

Treball de recerca

L'OBSERVACIÓ DEL CEL NOCTURN AL LLARG DEL TEMPS



Lluna

ABSTRACT

El movimiento de los astros del cielo establece de forma ordenada unos ciclos determinados. Este puede llegar a ser confuso, debido a la cantidad innumerable de cuerpos celestes que coexisten en el Universo. Desde la Tierra, las más antiguas civilizaciones ya se dedicaron a observar los astros y sus movimientos, tradición que perdura hasta día de hoy. No obstante, la visibilidad de estos se está viendo amenazada cada vez más por causas totalmente humanas. Con esta investigación se ha tratado de analizar el movimiento de dichos astros y comprender el grave problema que supone la contaminación lumínica en el ámbito astronómico. Para ello, se ha realizado una profunda síntesis de información de distintas fuentes bibliográficas, para tener así un amplio conocimiento sobre la astronomía. Con ello, se han ejecutado diversos seguimientos sobre el movimiento de distintos cuerpos celestes durante un tiempo determinado. Y finalmente, se han planteado diversas causas posibles sobre la contaminación lumínica, a través de una serie de comparaciones. Como resultado del proyecto, se ha obtenido una observación visual positiva sobre el movimiento de los astros planteado en la parte teórica, además de haber llegado a la conclusión de entender la gravedad de dicha contaminación y cómo es la humanidad la única fuente que la produce.

The movement of the objects of the sky determines in an orderly way some specific cycles. This one can be confusing because of the innumerable amount of celestial bodies that coexist in the Universe. From the Earth, the most ancient civilizations had already taken the time to observe the stars and their movements, a tradition that lasts until nowadays. Nevertheless, the visibility of these is progressively threatened by human causes. The aim of this research is to analyze the movement of these sky objects and to understand the serious problem that light pollution supposes to the astronomical field. To achieve that, a deep synthesis of information from different bibliographic sources has been carried out, in order to have a wide knowledge about astronomy. Then, several trackings of the movement of different celestial bodies have been executed. Finally, through a series of comparisons, various causes of the light pollution have been proposed. As a result of the project, we have obtained a positive visual observation about the movement of the sky bodies that was proposed in the theoretical part, as well as having reached the conclusion of understanding the seriousness of such pollution and how are humans the only source that produces it.

ÍNDIX

1. INTRODUCCIÓ	4
1.1 Motivació i objectius	4
1.2 Metodologia i estructura del treball	5
2. PART TEÒRICA	6
2.1 L'astronomia (explicació)	6
2.1.1 Història de l'astronomia	6
2.2 Cossos celestes	9
2.2.1 Objectes del Sistema Solar	9
2.2.2 Objectes del cel profund	11
2.2.2.1 Els catàlegs astronòmics	12
2.2.3 La Via Làctia	13
2.2.3.1 Les estrelles	14
2.3 Mecànica celeste	16
2.3.1 Moviment de la Terra	16
2.3.2 Esfera Celeste	17
2.3.2.1 Sistema de coordenades equatorials	18
2.3.3 Moviment aparent dels astres en l'esfera celeste	19
2.4 L'observació del firmament nocturn	20
2.4.1 Instruments astronòmics	20
2.4.1.1 Binoculars	22
2.4.1.2 Telescopis	24
2.4.2 Astrofotografia amb càmera reflex	25
2.4.2.1 Ajustos	25
2.4.2.2 Materials	26
2.4.3 Les constel·lacions	26
2.4.3.1 Franja del Zodíac	28
2.4.4 Mapes del firmament nocturn	28
2.4.5 Contaminació lumínica	30
2.4.5.1 Escala del cel fosc de Bortle	31
3. PART PRÀCTICA	31
3.1 Creació d'un planisferi celeste	31
3.1.1 Muntatge	32
3.1.2 Ajustos i aplicació	32

