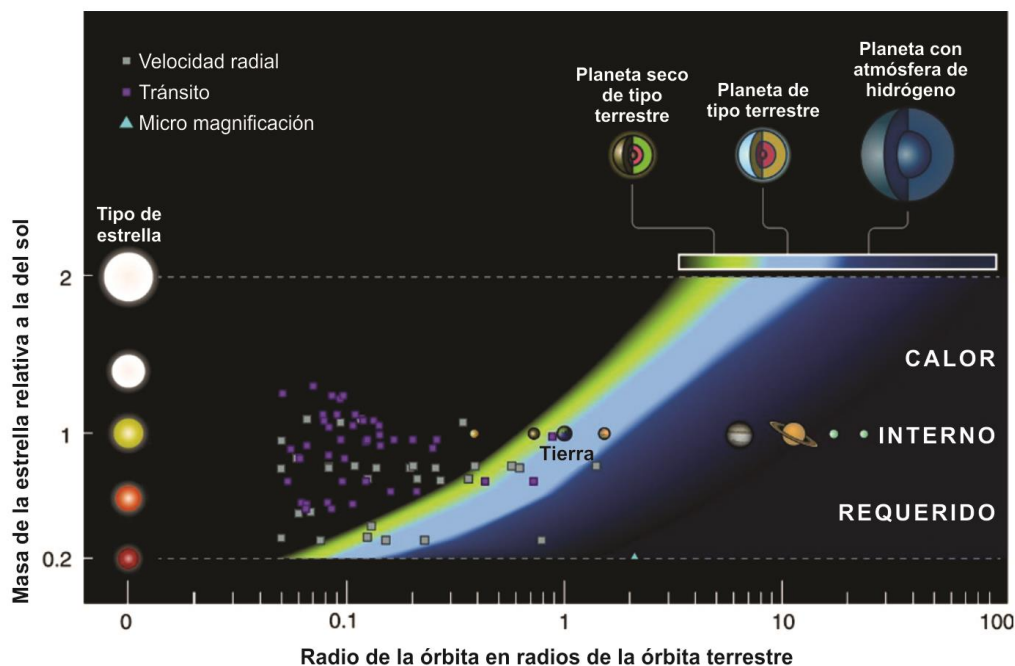


Fig. 12: Zona d'habitabilitat segons sigui l'estrella amfitriona

A més de l'existència d'aigua superficial líquida hi ha altres condicions per a l'habitabilitat d'un planeta. Vegem amb detall les més importants:

- Una distància orbital de la planeta que el situï a la zona habitable és una condició necessària, però no suficient perquè un planeta sigui hospitalari per a la vida. Exemple: Venus i Mart.
- Un factor que influeix decisivament en l'habitabilitat és la massa de la planeta. Aquesta ha de ser prou gran perquè la seva gravetat sigui capaç de retenir l'atmosfera. Això és el raó principal per la qual cosa Mart no és habitable en el present, com va perdre el major part de la seva atmosfera i tota l'aigua superficial, la qual cosa tenia a les primers mil milions d'anys.

De tota manera pot passar que tot i que els planetes no estiguin a la zona d'habitabilitat, pot ser que en el seu interior es donen els factors necessaris per a l'existència d'algun tipus de vida, sigui en els planetes mateixos o en algunes de les seves llunes, com podria ser el cas d'algunes llunes de Júpiter o Saturn.

Preliminars d'Astrobiologia: El procés de la formació de l'atmosfera terrestre

El coneixement de la fotosíntesi és essencial per entendre les relacions dels éssers vius i l'atmosfera, i per entendre el balanç de la vida sobre la terra, donat el profund impacte que té sobre l'atmosfera i el clima terrestres.

