



HEMISFÈRIC

CIUTAT DE LES ARTS I LES CIÈNCIES  
VALÈNCIA

# La nostra llar en el **Cosmos**

GUIA DEL  
PROFESSORAT

.....Vosté es troba ací



**Materials Didàctics**



GENERALITAT  
VALENCIANA



CIUTAT DE LES ARTS I LES CIÈNCIES

[www.cac.es/educacio](http://www.cac.es/educacio)

© d'aquesta edició

Ciutat de les Arts i les Ciències, SA  
Av. del Professor López Piñero (historiador de la Medicina), núm. 7 - 46013, València  
46023 - València (Espanya)

I.<sup>a</sup> edició: febrer 2013

**COORDINACIÓ DE CONTINGUTS**

Departament de Divulgació CAC, S.A.

**DISSENY PORTADA**

Departament de Producció i Disseny CAC, S.A.

Imatge de portada: Via Làctia.

**DISSENY GRÀFIC I MAQUETACIÓ**

Departament de Producció i Disseny CAC, S.A.

**EDICIÓ**

Departament de Publicitat i Xarxes Socials CAC, S.A.

Queda rigorosament prohibida, sense l'autorització escrita dels titulars del copyright, sota les sancions que estableixen les lleis, la reproducció total o parcial d'aquesta obra per qualsevol mitjà o procediment, compresos la reprografia i el tractament informàtic.

**[www.cac.es](http://www.cac.es) · (+34) 902 100 031**

***"Admovere oculis distantia sidera nostris"***  
**("Ens van acostar les llunyanes estrelles als nostres ulls.")**

Vers d'Ovidi inscrit en la vora de la lent de 57 mil·límetres de diàmetre emprada en el telescopi de Christiaan Huygens, amb el qual va descobrir, entre altres coses la naturalesa dels anells de Saturn i la seua lluna major, Tità.

# Índex

Com utilitzar aquesta guia	5
Abans de la sessió	6
Durant la sessió	23
Després de la sessió	28

# Com utilitzar aquesta guia

Aquesta guia didàctica s'ha concebut com un recurs educatiu que introdueix, aprofita al màxim i amplia la sessió de planetari en directe "La nostra llar en el cosmos" que s'ofereix a l'Hemisfèric, dins del programa educatiu "L'univers a la teua aula". Aquest programa pretén ser una extensió de la classe amb l'objectiu principal d'apassionar els alumnes amb temes astronòmics de màxima actualitat. Perquè, existeix alguna cosa de més actualitat –i més apassionant– que la cerca de vida en el cosmos?

La guia pot emprar-se de diferents maneres, totes aquestes igualment vàlides segons els interessos de qui la consulte:

- A manera d'introducció general en el tema de l'astrobiologia o exobiologia.
- Com a complement de la pròpia sessió del planetari que es fa a l'Hemisfèric. Si l'uses en aquest sentit –abans, durant i després d'assistir a aquesta– els teus alumnes aprendran d'una manera molt eficaç.
- Com a eina que permeta als teus alumnes aprofundir sobre el tema de la cerca de la vida en l'espai, després d'haver participat en la sessió, i aplicar-la i relacionar-la amb altres continguts del currículum que imparteixes.
- Per a tot allò que vulgues utilitzar-la, els usos de la qual no s'indiquen en els epígrafs anteriors.

Al llarg de la guia ens dirigim de manera indistinta tant al professor com a l'alumne, atés que els dos són els principals destinataris d'aquesta. A més, la guia està esguitada de curiositats que s'entenen com a vertaderes "portes d'entrada" perquè l'alumne continue indagant sobre aquestes pel seu compte.

Qualsevol dubte, recomanació, aclariment o valoració que desitgeu fer-nos, podeu enviar-nos-el a l'adreça de correu electrònic següent: **[divulgacion@cac.es](mailto:divulgacion@cac.es)**



**Abans de la sessió**

## HI HA ALGÚ ACÍ FORA?

La cerca de vida en l'espai és una de les aventures més fascinadores que du a terme l'ésser humà... i també de les més antigues. Fa més de quatre-cents anys, Galileu Galilei intentava respondre's la pregunta de si hi havia vida en altres llocs del cosmos diferents de la Terra, i va fer la reflexió següent:

*“És possible creure en la probabilitat que hi haja éssers vius a la Lluna i als planetes, les característiques dels quals no només els fan diferents dels terrestres, sinó summament diferents d'aquells que pot imaginar la nostra imaginació. Per part meua, no puc afirmar o negar aquesta possibilitat. Deixe aquesta decisió a homes més erudits que jo.”*

Un altre gran científic i divulgador, més pròxim a nosaltres en el temps, Carl Sagan, va anar una mica més lluny fent un exercici d'imaginació, amb base científica, representant gràficament l'aspecte d'aquests hipotètics éssers que –segons ell– tindrien unes curioses formes de globus i estarien plens d'un gas més lleuger que l'aire. Éssers amb un metabolisme basat en l'amoníac, no en l'aigua.

Imaginació a part, el que és un fet és que cada vegada disposem d'una tecnologia més potent per a aproximar-nos a mons increïblement allunyats del nostre, mons que comencem a veure com a seriosos “candidats” a albergar vida. El telescopi espacial Kepler, per exemple, ens permet descobrir exoplanetes molt semblants a la Terra.<sup>1</sup>

## PER COMENÇAR... ALGUNS CONCEPTES BÀSICS

***La primera cosa necessària a l'hora d'aproximar-se a la cerca de vida en el cosmos és que la classe es familiaritze amb una sèrie de conceptes bàsics astronòmics útils a l'hora d'entendre moltes de les coses que s'expliquen, tant en aquesta guia com en la sessió de planetari.***

***Presentarem alguns d'aquests conceptes de manera progressiva i interrelacionada. Hi intercalarem algunes curiositats i experiències pràctiques per a facilitar aquesta primera presa de contacte.***

## 1995, l'any en què va començar tot

1995 va ser un any molt especial per a l'astrobiologia –la disciplina científica l'objecte d'estudi de la qual és l'estudi de l'origen, l'evolució i la distribució de la vida en l'univers–. Els equips de Nakajima i Rebolo, un dels més destacats astrofísics espanyols, van descobrir simultàniament la primera nana marró, un “intent fallit” d'estrela vint vegades més massiva que Júpiter. Però també aquest mateix any, i des de l'Observatori de Ginebra, Michel Mayor i Didier Queloz van anunciar al món el descobriment del primer planeta fora del nostre sistema solar (Premi Nobel de física 2019). Es tractava d'un objecte que orbitava al voltant d'una estrela de la constel·lació de Pegàs; 51 Peg, a aproximadament 48 anys llum de nosaltres.

<sup>1</sup> Es pot trobar informació més detallada sobre aquesta missió en el seu web oficial <http://kepler.nasa.gov/>

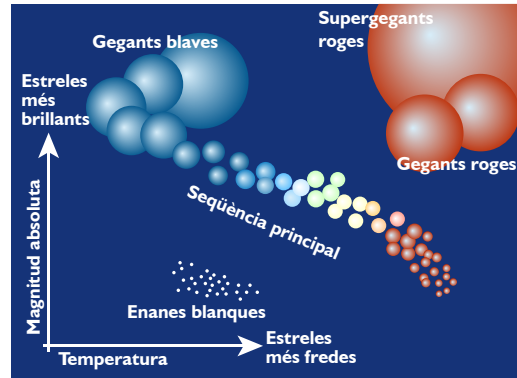


Diagrama Hertzprung-Russell

La “proesa” científica que van aconseguir Mayor i Queloz evidenciava ni més ni menys que l’existència d’altres planetes diferents dels que formen el nostre sistema solar. Des d’aquesta data clau els nostres telescopis han detectat ja la presència de milers d’exoplanetes... i l’aventura no ha fet més que començar.

### A) Biografia d’una estrella

Perquè pugui sorgir la vida en un planeta, aquest necessita disposar d’una font d’energia. En el cas de la Terra, aquesta aportació prové de la nostra estrella, el Sol. Però, què és exactament una estrella?

- Una estrella és una esfera de gas en un estat d’equilibri entre la gravetat, que tendeix a comprimir-la, i altres forces que s’alliberen en l’interior d’aquesta a partir de les reaccions de fusió nuclear, que “tiren” d’aquesta cap a fora.
- Les estrelles generen energia en l’interior mitjançant reaccions termonuclears. Aquesta energia s’emet a l’espai fonamentalment en forma de radiació i de gas.
- Els nuclis atòmics de tots els elements químics que coneixem s’han creat a l’interior de les estrelles a partir de la “fusió” de nuclis més simples, començant amb els de l’hidrogen que es transformen en heli.