3.2 L'observació del firmament nocturn	34
3.2.1 El cel de primavera	36
3.2.1.1 Constel·lacions importants	36
3.2.1.2 Franja del Zodíac i altres regions	39
3.2.2 El cel d'estiu	41
3.2.2.1 Constel·lacions importants	42
3.2.2.2 Zona Zodiacal i altres regions d'interès	45
3.3 Observació del cel al llarg del temps	47
3.3.1 Constel·lacions circumpolars	47
3.3.1.1 Moviment de les constel·lacions circumpolars	49
3.3.2 Seguiment del moviment dels astres al llarg d'una nit	51
3.3.3.1 Escorpí i Sagitari	52
3.3.3.2 Capricorn	55
3.3.3 Seguiment del moviment dels astres al llarg del temps	57
3.3.3.1 El Dofí i l'Àguila	57
3.4 Contaminació lumínica en l'observació astronòmica	61
4. CONCLUSIÓ	67
5. BIBLIOGRAFIA	68
6. WEBGRAFIA	68

1. INTRODUCCIÓ

1.1 Motivació i objectius

Quan vaig haver d'escollir tema per aquest treball de recerca, no vaig dubtar a fer-ho d'un tema relacionat amb l'astronomia. Sempre he estat molt lligada a ella, doncs, de petita ja m'interessava per saber què és exactament el que tenim "a sobre".

Un dels motius principals pel meu interès prematur d'aquest camp és que, el meu pare, és un gran aficionat a l'astronomia i des que en soc conscient, m'ha explicat un munt de curiositats del cel nocturn.

El fet que va fer que la meva fascinació per l'astronomia augmentés de manera significant va ser que, farà uns set anys, ens vam comprar una petita casa situada a la muntanya, per la zona de l'Alt Camp. Vaig observar que, només amb una hora de viatge en cotxe, el cel nocturn que portava veient tota la meua vida a Cornellà, al terrat de casa, canviava totalment, passant de veure uns puntets borrosos a poder observar fins i tot a ull nu la nostra galàxia, la Via Làctia.

No obstant això, encara que sempre ho he volgut fer, mai he tingut les forces per posar-me a investigar tots els meus dubtes més enllà del que m'ha pogut resoldre amb unes poques i fàcils definicions el meu pare.

El treball de recerca, doncs, ha sigut la idònia oportunitat per finalment explorar en aquest tema tan interessant per mi. Però clar, l'astronomia és un camp molt ampli i he hagut de centrar-me en una petita part. Per fer-ho, m'he centrat bàsicament a resoldre algunes de les qüestions que m'han intrigat des de la infantesa, per tant, els meus objectius són:

-Primerament, adquirir coneixements generals de l'ampli camp de l'astronomia, fonamentals per a poder seguir i portar d'una manera amena la resta de treball.

-A continuació, entendre el funcionament i saber utilitzar el material astronòmic i aprendre nocions d'astrofotografia, que aplicarem més tard a la part pràctica.

-Tot seguit, aplicar tots aquests coneixements per poder identificar les constel·lacions al llarg de l'any, conèixer els seus elements principals, descobrir la seva història mitològica que porten darrere i entendre el seu recorregut per l'esfera celeste al llarg del temps. Per a fer-ho, he elaborat un planisferi celeste que m'ha ajudat a reconèixer les constel·lacions i estrelles durant tot l'any. I finalment, comprendre com influeix la contaminació lumínica a l'hora d'observar el cel nocturn.

1.2 Metodologia i estructura del treball

En la primera part del treball, parlo dels motius que m'han fet escollir aquest tema per al treball de recerca, els objectius plantejats i l'estructura del meu treball.

La segona part del treball, es la part teòrica. En aquesta, apareixen explicats diversos punts generals i fonamentals sobre l'astronomia que s'han de saber per tal de portar la resta del treball amb més facilitat. Per a fer-ho, he hagut de fer una recerca de diferents fonts bibliogràfiques per a després sintetitzar tota la informació de la forma més resumida i senzilla possible.