La fotosíntesi és un procés físic-químic pel qual plantes, algues i certs bacteris fotosintètics utilitzen l'energia de la llum solar per sintetitzar compostos orgànics. Es tracta d'un procés fonamental per a la vida sobre la terra i té un profund impacte sobre l'atmosfera i el clima terrestres: cada any els organismes amb capacitat fotosintètica converteixen en carbohidrats més del 10% de l'òxid de carboni atmosfèric. És a dir, que l'augment de la concentració de diòxid de carboni atmosfèric generat per l'activitat humana, té un gran impacte sobre la fotosíntesi. Des del punt de vista evolutiu, l'aparició de la fotosíntesi oxigènica (que produeix oxigen) va suposar una veritable revolució per a la vida sobre la terra: va canviar l'atmosfera terrestre enriuint-la, fet que va possibilitar l'aparició d'organismes que utilitzen l'oxigen per viure.

Fotosíntesis Oxigénica	Fotosíntesis Anoxigénica
$\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- + 1/2\text{O}_2$	$\text{H}_2\text{S} \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- + \text{S}$

Fig. 13: Fotosíntesi oxigènica i anoxigènica

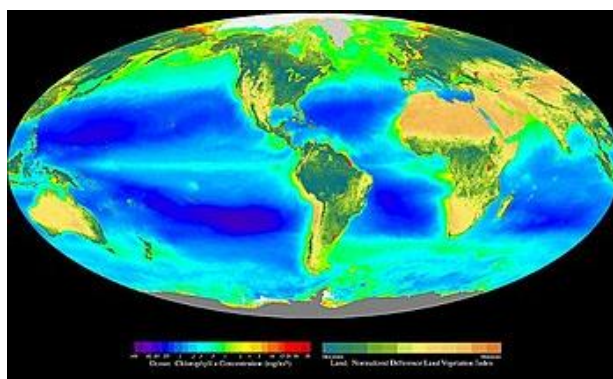


Fig. 14: Imatge que mostra la distribució de la fotosíntesi en el globus terrestre; mostrant tant la data a terme pel fitoplàncton oceànic com per la vegetació terrestre.

Les coses no sempre van ser com nosaltres les coneixem; l'evolució de la terra, l'evolució de l'atmosfera primitiva, l'evolució dels metabolismes primitius, constitueix un entramat d'esdeveniments que condueix fins uns bacteris Fototrofas que utilitzen la llum com a font d'energia però alliberen sofre (anomenada fotosíntesi anoxigènica, no allibera oxigen). Posteriorment apareix a la Terra la fotosíntesi oxigènica que allibera oxigen a l'atmosfera, incrementant la seva concentració i possibilitant la gran explosió de la vida que coneixem ara. Es pot dir que atmosfera primitiva del nostre planeta tot just contenia traces d'oxigen. Però hi va haver vida abans. I hi ha acord en que l'aire que respirem actualment, amb un 21% d'oxigen, és producte de l'activitat biològica de la terra i molt diferent a com va haver de ser l'atmosfera de la terra primitiva.

El procés de formació de matèria orgànica. Per què són verdes les plantes?

La fotosíntesi o també anomenada funció clorofil·lica, consisteix en la conversió de matèria inorgànica a matèria orgànica gràcies a l'energia que aporta la llum. La vida en el nostre

planeta es manté fonamentalment gràcies a la fotosíntesi que realitzen en el medi aquàtic les algues i alguns bacteris i en el medi terrestre les plantes, que tenen la capacitat de sintetitzar matèria orgànica (imprescindible per a la constitució dels éssers vius) partint de la llum i la matèria inorgànica. De fet, cada any els organismes fotosintetitzadors fixen en forma de matèria orgànica al voltant de 100 000 milions de tones de carboni.

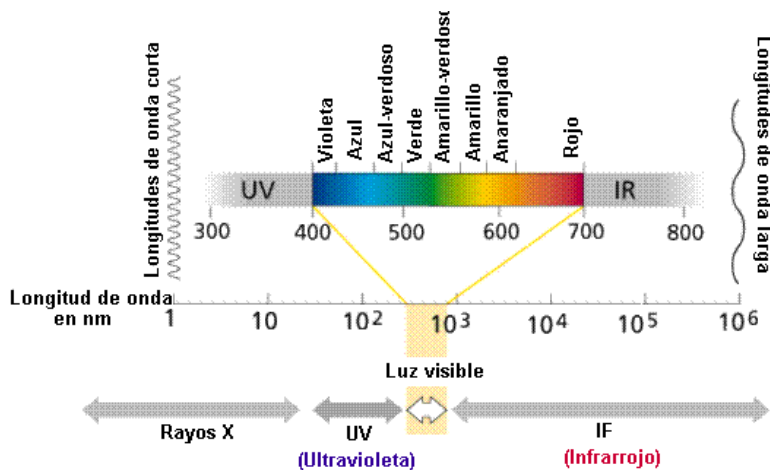


Fig. 15: L'espectre de llum. Ampliat es representa l'espectre de llum visible.