### Sabies que...

la cèlebre fórmula que va idear Albert Einstein per a definir la relació entre energia i massa  $E=mc^2$  descriu amb precisió què és allò que ocorre en el “cor” d’una estrella? El nucli d’una estrella és un forn nuclear que transforma, a través de reaccions de fusió, l’hidrogen en heli. La massa de l’heli produït és menor que la massa dels nuclis d’hidrogen fusionats. Aquesta diferència entre les dues masses, seguint la famosa fórmula d’Einstein  $E=mc^2$ , és la causant que s’emeten quantitats d’energia ingents. A mesura que l’estrella esgota l’hidrogen, la temperatura del nucli augmenta i afavoreix les reaccions de fusió que donaran origen als elements més pesats: liti, beril·li, bor, carboni, i així fins al ferro. A partir d’ací, les reaccions de fusió ja no alliberen energia, sinó que l’absorbeixen i precipiten el final de l’estrella.

# Abans de la sessió



**M45, el clúster de les Plèiades.**

Credit and Copyright: Robert Gendler

## *A tot gas: com es forma una estrella*

El “bressol” de les estrelles són les nebuloses. Una nebulosa és una formació de pols i gas (fonamentalment hidrogen i heli) de la qual naixen estrelles per col·lapse gravitacional, quan s’aconsegueix en aquestes una temperatura llindar de tres milions de graus centígrads.

Les nebuloses poden ser d’emissió, de reflexió o nebuloses fosques. Les nebuloses d’emissió poden associar-se a estrelles moribundes o a estrelles en formació. En els dos casos, brillen per la radiació de les estrelles properes que les exciten. Un exemple típic de nebulosa d’emissió és la coneguda nebulosa d’Orió. Les nebuloses de reflexió, com el nom indica, reflecteixen la llum d’estrelles pròximes a aquestes; és el cas de la nebulosa que envolta les Plèiades. Les nebuloses fosques no emeten ni reflecteixen llum, fet, s’observen com una gran taca negra davant d’un fons brillant estrelat o nebular.

# Abans de la sessió



**Nebulosa d'Orió (M42)**  
**Exemple de nebulosa d'emissió**  
 Credit: NASA, C.R. O'Dell and S.K. Wong  
 (Rice University)



**Nebulosa Cap de bruixa (IC 2118)**  
**Exemple de nebulosa de reflexió**  
 Image Credit: NASA/STScI Digitized Sky  
 Survey/Noel Carboni



**Nebulosa Cap de cavall**  
**Exemple de nebulosa fosca**  
 NASA, ESA & Hubble Heritage Team (AURA/STScI)

Abans de la invenció del telescopi es deia nebulosa a tot objecte d'aparença difusa, per això també es deia "nebulosa" a algunes galàxies. El 28 d'agost de 1758, Charles Messier, buscant el cometa Halley, es va topar amb una nebulosa que es faria famosa: la nebulosa del Cranc o M1, anomenada així precisament per ser el primer objecte del seu cèlebre "catàleg" del cel.

## Sabies que...

l'estrela més gran que es coneix és VY Canis Majoris? Es tracta d'una hipergegant roja de la constel·lació del Canis Major. Es troba a aproximadament 5.000 anys llum de nosaltres i és possible que siga 2.100 vegades més gran que el nostre Sol! Si el Sol tinguera aquesta grandària, s'estendria ni més ni menys més enllà de l'òrbita de Saturn.



**VY Canis Majoris**

Credit and Copyright: NASA, ESA, and R. Humphreys (University of Minnesota)

**Si vols veure algunes imatges de nebuloses espectaculars, et recomanem visitar l'exposició del museu "Gravetat zero", especialment un cub multimèdia on es reproduïx a través d'un sistema d'espills la sensació de trobar-se en l'espai.**

### *Qüestió de massa: com mor una estrela*

El final de les estrelles amb menys de 8 o 9 masses solars es denomina "nebulosa planetària" que, per cert, no té res a veure amb el tipus de nebuloses que hem vist en l'apartat anterior. Quan una estrela d'aquestes característiques arriba a la fi, primer es dilata i es converteix en una "gegant roja" per a després col·lapsar violentament, i deixa un residu que, amb el temps, es convertirà en una "nana blanca".

Si, per contra, parlem d'una estrela amb una massa entre 8 i 9 vegades més elevada que la del Sol, aquesta acabarà amb una gegantesca explosió denominada "supernova" que farà que l'estrela siga més brillant, fins i tot, que tota la galàxia que l'alberga.

# Abans de la sessió

## Sabies que...

les supernoves estan molt relacionades amb autèntiques revolucions en la nostra concepció del cosmos? És el cas de l'anomenada supernova Tycho Brahe que va observar el cèlebre científic una nit del començament de novembre de 1572, en la constel·lació de Cassiopea. De sobte havia aparegut una nova estrella que, fins i tot, era visible a plena llum del dia. Però si, com sostenia la visió aristotèlica del cosmos, el cel era un mitjà perfecte i immutable, com era possible que de sobte canviara apareixent, ni més ni menys, una nova estrella? Allò no quadrava.



**Imatge amb gravat de Tycho Brahe  
que observa el firmament**

## FABRICA LA TEUA SUPERNOVA

Reprodueix l'efecte de rebot que es produeix en una supernova.

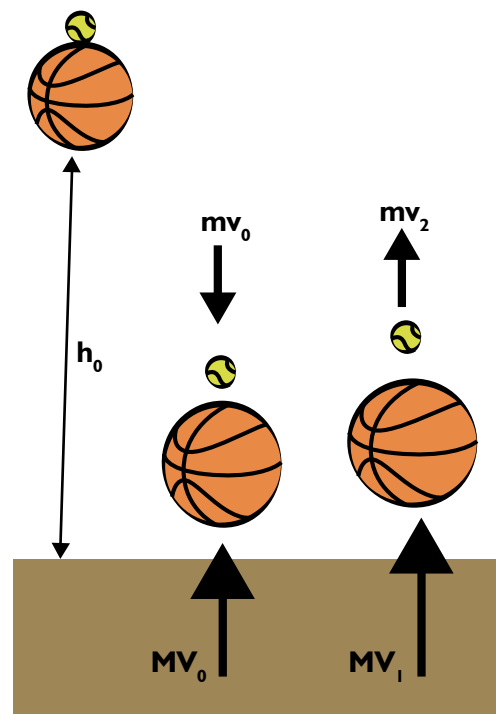
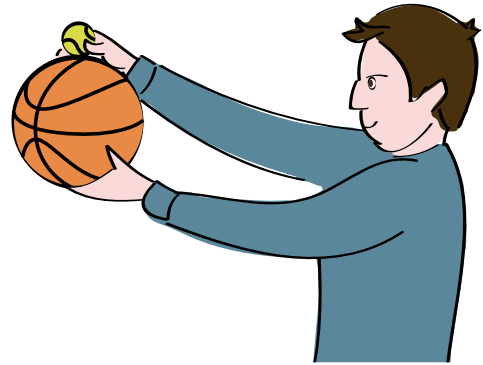
Materials: Pilota de bàsquet i pilota de tennis.

Situa amb una mà al més verticalment possible la pilota de bàsquet a l'altura dels teus ulls, i sobre aquesta i amb l'altra mà, la pilota de tennis. Deixa-les caure alhora.

### Què ocorre?

Quan les soltes, les dues pilotes arriben quasi al mateix temps al sòl. La pilota gran rebota elàsticament i retrocedeix pràcticament amb la mateixa velocitat a la qual havia arribat. En aquest precís moment xoca amb la pilota de tennis que encara està caient. La pilota de tennis ix llançada a gran velocitat cap amunt molt més alt del que en principi esperaríem.

Aquest senzill experiment reproduïx allò que ocorre quan mor una estrella massiva. Quan l'estrella ha esgotat quasi tot el combustible que té, la força de la gravetat "agafa les regnes"; el nucli, abans en equilibri gràcies a l'enorme temperatura generada en les reaccions nuclears de fusió, es veu incapaç de resistir la immensa força gravitatòria. Les capes interiors de l'estrella es desplomen, la pressió augmenta i augmenta comprimint més i més els àtoms. Les capes exteriors de l'estrella es precipiten literalment per a omplir el buit que ha deixat el nucli. En uns instants, tota l'estrella "cau" literalment. De manera que quan les primeres capes impacten contra el duríssim nucli es produeix una ona de xoc –el rebot de la pilota de bàsquet contra el sòl– que es propagarà a través de les capes exteriors –la pilota de tennis–, que eixiran disparades a velocitats elevades.