Els passos inicials de conversió d'energia lumínica en energia química depenen de molècules anomenades pigments fotosintètics. El terme 'pigment' és utilitzat per descriure una molècula que posseeixen la capacitat de captar energia dels fotons (energizant o excitant el nivell energètic d'electrons de la seva estructura atòmica, és a dir una molècula que es "s'excita amb la llum"). Tots els pigments biològics absorbeixen selectivament certes longituds d'ona de la llum mentre que reflecteixen altres.

La llum solar està composta de diferents colors; cada un té una longitud d'ona diferent que oscil·la entre 400 i 700 nm. La clorofil·la absorbeix les longituds d'ona vermelles i blaves per a usar-les com energia però no absorbeix el verd. El color verd rebota del full i els nostres ulls la veuen verda.

Activitat 4: Producció d'oxigen a partir de CO₂ usant la fotosíntesi o funció clorofil·lica

En aquesta proposta experimental es utilitzarem fulles d'una planta per produir oxigen gràcies a el carboni de l'hicarbonat sòdic i la llum d'un llum. Utilitzarem 2 pots de vidre transparent i sobre ells col·locarem paper de cel·lofana blau and vermell.

Les fulles vegetals verds han de ser fresques, consistents i ben verds, per la qual cosa s'aconsella espinac o bleda. Amb ajuda d'un sacabocados o una perforadora de paper, tallarem discos de fulles uniformes (calcular tenir 10 discos per flascó, evitant les zones amb nervadures centrals).

Prepararem una solució al 2.5% de bicarbonat de sodi, és a dir 25 gr de bicarbonat per 1 litre d'aigua, amb l'objectiu d'impregnar els discos retallats dels fulls amb ella i aconseguir augmentar la quantitat de carboni disponible en forma de bicarbonat sòdic fent així més visible i més ràpid, el fenomen que volem observar. Col·loquem 20 ml de la solució de bicarbonat de sodi en cada pot de vidre.

Traiem l'èmbol d'una xeringa d'un sol ús de 10 ml i ubiquem els discos en el cos de la mateixa, després col·loquem suaument l'èmbol i succionem 10 ml de la solució de bicarbonat fins que els discos estiguin suspesos en la solució.

Hem de reemplaçar l'aire existent en els discos per la solució de bicarbonat. Per logar això, obturar l'extrem de la xeringa amb un dit i succionar fortament, procurant fer el buit. En els espais interns del teixit vegetal es reemplaçarà aire per solució de bicarbonat: d'aquesta manera, els discos no suraran en la solució de bicarbonat, i la solució serà una font de carboni disponible i proper a les estructures fotosintètiques del full.

Col·loquem els discos de fulla així tractats en cada pot de vidre (que al seu torn contenen solució de bicarbonat al 2.5%). Cobrim amb un paper d'alumini un dels gots, i recobrir els altres flascons amb el paper de cel·lofana de colors. Sobre cada flascó (amb el paper cobrint) s'ha d'instal·lar un llum, de manera que el feix de llum incideixi sobre la mostra a estudiar: totes a la mateixa distància (cal disposar de fonts de llum individuals per a cada flascó, de la mateixa potència, no menor que 70W: poden ser fonts fluorescents, però es recomana l'ús de LED; evitar les incandescent, com les llum halògenes, ja que perden molta energia com a calor).