## B) Mesurant l'univers

Mesurar l'univers representa un desafiament davant del qual l'ésser humà s'ha vist obligat a desenvolupar unitats especials.

Quan parlem de distàncies tan grans com a la que es troben les galàxies, o de masses tan enormes com les que trobem en algunes estrelles, necessitem unitats de mesura diferents de les que fem habitualment, com per exemple el metre o el quilogram.

Per a mesurar distàncies incommensurablement llargues hem hagut de recórrer a allò que va més ràpid de la naturalesa –a quasi 300.000 km/s–, la llum, i emprar-la a manera de “metre”, encara que, això sí, primer vam haver d'esbrinar la velocitat d'aquesta, cosa gens senzilla, per cert.<sup>3</sup>

Aquestes són algunes d'aquestes unitats de mesura especials que usem per a mesurar distàncies en l'univers junt amb els símbols i les descripcions corresponents.<sup>4</sup>

NOM DE LA UNITAT	SÍMBOL	OBSERVACIONS
Any llum	a-l	Distància que recorre la llum durant un any a la velocitat de 299.792 km/s
Parsec <sup>4</sup>	pc	1 pc = 3,26 a-l
Unitat astronòmica	UA	Distància mitjana de la Terra al Sol. Equival a 149.597.870 km

<sup>3</sup> Per a tot aquell a qui li interesse aquest tema, recomanem el llibre de Tomás Hormigo *Las medidas del universo*, València, Ciutat de les Arts i les Ciències, 2007.

<sup>4</sup> D'on ix aquesta equivalència? El parsec és el paral·laxi d'un segon d'arc, o siga la distància a la que es veu la distància de la Terra al Sol (la UA) amb un angle d'un segon d'arc (60 segons d'arc = 1 minut d'arc; 60 minuts d'arc = 1 grau) Per exemple, una estrella distaria un parsec de nosaltres si la seua paral·laxi fora igual a 1 segon d'arc. Per això la unitat astronòmica i el seu valor el donem en anys llum.

### C) Retrat solar... amb la Terra al fons

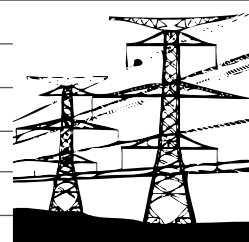
L'aparença del Sol –a més del fet que hi haja un observador hipotètic que la realitze– depén del lloc en què ens situem per a observar-lo. Des de la Terra el veiem com un potent disc lluminós que apareix i desapareix sobre l'horitzó cada dia, malgrat que es troba a cent cinquanta milions de quilòmetres de nosaltres.

Però si ens desplaçem molt més lluny, als confins del nostre sistema solar, concretament a un planetoide anomenat Sedna que el van descobrir el 2003 tres científics estatunidencs, la imatge d'una alba o un capvespre és molt menys espectacular que la que estem habituats a contemplar des del nostre planeta. En Sedna el nostre poderós Sol apareix com una estrella més de les centenars de milers que ocupen el firmament.

El Sol, com altres estrelles, és una massa gasosa en el nucli de la qual l'hidrogen es fusiona per a formar heli. Aquesta fusió allibera quantitats d'energia enormes, que transcorregut el temps arriba fins a la superfície, per a viatjar per l'espai en forma de radiació i de vent solar. Aquest vent no és una altra cosa que un gran raig de partícules –fonamentalment electrons i protons– que arribarà fins als confins del sistema solar a una velocitat de 400 i 800 km/h. A la Terra tenim un camp magnètic anomenat “magnetosfera” gràcies al qual podem protegir-nos dels seus efectes més nocius –per exemple, sobrecàrregues en les xarxes elèctriques–.

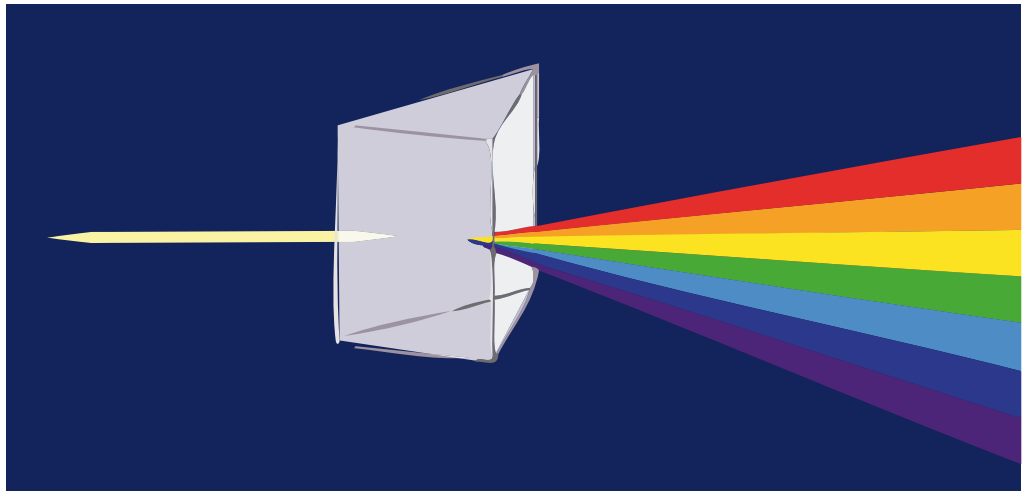
#### Sabies que...

el Sol “consumeix” matèria a una velocitat equivalent a un milió d'elefants per segon? O que una erupció solar gran conté suficient energia per a assegurar el subministrament elèctric de tot Europa durant 100.000 anys?



## ATRAPA UN RAIG DE SOL

Per a aconseguir-ho no necessites més que un prisma triangular transparent de vidre o de plàstic. Si l'orientes cap a la llum del Sol podràs descompondre-la en una enorme quantitat de fotons rojos, verds i blaus.



### Sabies que...

les nostres plantes són autèntiques “atrapa” fotons? El procés de fotosíntesi consisteix justament en això. Dins de cada fulla hi ha mil milions d'òrgans anomenats cloroplasts que s'encarreguen de capturar fotons. Els cloroplasts absorbeixen diòxid de carboni i aigua, i amb l'energia que obté dels fotons que emet el Sol, els converteixen en oxigen i sucres complexos, base de tots els aliments que mengem els humans.

La quantitat d'energia que obtenen totes les plantes a través de la fotosíntesi és immensa, entorn dels 100 terawatts/any o, el que és el mateix, tota l'energia que ha consumit l'ésser humà des que va aparèixer sobre la Terra multiplicada per sis!

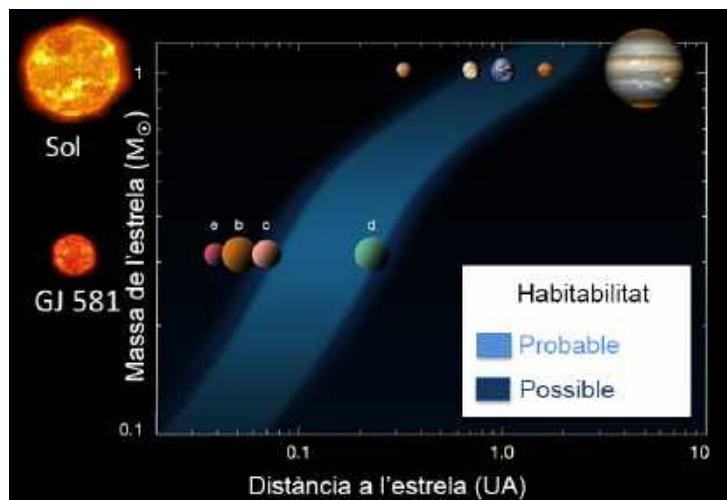


## D) Què necessita la vida per a... desenvolupar-se?

Tal com la coneixem fins ara, la vida requereix almenys cinc grans condicions per a sorgir en un lloc de l'espai determinat:

- L'existència d'una estrella que “encenga” amb la seua energia tots els processos bàsics bioquímics necessaris per a la vida.
- La presència d'un suport físic –un planeta– que està situat a una distància precisa respecte de la seua estrella per a poder albergar-hi aigua en estat líquid. A més, aquest planeta ha de tindre unes dimensions determinades: no ha de ser ni massa gran (ens trobaríem segurament en aquest cas davant d'un planeta gasós), ni massa xicotet per a no poder retindre una atmosfera.
- Un satèl·lit que estabilitze el moviment de rotació del planeta conferint-li regularitat en la successió de cicles importants per a la vida com per exemple les estacions.
- Una magnetosfera que actue com a “escut” protector enfront del vent solar.
- Una tectònica de plaques que permeta renovar elements químics fonamentals per a la vida com és, en el nostre cas, el carboni.

La franja d'un sistema planetari determinat en la qual es poden donar aquestes condicions es denomina zona d'habitabilitat.



# Abans de la sessió

Dit això, hem d'afegir-hi que aquestes condicions poden aplicar-se basant-nos en la vida, tal com la coneixem. No obstant això, pot haver-hi vida en llocs en què no es donen aquestes condicions? Al nostre planetari et mostrarem algun d'aquests llocs, descoberts gràcies a les diferents missions espacials enviades a explorar el nostre sistema solar, des de mitjan segle XX. Per exemple, el cas d'Europa que té un gegantí oceà d'aigua sota la seua coberta de gel.

## Sabies que...

al nostre planeta hi ha organismes capaços de viure en entorns que a nosaltres simplement ens matarien? Per exemple, els bacteris *Geobacter* sp s'alimenten ni més ni menys que d'urani! També resulta molt cridaner el cas de *Deinococcus radiodurans*, que pot arribar a resistir radiacions 2.000 vegades superiors que la dosi que resultaria letal per a un ésser humà. O el de *Pyrolobus fumarii*, que viu en fonts hidrotermals que es troben a una temperatura de 90 i 113 °C.



## POSANT-SE EN SITUACIÓ

Ja coneixes alguns dels conceptes astronòmics bàsics que es manejaran durant la sessió de planetari. A continuació, i perquè et crees la teua idea, et presentem una sèrie de testimoniatges corresponents a científics que en defensen postures a favor, en contra i neutrals, respecte de la possible existència de vida –tal qual l’entendem– en el cosmos.

### A favor

*“Els avanços en l’estudi dels exoplanetes ens acosten cada dia més al descobriment d’aquest planeta bessó i, si trobem mons en què es donen les condicions similars a les del nostre, es pot esperar que algun d’aquests pugui albergar vida. És més, estudiant l’atmosfera que tenen, s’hi podran identificar trets específics per a verificar-ho”.*

Álvaro Giménez. Director de Ciència i Exploració Robòtica de l’Agència Espacial Europea.

### En contra

*“Molta gent creu que el fet que hi haja altres “sistemes solars” ací fora ha de significar que hi ha altres terres, i que, si hi ha altres terres, sens dubte ha d’haver-hi una altra gent. Aquest argument és fals. En primer lloc, sembla probable que els planetes similars a la Terra siguen un pòc infreqüents. Però, fins i tot si altres terres són una cosa habitual, la meua opinió és que, encara que la vida en si mateixa pugui ser comuna, el tipus de civilització intel·ligent i tecnològica que ha sorgit en la Terra podria ser única, almenys en la nostra Via Làctia”.*

John Gribbin. Astrofísic, divulgador científic anglès.

### Ni a favor, ni en contra

*“A vegades crec que hi ha vida en altres planetes, i a vegades crec que no. En qualsevol dels dos casos, la conclusió és sorprenent.”*

Carl Sagan. Astrònom, astrofísic, cosmòleg, escriptor i un dels grans divulgadors de l’astronomia. Autor de la cèlebre sèrie *Cosmos*.

*“És la Terra l’únic lloc del sistema solar capaç d’albergar vida, o hi ha altres mons que també reuneixen les condicions necessàries per a això? Allò que trobem en aquests mons tal vegada ens ajude a respondre la incògnita de si estem sols en l’univers.”*

Brian Cox. Membre investigador de la Royal Society i professor en la Universitat de Manchester, presentador de diverses sèries científiques de la BBC.

## L'equació de Drake

El famós radioastrònom Frank Drake, president emèrit del popular Institut SETI, va intentar junt amb un grup d'investigadors resoldre el problema de l'existència de civilitzacions extraterrestres aplicant una fórmula matemàtica, la cèlebre "equació de Drake" composta pels paràmetres següents:

$$N = R^* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

On  $N$  representa el nombre de civilitzacions que podrien comunicar-se entre si en la nostra galàxia, la Via Làctia.

Aquest nombre depèn de diversos factors:

- $R^*$  és el ritme anual de formació d'estrelles "adequades" en la galàxia.
- $f_p$  és la fracció d'estrelles que tenen planetes en la seua òrbita.
- $n_e$  és el nombre d'aquests planetes orbitant dins de la zona d'habitabilitat d'aquest sistema solar.
- $f_l$  és la fracció d'aquests planetes dins de la zona d'habitabilitat en els quals la vida s'ha desenvolupat.
- $f_i$  és la fracció d'aquests planetes en els quals la vida intel·ligent s'ha desenvolupat.
- $f_c$  és la fracció d'aquests planetes en què la vida intel·ligent ha desenvolupat una tecnologia i intenta comunicar-se.
- $L$  és el lapse, mesurat en anys, durant el qual una civilització intel·ligent i comunicativa pot existir.

Després d'assignar valors a cada un d'aquests factors, la solució final que donava Drake a la seua equació era la d'un nombre de deu possibles civilitzacions extraterrestres que es podien detectar.

# Abans de la sessió

Com a complement de tot això exposat anteriorment, recomanem algunes obres de referència procedents de la literatura, el cinema, la televisió i el videojoc amb la temàtica comuna de la vida extraterrestre. Els autors han intentat a través d'aquestes respondre a la pregunta de si estem sols en l'univers, encara que això sí, amb molta, molta imaginació.

## LITERATURA

- Herbert George Wells. La guerra dels mons. (1898)
- Arthur Conan Doyle. L'horror de les altures (1913)
- Ray Bradbury. Les cròniques marcianes (1950)
- Robert A. Heinlein. Amos de titelles (1951)
- Arthur C. Clarke. La fi de la infantesa (1953)
- Stanislaw Lem. Solaris (1961)
- Frank Herbert. Duna (1965)
- Larry Niven. Món Anell (1970)
- Isaac Asimov. Els propis déus (1972)
- Arthur C. Clark. Una trobada amb medusa (1972)
- Ursula K. LeGuin. El nom del món és Bosc (1976)
- Orson Scott Card. El joc de l'Ender (1985)



## CINEMA

- 2001. Una odissea de l'espai. Stanley Kubrick (1968)
- Star Wars. George Lucas (1977)
- Alien, el huité passatger. Ridley Scott (1979)
- E.T., l'extraterrestre. Steven Spielberg (1982)
- Mars Attacks!. Tim Burton (1996)
- Avatar. James Cameron (2009)
- Star Trek. J. J. Abrams (2009)
- Prometheus. Ridley Scott (2012)



# Abans de la sessió

## SÈRIES DE TELEVISIÓ

- **Star Trek: la sèrie original.** Gene Roddenberry (1966-1969)
- **Space: 1999.** Gerry Anderson i Sylvia Anderson (1975-1978)
- **V.** Kenneth Johnson (1983-1985)
- **El nan roig.** Rob Grant i Doug Naylor (1988-1999)
- **Babylon 5.** J. Michael Straczynski (1993-1998)
- **3rd Rock from the Sun.** Bonnie Turner i Terry Turner (1996-2001)
- **Taken.** Steven Spielberg i Leslie Bohem (2002)
- **Plutó B.R.B. Nero.** Álex de la Iglesia (2008-2009)
- **The Event.** Nick Wauters (2010-2011)
- **Falling Skies.** Steven Spielberg i Robert Rodat (2011-2015)



## VIDEOJOCOS

- **Area 51**
- **Halo**
- **Mass Effect**
- **StarCraft**
- **Dead Space**
- **Singularity**





**Durant la sessió**

# Durant la sessió

Quan comença la sessió, el planetarista formula una pregunta important al públic. Una pregunta que s'han fet molts homes i dones al llarg de la història: “estem sols en l'univers?”. Aquesta pregunta servirà per a desenvolupar els diferents continguts de la sessió a manera de fil conductor.

A continuació, identificarem una sèrie de moments de la sessió, claus a l'hora de comprendre els continguts que s'hi ofereixen.

## 1r bloc de continguts: nebuloses. Formació i evolució estel·lar.

- A l'inici de la sessió s'explica què és una nebulosa, com es forma, com evoluciona, etc. i com es formen les estrelles dins d'aquesta. La clau d'això últim resideix en el “col·lapse gravitacional”. Obtén més informació sobre aquest procés el final del qual implica l’“encesa” de l'estrela.