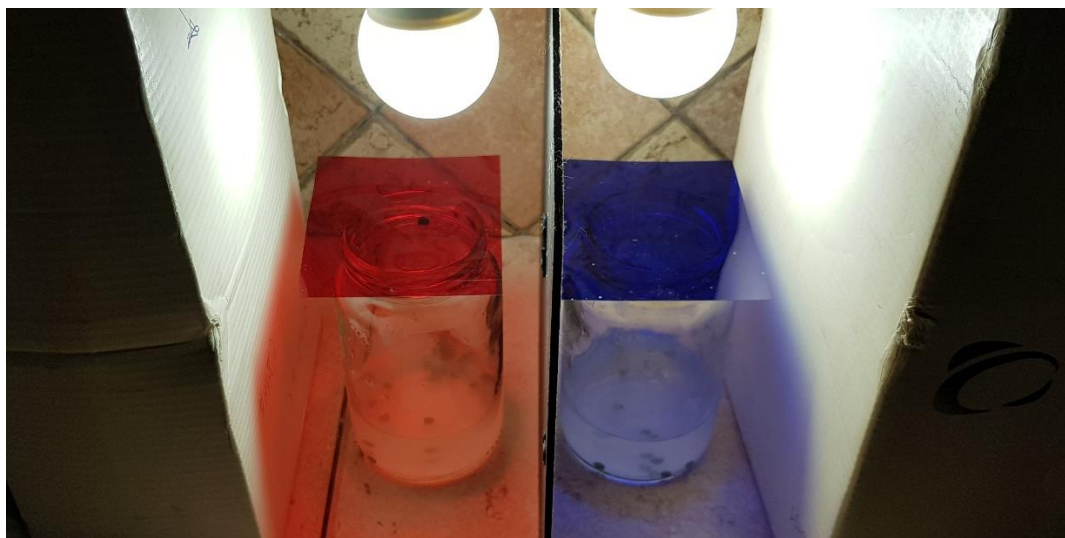


Fig. 16 y 17: La solució amb el llum amb paper vermell i amb paper blau

Quan encenem la llum, vam començar a mesurar el temps amb un cronòmetre, el que s'ha de registrar és el temps per al qual els discos comencen a ascendir en la solució.

El procés no és immediat, pot demorar uns 5 minuts perquè els discos comencin a ascendir (depèn de la intensitat de les llums i la distància a què es col·loca la llum). Els discos

comencen a surar a l'anar alliberant oxigen en forma de bombolles, que ajuden en l'ascensió. S'observarà que l'ascensió en cada flascó és en temps diferents, depenent del color del feix de llum: resulta més ràpid per la llum blava. D'aquesta manera vam demostrar que la component d'alta energia de la radiació electromagnètica és la més eficient en el procés, la taxa fotosintètica està directament relacionada amb el temps pel qual els discos ascendeixen, fenomen vinculat amb la producció d'oxigen. La taxa fotosintètica és més gran per al blau que per al vermell. Per tant amb aquest experiment estem demostrant com les plantes i altres organismes fotosintètics són responsables de l'existència d'Oxigen en la nostra atmosfera. La substitució de l'aire per la solució de bicarbonat, accelera el procés i ens permet visualitzar-lo en menor temps,



Fig. 18 y 19: La solució amb les llums de diferent color mostrant com ascendeixen els discos de forma diferent en cada cas

A més, amb el temps, la interacció de la radiació UV d'el Sol amb les molècules d'oxigen, van generar l'ozó (O_3), que ens protegeix de la radiació UV més energètica, però que deixa passar els UVA i UVB, sense els quals no podria haver continuat el procés fotosintètic en el nostre Planeta.

Variabls alternatives a explorar: concentració de bicarbonat en la solució utilitzada, temperatura, fonts de llum de diferents colors i intensitats (mantenint la resta de les condicions constants i el control de foscó en tots els casos), fulls pre-exposades a llum o foscó, etc.

Activitat 5: Comprovar la possibilitat de vida en condicions extremes

La fermentació alcohòlica és un procés anaeròbic realitzat pels llevats (fongs). Juntament amb els bacteris, el procés fermentatiu és la base per a l'obtenció d'energia en els microorganismes. Els llevats transformen el sucre (glucosa) en alcohol etílic o etanol, i diòxid de carboni. La fermentació és un procés de rendiment energètic baix, mentre que respirar és molt més rendible i més recent des del punt de vista evolutiu.