**Imatge de la nebulosa Carina**

Image Credit: NASA, ESA, N. Smith (U. California, Berkeley) et al., and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA)

- Alguna cosa que ens pot ajudar a saber si una estrela és jove o no és la llum que aquesta emet. Una de les eines més eficaces per a aquesta finalitat és el diagrama d'Hertzsprung-Russell. Esbrina què és i com s'usa, i descobriràs un dels millors “classificadors” d'estrelles que ha inventat l'ésser humà.
- Una estrela obté combustible a través del procés de fusió nuclear. En la sessió s'explica en què consisteix. Esbrina en què es diferencia del de fissió nuclear.
- La “taula periòdica” de l'univers en els inicis es reduïa fonamentalment a dos elements químics: hidrògen i heli. Gràcies a aquests existeixen les estrelles. Però la gran majoria de la resta d'elements s'han “fabricat” en les entranyes de les estre-

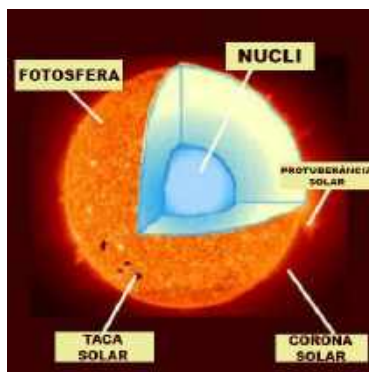
Durant la sessió

les. Recapta informació sobre aquests altres elements –per exemple, el coure o el ferro–.

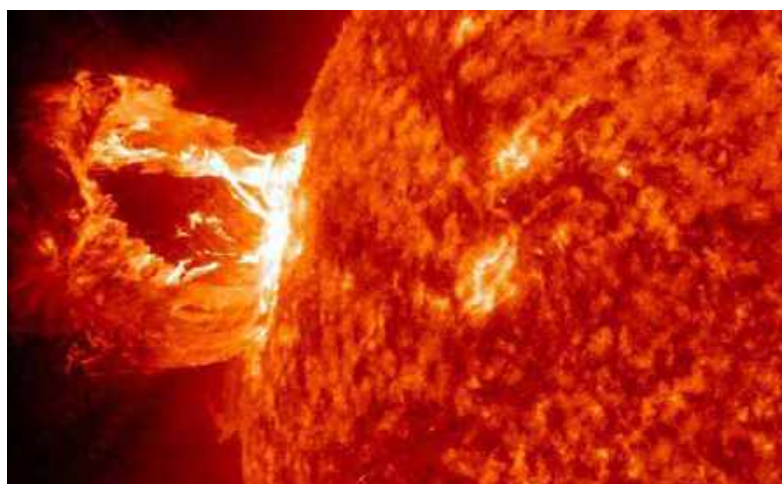
### TAULA PERIÒDICA DELS ELEMENTS

#### 2n bloc de continguts: el Sol, font de vida.

- En la part en què es parla del Sol s'esmenta la presència dels camps magnètics en diferents zones del Sol, associats a fenòmens com les taques solars o les fulguracions. Amplia una mica el teu coneixement sobre les parts del Sol: nucli, fotosfera, cromosfera, corona i heliosfera.



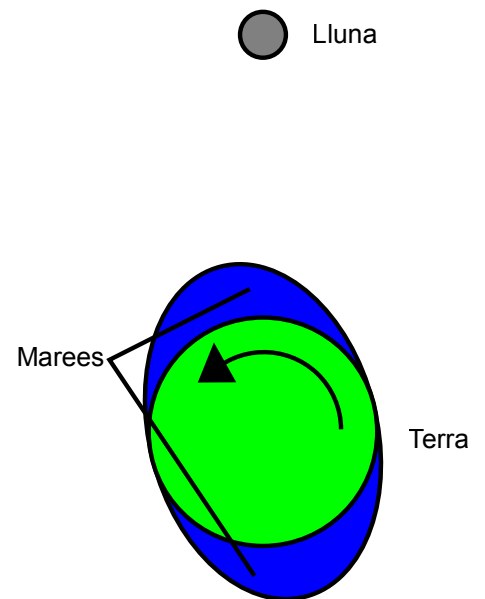
L'estructura del Sol



Fulguració solar, 16 de abril de 2012  
Credit and Copyright: NASA/SDO/AIA

### 3r bloc de continguts: buscant vida en l'univers.

- L'aigua és el dissolvent universal per a la vida. S'utilitza com una de les "pistes" fonamentals per a buscar traces de vida en el cosmos. T'has preguntat quines característiques fisicoquímiques la converteixen en una cosa tan important? Posa una atenció especial a allò que es conta sobre l'efecte que va tindre en el passat l'aigua sobre la superfície de Mart.
- Tindre una atmosfera és un dels requisits perquè es done la vida. Hi ha casos de planetes, com per exemple Mart, que en van tindre una en el passat però que van acabar "perdent-la".
- En la sessió es parla d'alguns casos especials com Io, Europa i Tità. Identifica les missions espacials que s'han encarregat d'explorar-les.
- Un altre fenomen molt interessant que descrivim en la sessió és el de les forces de marea gravitacionals, que coneixem molt bé en la Terra a partir de l'efecte que té la Lluna sobre la nostra cara més pròxima a aquesta. Atés que Júpiter té una massa 300 vegades superior a la Terra, l'atracció gravitatòria que exerceix sobre les seues llunes és moltíssim més elevada que la que exerceix la Lluna sobre la Terra.



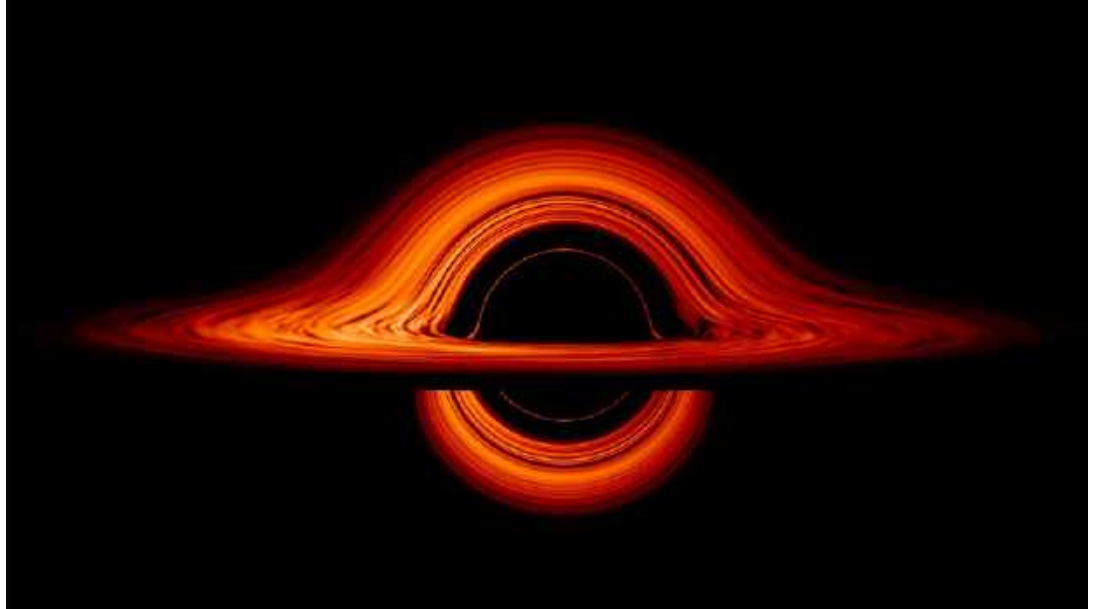
Esquema de les forces de marea gravitacionals Lluna-Terra

### 4t bloc de continguts: exoplanetes.

- A l'hora de buscar planetes en l'univers, en la sessió s'explica el "trànsit planetari". Altres mètodes que han emprat els astrofísics són: la velocitat radial, la astrometria, la microlent gravitacional... Reguarda els noms per a posteriorment recaptar més informació sobre cada un d'aquests amb ajuda del teu professor.

## 5é bloc de continguts: la vida a escala galàctica.

- La distància al centre de la nostra galàxia és un altre element important a l'hora d'explicar la “zona d'habitabilitat” que pot traçar-se a escala galàctica, i de la qual es parla al final de la sessió. Tin molt en compte el tipus d'òrbites al voltant del centre galàctic que descriuen les estrelles.



**Forat negre**

Credits: NASA's Goddard Space Flight Center/Jeremy Schnittman

The background features a blue gradient from light to dark, overlaid with several thin, overlapping circles of varying sizes and positions, creating a geometric pattern.

**Després de la sessió**

Ha arribat el moment que apliques tot el que has après fins ara. Per a això et proposem fer diferents activitats amb les quals aprofundir en alguns dels continguts que s'han mostrat al llarg de la sessió.

## PROJECTE D'INVESTIGACIÓ

### Llavors... Què és la vida?

Definir la vida, no és una tasca fàcil. Alguns científics prefereixen descriure-la a definir-la. Algunes característiques comunes compartides per la majoria d'experts són les següents:

- Es compon d'unitats bàsiques fonamentals com per exemple les cèl·lules.
- Requereix energia.
- Transmet informació genètica als seus descendents.
- Es relaciona amb el seu entorn.



Imatge d'una cèl·lula

El bioquímic Gerald F. Joyce va encunyar una definició que, per l'amplitud que té, la va assumir l'Institut d'Astrobiologia de la NASA: "Un ésser viu és un sistema químic automantingut que evoluciona com a conseqüència de la seua interacció amb el mitjà".

La vida tal com la coneixem es manifesta en una sèrie d'organismes que es desenvolupen sota unes determinades condicions de pressió, temperatura, il·luminació, humitat, etc. Un pH neutre, una temperatura pròxima als 37 °C, una pressió atmosfèrica determinada, en presència d'oxigen i absència de radiació nociva. Fora d'aquestes, és possible la vida?

Hi ha organismes que poden viure en entorns anomenats "extremes" en els quals nosaltres simplement no podríem viure. Són els anomenats "extremòfils", criatures diminutes que poden viure a temperatures molt elevades (44 - 121 °C) o molt baixes (-2 - 20 °C), amb alta salinitat, alta alcalinitat (pH superior a 8) i/o alta acidesa (pH menor de 4).

Realitza un treball de recerca sobre algunes criatures extremes. Per a això et recomanem el web del Centre d'Astrobiologia. (<http://cab.inta-csic.es/es/inicio>) on trobaràs informació útil sobre aquest tema.

També pots obtindre un poc d'informació en el web buscant les aportacions que ha fet un dels experts més importants en aquest tema, Ricardo Amils. Realitzeu el treball en grups de tres o quatre. Després exposeu-lo a la resta de la classe i intenteu relacionar-lo amb algun dels entorns "extremes" que s'han vist en la sessió com lo, Europa o Tità.

## DEBAT EN L'AULA

### Ciència *versus* pseudociència

El tema de l'existència d'extraterrestres ha sigut un dels preferits de la ciència-ficció. Gràcies a aquest tenim vertaderes obres mestres com *La guerra dels mons* de H. G. Wells o *2001. Una odissea de l'espai* de Stanley Kubrick. No obstant això, tota aquesta curiositat a vegades també ha derivat en pura pseudociència en què es defensen idees completament absurdes, privades del més mínim rigor científic.

A la llum de tot el que saps organitza un debat científic entorn del tema dels OVNIS –o UFO si seguim la terminologia anglosaxona *Unidentified Flying Object*– en el qual una part de la classe assumeix el rol científic i l'altra, el pseudocientífic per tractar d'associar aquests fenòmens a l'existència de criatures extraterrestres. La resta farà de públic del debat. Una persona haurà d'actuar com a moderador. Et proposem la dinàmica següent junt amb l'assignació de temps corresponent:

- Presentació de la postura per part del grup de científics en què s'explica el fenomen OVNI. És important que s'oferisquen com a mínim tres arguments.
- Presentació de la postura per part del grup contrari a aquesta. Igualment hauran d'exposar tres arguments.
- Debat basat en rèpliques i contrarèpliques de cinc minuts com a màxim en cada torn.
- Conclusions finals.
- Votació del públic respecte del grup guanyador que ha resultat més convincent al llarg de tot el debat.

D'alguna manera en la societat es produeixen contínuament aquest tipus de debats pseudocientífics, amb gran acceptació per part de molts. No baixes mai la guàrdia "crítica" davant d'aquests!



## EXCURSIÓ CIENTÍFICA

### Observació astronòmica

No hi ha res més fascinant que observar un cel nocturn allunyant-nos de la contaminació lumínica que provoquen les grans ciutats.

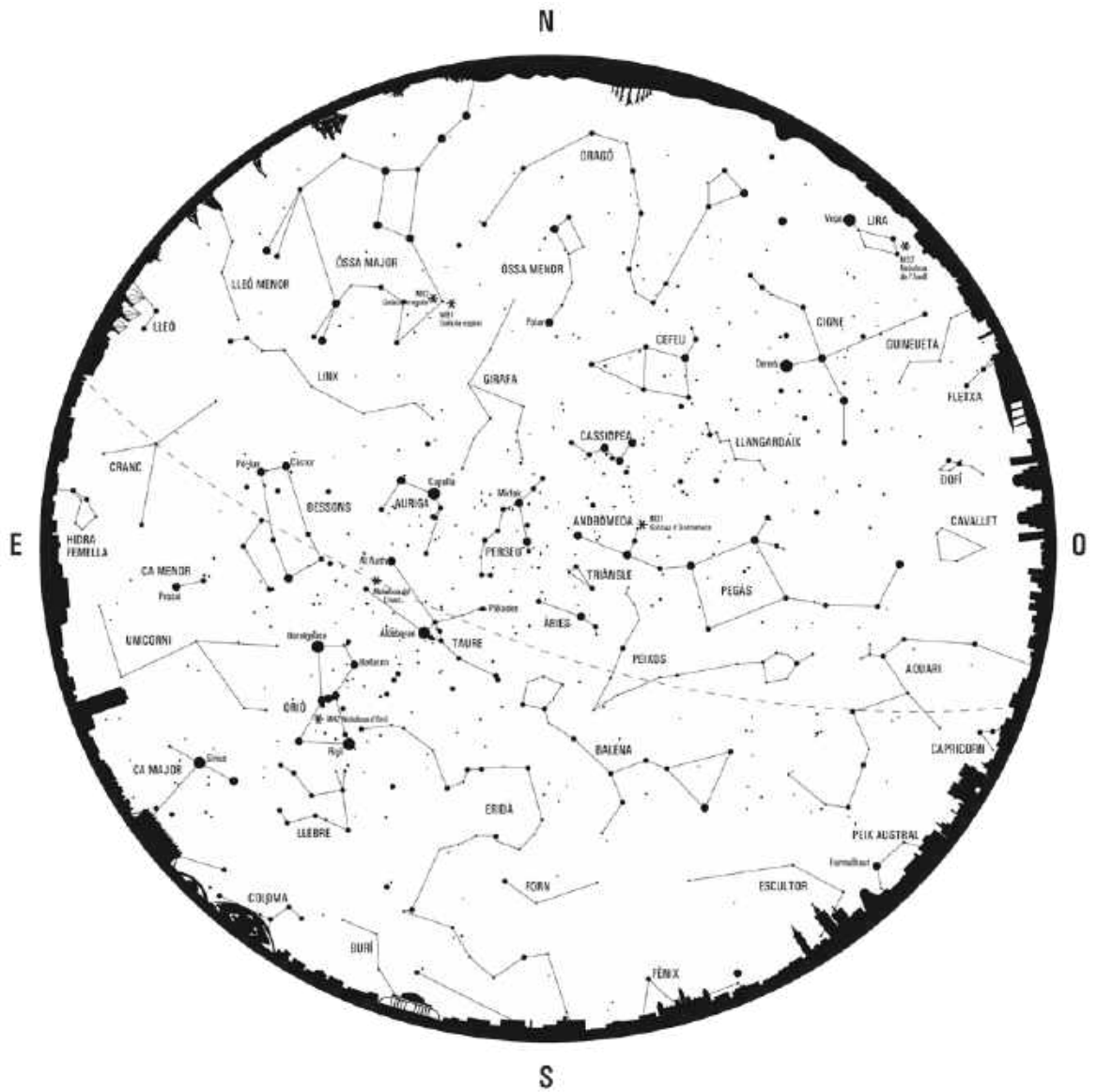
Organitza amb els teus pares o amb alguna associació astronòmica de la teua localitat una observació astronòmica nocturna desplaçant-te a una zona que estiga a uns vint quilòmetres de la teua ciutat o poble, ja que en aquests serà molt difícil que pugues observar el cel amb un mínim de definició. Si és possible, pots aconseguir uns prismàtics per a millorar la teua observació, encara que no resulta imprescindible perquè a simple vista pots veure un munt de coses interessants, com per exemple:

- La nebulosa d'Orió\*
- Determinades constel·lacions com Cassiopea o l'Ossa Major.
- Unes certes estrelles com Sírius\*, la més brillant del firmament i molt fàcilment localitzable, o l'estrela Polar que ens indica sempre on està el nord.
- Alguns planetes: Mercuri, Venus, Mart, Júpiter o Saturn.\*
- Satèl·lits: naturals, la Lluna per descomptat en les diferents fases d'aquesta, però també artificials com l'Estació Espacial Internacional, que orbita a més de tres-cents quilòmetres d'altura sobre nosaltres.
- I si tens sort, fins i tot pots veure alguna estrela fugaç... i demanar un desig.