Així doncs, com el sucre es transforma en alcohol etílic i diòxid de carboni, anem a basar el nostre experiment en la presència d'aquest gas. Si s'observa la presència d'ell mateix sabrem que hi ha hagut fermentació i per tant s'ha provat la possibilitat de vida.

Les experiències de microbiologia requereixen temps per arribar a conclusions fiables, en el nostre cas, la presència o absència de l'òxid de carboni ens permetrà saber si davant d'un canvi de condicions ambientals podem deduir que la vida és possible. En tots els casos del nostre experiment vam partir d'un cultiu en el qual l'aigua és present. Per disposar de prou temps per observar l'evolució de l'experiment, es prepara a el principi de el taller i es pot observar la situació dels 7 procediments diferents després d'una hora.

Per a això farem servir 1 cullerada de llevat (utilitzar llevat per fabricar pa que es pot adquirir en un supermercat), és un microorganisme viu fàcil d'aconseguir, 1 got d'aigua tèbia (una mica més de mig got entre 22° i 27°C), 1 cullerada de sucre que puguin consumir els microorganismes considerats.

Farem servir el mateix procedint en l'experiment de control i els altres experiments desenvolupats en condicions extremes.

Procediment en un experiment de control

En un got de vidre es dissol el sucre en l'aigua calenta. Després es col·loca el llevat i es dissol bé, amb ajuda d'una cullera. De seguida es col·loca la barreja obtinguda en una bossa plàstica i es col·loca dins d'una bossa hermètica de les que s'utilitzen en els supermercats extraient tot l'aire de l'interior abans (estenant-la sobre la taula i pressionat amb les mans esteses) de tancar-la. És important tenir cura de no deixar res d'aire dins de la bossa. Als 5 minuts hem d'observar com comença a acumular-se en la borsa el diòxid de carboni. Als 20 minuts han d'aparèixer bombolles a l'interior de la bossa pel despreniment d'aquest gas, un dels productes finals de la fermentació que es produeix a l'interior de la bossa. La presència d'aquest gas demostra que els microorganismes estan vius.



Fig. 20: L'experiment de control amb les bombolles de diòxid de carboni que mostren l'existència de vida

Procediment en un "planeta alcalí" (p.ex. NEPTUNO o Tità tots dos tenen presència d'amoniac): Repetir l'experiència utilitzant una base de la qual es disposi (bicarbonat sòdic, amoníac ...) en l'aigua de cultiu i esperar per veure si apareixen bombolles, és a dir si els microorganismes poden viure o no. Escales de Ph **ALCALÍ**: Bicarbonat sòdic: Ph 8,4 i Amoníac casolà: Ph 11

Procediment en un "planeta salí" (p.ex. MART o Ganimedes es creu que té aigua amb concentració de sal) .Repetir l'experiència dissolent diferents quantitats de clorur sòdic a l'aigua de l'cultiu (sal comuna).



Fig. 21 y 22: La solució alcalina i la solució salina totes dues amb bombolles

Procediment en un "planeta àcid" (p.ex. VENUS que té pluges d'àcid sulfúric): Repetir l'experiència dissolent vinagre, llimona ... o qualsevol altre àcid de què es disposi en l'aigua de cultiu. Escales de Ph **ÀCID**: Vinagre: Ph 2,9 i Llimona: Ph 2,3

Procediment en un "planeta gelat" (p.ex. Europa o Trapist-1 h): Col · locar la borsa en un recipient ple de gel i observar si hi ha activitat, és a dir si apareixen bombolles de CO₂. També utilitzar-se un congelador. Si no apareixen bombolles no hi ha vida



Fig. 23: La solució gelada sense bombolles

Procediment en un "planeta amb UV" (p.ex. MART): Realitzar el mateix experiment però mantenint la bossa hermètica amb el llevat i sucre sota l'acció de la llum UV produïda per un llum especial per a això. Si el llum d'UV utilitzada és d'alta energia (UV-C) o (UV-B) no apareixeran bombolles la qual cosa vol dir que no hi ha vida possible. Però les llums comercialitzades, anomenades de "llum negra", són de baixa energia ultra violeta (UV-A), és a dir que no són perilloses per a la vida i solen ser usades en jardineria pels bons resultats que donen a facilitar el creixement de les plantes. Usant aquest tipus de làmpades s'observa que es forma major nombre de bombolles. Si apareixen bombolles hi ha vida.

Procediment en un "planeta càlid" (p.ex. VENUS causa de l'efecte hivernacle): Realitzar el mateix experiment amb l'aigua molt calenta. Per al cas de Venus hem de fer servir aigua bullint. (Si es disposa de termòmetre es pot repetir a diferents temperatures i treure una taula d'activitat a aquestes temperatures). Si apareixen bombolles hi ha vida.

Planetes i exoplanetes amb condicions extremes i semblants a les exposades en aquesta activitat

VENUS. Té una densa atmosfera, composta en la seva major part per diòxid de carboni i una petita quantitat de nitrogen. La pressió a el nivell de la superfície és 90 vegades superior a la pressió atmosfèrica a la superfície terrestre. L'enorme quantitat de diòxid de carboni de l'atmosfera provoca un fort efecte hivernacle que **eleva la temperatura de la superfície de la planeta fins a prop de 464°C en les regions menys elevades prop de l'equador**. Això fa que Venus sigui més calent que Mercuri, tot i trobar-se a més del doble de la distància de Sol que aquest i de rebre només el 25% de la seva radiació solar. Els núvols estan compostes principalment per gotes de diòxid de sofre i **àcid sulfúric**, i cobreixen el planeta completament, ocultant la major part dels detalls de la superfície a l'observació externa.

MART. Sota la superfície gelada d'aquest món desèrtic **podria haver-hi aigua salada. Aquesta aigua podria ser la llar de formes de vida capaces de tolerar aquestes condicions tan extremes**. En el passat va ser un lloc molt diferent. Sabem que va poder semblar-se molt a la Terra. Va tenir oceans, volcans i una atmosfera tan densa com la nostra, rica en diòxid de carboni, però això no hauria estat un impediment per a la vida microbiana. **L'única cosa que li faltava a l'planeta vermell, i va provocar que acabés d'una manera tan diferent al nostre planeta, va ser un camp magnètic** que pogués retenir la seva atmosfera. A més, Mart és un planeta que rep en la seva superfície radiació ultraviolada (UV) solar amb una forta component biològicament molt perjudicial (UV-C i UV-B), el que influeix notòriament en el deteriorament de la superfície en vistes de poder trobar algun signe de vida.

NEPTUNO. L'estructura interna de Neptú s'assembla a la d'Urà: un nucli rocós cobert per una crosta gelada, ocult sota una atmosfera gruixuda i espessa. Els dos terços interiors de Neptú es componen d'una barreja de roca fosa, aigua, amoníac líquid i metà. El terç exterior és una barreja de gas calent compost d'hidrogen, heli, aigua i metà. La seva atmosfera comprèn aproximadament el 7% de la seva massa. A grans profunditats, l'atmosfera arriba pressions d'aproximadament 100 000 vegades més gran que la de l'atmosfera de la Terra. **Les concentracions de metà, amoníac i aigua són creixents des de les regions exteriors cap a les regions inferiors de l'atmosfera.**

Ganimedes satèl·lit de Júpiter, està compost de silicats i gel, amb una escorça de gel que sura damunt d'un fangós mantell que pot contenir **una capa d'aigua líquida amb una alta concentració de sal**. Els primers sobrevols de Ganimedes de la nau Galileu van descobrir que el satèl·lit té la seva pròpia magnetosfera. Probablement es genera d'una manera similar a la magnetosfera de la Terra: és a dir, resulta d'el moviment de material conductiu al seu interior.