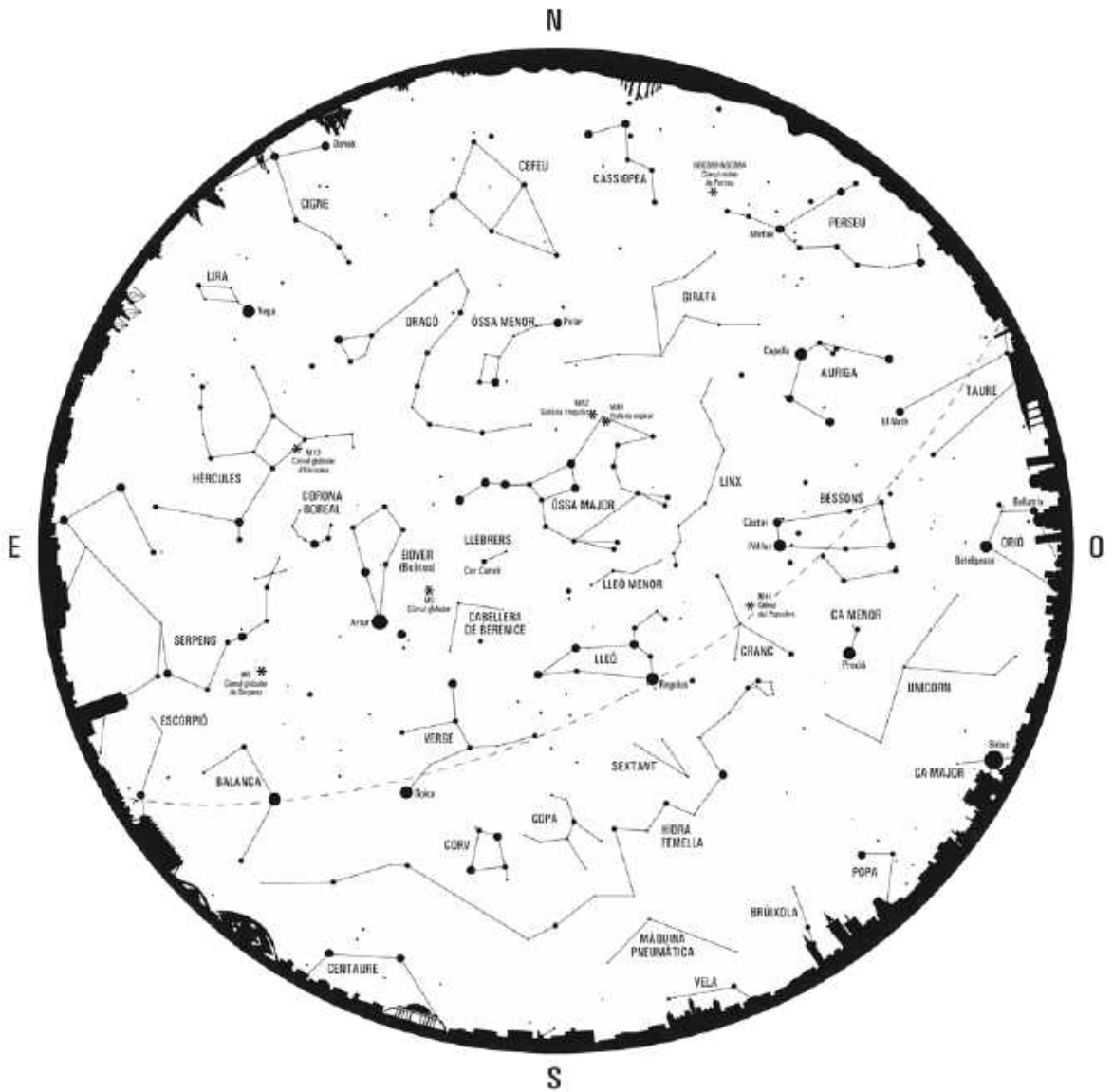
A continuació, t'inclouem alguns dels cels nocturns que pots trobar al llarg de les quatre estacions de l'any junt amb el cel visible que hi ha a Espanya.

\* Visibles només en determinades èpoques de l'any.