Titan satèl·lit de Saturn. **Es creu que hi ha també un oceà subterrani d'aigua i amoníac dissolt** en ell a una profunditat de 100 quilòmetres sota la superfície, i potser un altre d'hidrocarburs. L'atmosfera està composta en un 94% de nitrogen i és l'única atmosfera rica en nitrogen en el Sistema Solar a part del nostre propi planeta, amb rastres significatius de diversos hidrocarburs que constitueixen la resta.

Europa satèl·lit de Júpiter té una **superfície gelada un oceà subsuperficial d'aigua líquida**. L'atmosfera que té és molt lleugera i composta d'oxigen. El gel s'assembla molt a què existeix en els pols de la Terra, gel a la deriva. Europa té un nucli de metall i pedra envoltat d'un mantell rocós calent, sobre aquest un oceà profund d'aigua líquida amb una profunditat en discussió per als geòlegs d'entorn de 100 km i amb una superfície gelada de 10 km.

Activitat 6: Buscant una segona Terra

La Terra és l'únic planeta conegut que conté vida. Llavors, si estem buscant un planeta amb vida extraterrestre, és una bona opció buscar planetes que ofereixin condicions similars. Però què paràmetres són importants?

La següent taula enumera alguns exoplanetes amb propietats. Descarteu els exoplanetes que no són adequats per a la vida i potser encunteis una segona terra. Hi ha alguns criteris a considerar després de la taula.

Nom de l'exoplaneta	Massa de l'exoplaneta en masses terrestres	Radi de l'exoplaneta en radis terrestres	Distància a l'estrella UA	Masa de l'estrella en masses solars	Tipus espectral de les estrelles / temp superficial
Beta Pic b	4100	18,5	11,8	1,73	A6V
HD 209458 b	219,00	15,10	0,05	1,10	G0V
HR8799 b	2226	14,20	68,0	1,56	A5V
Kepler-452 b	desconegut	1,59	1,05	1,04	G2V
Kepler-78 b	1,69	1,20	0,01	0,81	G
Luyten b	2,19	desconegut	0,09	0,29	M3.5V
Tau Cet c	3,11	desconegut	0,20	0,78	G8.5V
TOI 163 b	387	16,34	0,06	1,43	F
Trappist-1 b	0,86	1,09	0,01	0,08	M8
TW Hya d (yet unconfirmed)	4	desconegut	24	0,7	K8V
HD 10613 b	12,60	2,39	0,09	1,07	F5V
Kepler-138c	1,97	1,20	0,09	0,57	M1V
Kepler-62f	2,80	1,41	0,72	0,69	K2V
Proxima Centauri b	1,30	1,10	0,05	0,12	M5V
HD 10613 b	12,60	2,39	0,09	1,07	F5V

Taula 4: Candidates a segona Terra

Ràdio i massa

En el nostre Sistema Solar hi ha planetes terrestres (Mercuri, Venus, Terra, Mart) i planetes gegants (Júpiter, Saturn, Urà, Neptú). Els planetes terrestres similars a la Terra estan

compostos de roques de silicat i metalls i tenen una densitat més alta que els planetes gegants. Els bons indicadors per a una densitat adequada són el radi i la massa de la planeta.

Utilitzant la definició de l'equip de la Missió Kepler: els planetes de la mida de la Terra i de la mida de la Terra tenen un radi inferior a 2 radis terrestres i 10 masses de Terra es consideren un límit superior per planetes de mida súper terrestre.

Zona de Habitabilidad

La zona habitable és el rang d'òrbites al voltant d'una estrella dins de la qual una superfície planetària pot suportar aigua líquida.

Les estrelles de seqüència principal en què ens estem centrant tenen una correlació directa entre la brillantor i la temperatura de la superfície de l'estrella. Com més calent és la temperatura de la superfície, més brillant és l'estrella i més lluny hi ha la zona habitable. Els tipus espectrals indiquen la temperatura de la superfície (veure taula a continuació).

Tipus espectral	Temperatura K	Zona Habitable AU
O6V	41 000	450-900
B5V	15 400	20-40
A5V	8 200	2,6-5,2
F5V	6 400	1,3-2,5
G5V	5 800	0,7-1,4
K5V	4 400	0,3-0,5
M5V	3 200	0,07-0,15

Taula 5: Zona habitable depenent de el tipus espectral

Els tipus espectrals es classifiquen amb una lletra (O, B, A, F, G, K, M) i es subdivideixen en un nombre de el 0 a el 9 (0 és el més calent a un tipus espectral donat). La V indica una seqüència principal estrella.

Consell: feu servir els valors donats per a la zona habitable com a aproximació, si el tipus espectral d'una estrella és lleugerament diferent o es desconeix el subtipus.

Massa de l'Estrella amfitriona

Per estudiar l'habitabilitat en un sistema planetari al voltant d'estrelles de seqüència principal, hem de tenir en compte l'evolució de l'estrella amfitriona.

Aproximadament mil milions d'ans després de la formació de la Terra, van ocórrer les primeres formes de vida. Potser hi va haver vida fins i tot abans, però això és incert. Per tant, l'estrella amfitriona ha de ser estable durant al menys més de 109 anys perquè la vida evolucioni.

L'evolució i vida útil d'una estrella depèn principalment de la seva massa. L'energia que un estel pot obtenir de la fusió d'hidrogen és proporcional a la seva massa. I s'obté el temps de seqüència principal dividint aquesta energia per la lluminositat de l'estrella. Usant aquestes

proporcionalitats i usant el sol com a referència, a partir d'aquestes consideracions s'estima la vida d'una estrella en la seqüència principal com

$$t^*/t_s = (M^*/M_s)/(L^*/L_s)$$

Per estrelles normals nanes o de la seqüència principal de l'ograma H-R, la lluminositat és proporcional a la massa elevada a la potència d'aproximadament 3.5.

$$t^*/t_s = (M^*/M_s)/(M^{3.5}/M_s^{3.5}) = (M^*/M_s)^{-2.5}$$

$$t^*/t_s = (M_s/M^*)^{2.5}$$

el que dona la vida útil d'una estrella com una fracció de la vida útil esperada de el Sol (10^{10} anys). Una versió simplificada d'aquesta fórmula és:

$$t^* \sim 10^{10} \cdot (M_s/M^*)^{2.5} \quad \text{anys}$$

Calculem un límit superior per a la massa de l'estrella si l'interval de temps de la seqüència principal ha de ser de a l'almenys 3 mil milions d'anys.

$$M^* = (10^{-10} t)^{-0.4} M_s$$

$$M^* = (10^{-10} \cdot 3\,000\,000\,000)^{-0.4} M_s$$

$$M^* = 1,6 M_s$$

Per estrelles amb masses $> 2M$ la vida útil de la seqüència principal cau per sota d'1 any galàctic (temps a fer una volta a centre galàctic 250 milions d'anys) per tant, fins i tot si hi ha planetes habitables al seu voltant, la vida probablement no tindria temps suficient per evolucionar.

Bibliografía

- Anderson, M. (2018) *Habitable Exoplanets: Red Dwarf Systems Like TRAPPIST-1*, ISBN 1980845026
- Goldsmith, D. (2018) *Exoplanets: Hidden Worlds and the Quest for Extraterrestrial Life*, Harvard University Press, ISBN 0674976908
- Haswell, C.A. (2010). *Transiting Exoplanets*. Cambridge Univ. Press. ISBN: 9780521139380.
- Prieto, J., Orozco, P., *Estudios de Astrobiología*, Actas Ciencia en Acción , Viladecans, 2018
- Perryman, M., (2018) *The Exoplanet Handbook*, 2nd edition, Cambridge Univ. Press. ISBN: 9781108419772
- Seager, S. (2011) *Exoplanets*, University of Arizona Press; ISBN 9780816529452

- Summers M, Trefil, J. (2018) *Exoplanets: Diamond Worlds, Super Earths, Pulsar Planets, and the New Search for Life beyond Our Solar System* , Smithsonian Books; ISBN 1588346250
- Tasker, E. (2017) *The Planet Factory: Exoplanets and the Search for a Second Earth*, Bloomsbury Sigma, ISBN: 1472917723