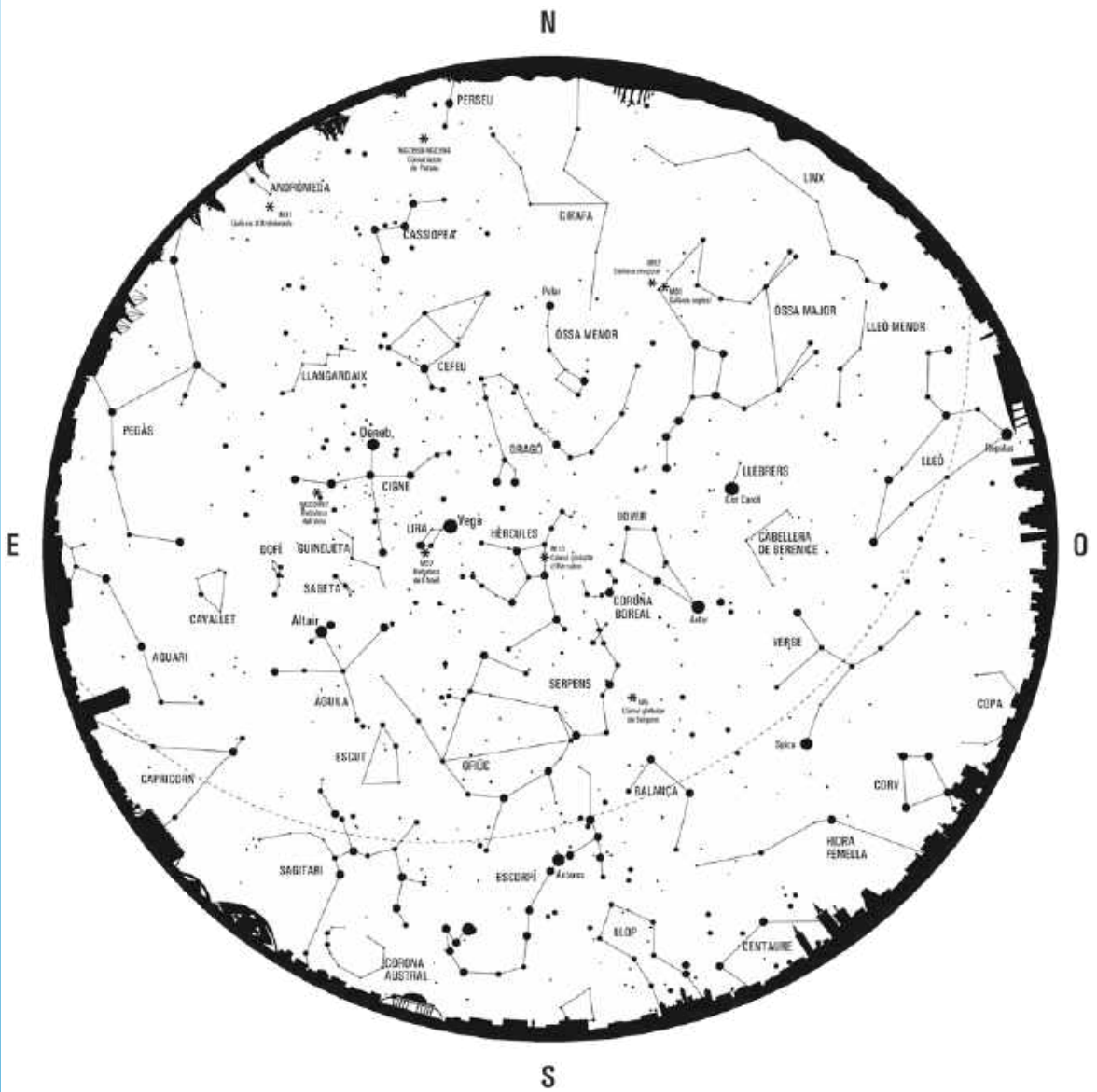
## Cel nocturn de gener



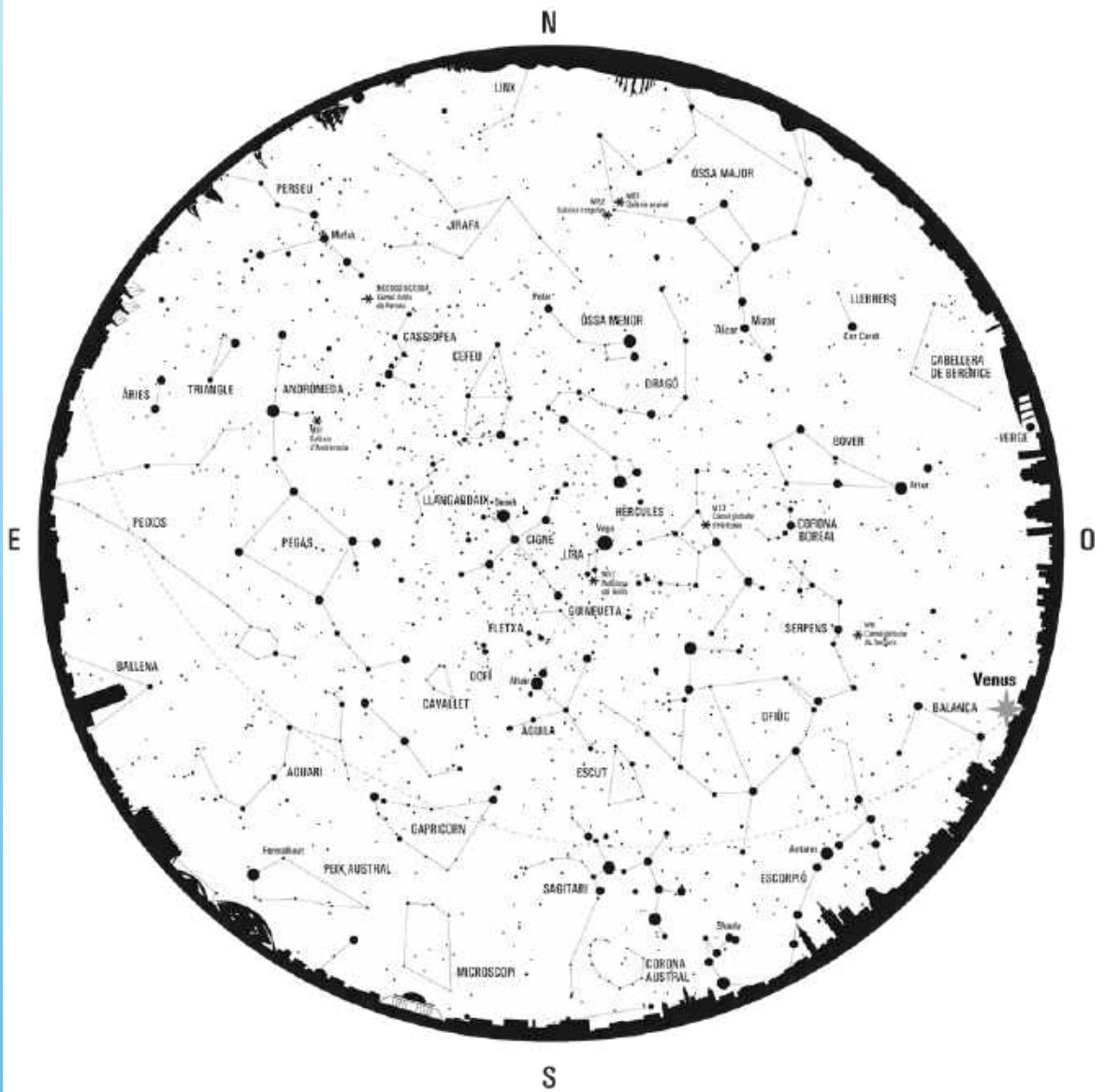
## Cel nocturn de maig



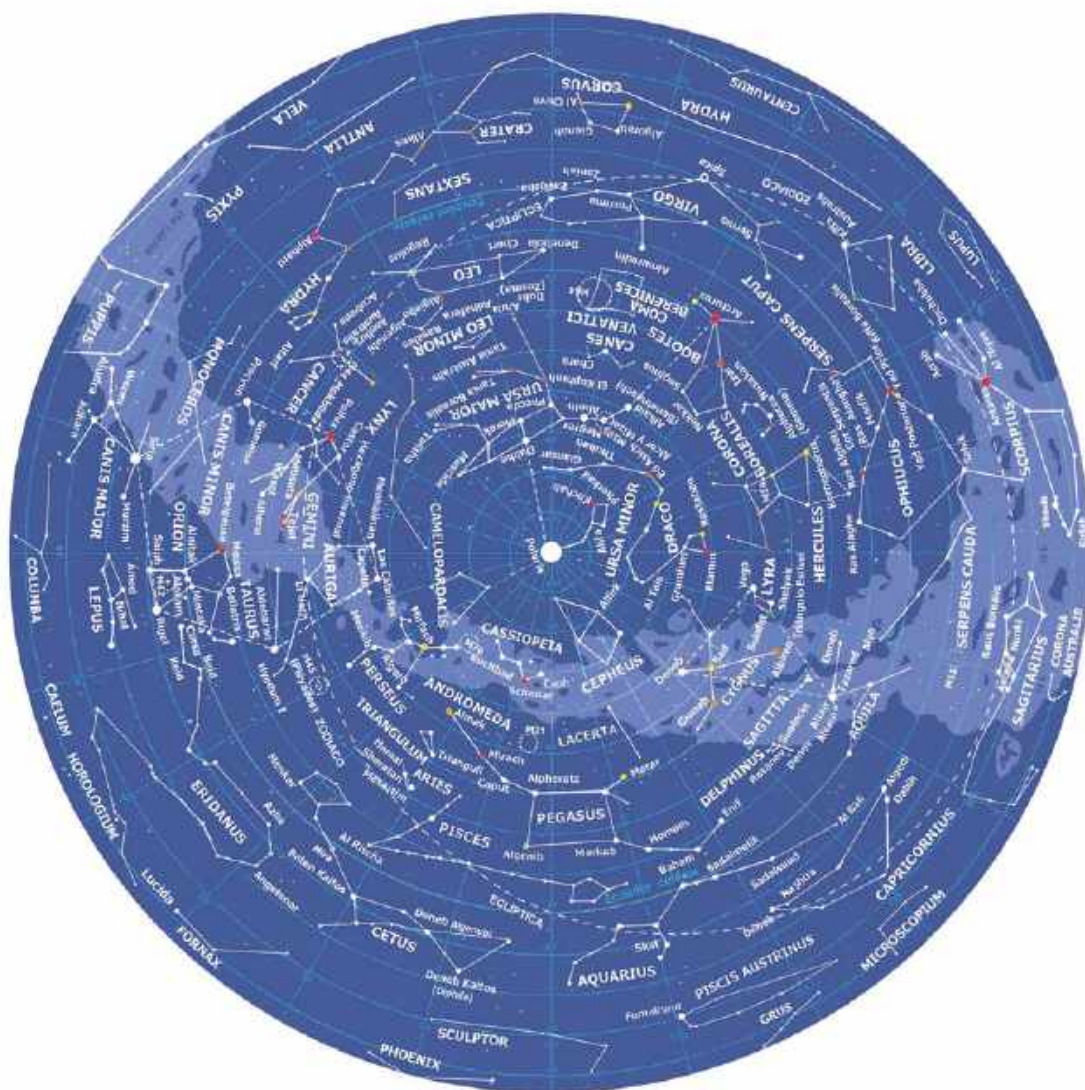
## Cel nocturn de juliol



## Cel nocturn d'octubre



## Cel nocturn visible des d'Espanya



## ASTRONOMIA EN LA XARXA

### Caçaplanetes

Hui dia la labor que fan els aficionats en l'astronomia és molt important. Gràcies a ells s'han dut a terme descobriments sensacionals com, per exemple, l'existència d'un planeta amb quatre sols, el PHI situat ni més ni menys que a 5.000 anys llum de la Terra.

Allò curiós és que ho van aconseguir participant en un programa d'aproximació de la ciència al ciutadà en Internet, que és precisament el que volem recomanar-te: "Planet Hunters". Qui sap si no seràs tu el pròxim "caçaplanetes" famós.

No et quedes amb les ganes. Esbrina-ho entrant en la següent pàgina web:

<https://www.zooniverse.org/project/planethunters>

Registra-t'hi i segueix les instruccions. Potser fas història. Col·laboraràs ni més ni menys que en la missió Kepler que ha analitzat la lluentor de les estrelles que es troben a la regió de Cygnus (constel·lació del Cigne). Molta sort i busca el teu planeta!

# La nostra llar en el **Cosmos**

**CIUTAT DE LES ARTS I LES CIÈNCIES**



**GENERALITAT  
VALENCIANA**



CIUTAT DE LES ARTS I LES CIÈNCIES

**www.cac.es • 961 974 686**

**Ciutat de les Arts i les Ciències  
Av. Professor López Piñero • 46013 Valencia (Espanya)**

Empresa certificada ISO 9001 (n.º 5000383) / ISO 14001 (n.º 5000383-MA) BVQi