La tercera part del treball, és la part pràctica. He tractat d'aplicar tots els coneixements adquirits anteriorment, en la part teòrica, per a poder portar al cap els meus objectius. El primer de tot, que era poder identificar les constel·lacions al llarg de l'any amb tot el que les engloba, ho he fet des d'un terreny prou ampli, allunyat dels nuclis urbans i utilitzant tot el material astrofotogràfic esmentat a la part teòrica. A més, he creat un planisferi celeste que m'ha ajudat a reconèixer les constel·lacions i estrelles, sigui el dia que sigui (punt 3.1). Després, he realitzat un seguiment i anàlisi del moviment de diversos astres i constel·lacions en concret. Finalment, he comprovat com afecta la contaminació lumínica a l'hora d'observar el cel nocturn, des de 2 punts diferents de Catalunya: Cornellà de Llobregat i Pontons.

2. PART TEÒRICA

2.1 L'astronomia (explicació)

La paraula “astronomia” està formada per dos termes grecs: *astron*+*nomos*. *Astron* (ἄστρον, en grec antic) vol dir estrella i *nomos* (νόμος), vol dir llei. Llavors, podríem definir l'astronomia com “Lleis estelars”, però el seu concepte és molt més ampli.

Definim l'astronomia com la ciència que s'encarrega d'estudiar el moviment, l'estructura, l'origen i el desenvolupament dels objectes celestes de l'Univers. Els principals objectes d'estudi de l'astronomia són els astres, els planetes, les estrelles, els satèl·lits, els cometes, els meteors, les galàxies i tot tipus de matèria interestel·lar.

L'astronomia té diverses branques que permeten als astrònoms especialitzar-se en objectes o fenòmens en particular. Les més importants són:

- **Astrofísica.** Estudia l'origen, composició física, estructura, propietats i evolució dels cossos celestes, a través de la física.
- **Astrogeologia.** Estudia la geologia dels cossos del Sistema Solar.
- **Mecànica celeste.** Estudia el moviment que tenen els cossos celestes a causa dels efectes gravitatoris que exerceixen sobre ells els uns als altres.
- **Astronautica.** Estudia la navegació espacial, destinada a sortir fora de l'atmosfera terrestre.
- **Astrometria.** La més antiga. S'encarrega d'estudiar la posició i el moviment dels astres.
- **Cosmologia.** Estudia la història i l'estructura de l'Univers.

2.1.1 Història de l'astronomia

L'astronomia és una de les ciències més antigues de la humanitat ja que des de l'antiguitat, l'home s'ha fascinat per l'observació del cel; ja fos per curiositat o per aplicacions pràctiques, com conèixer el cicle dels astres per determinar el moment oportú per a la sembra i la collita.

ELS PRIMERS ASTRÒNOMS

Tots els pobles antics, sense importar la seva cultura ni les seves creences, han estudiat el Sol, la Lluna, les estrelles i el moviment dels cossos celestes, entre d'altres.

Veien com el camí diari del Sol i el seu recorregut anual amb els pas de les estacions comportava una sèrie de canvis: de temperatura de l'aire, de l'hora i el lloc per on surt el Sol, el creixement de les plantes... L'observació dels moviments del Sol, de la Lluna



Figura 1. Stonehenge. Font. Wikipedia

i les estrelles van ser la causa de la creació de rellotges de sol o aigua i calendaris que s'ajustaven a les necessitats dels agricultors.

Moltes escultures del Neolític, com aquests cercles de Stonehenge (figura 1), estaven alineades amb el Sol, la Lluna o les estrelles. Aquesta estructura de roca, es troba ubicada al sud d'Anglaterra i va ser construïda aproximadament entre els anys 3200 i 2500 aC.

MESOPOTÀMIA

L'antiga Mesopotàmia, situada en la zona del mig orient, en el territori que ara ocupa Iraq, és considerada el bressol de l'astronomia. Els déus de les primeres civilitzacions agrícoles de Mesopotàmia, tenien una relació directa amb els planetes i altres objectes astronòmics. Per aquest motiu, van agrupar-los en diferents figures mitològiques i van desenvolupar els seus propis mites celestes, que encara avui dia conservem, com les figures de Taure, Lleó o Escorpí. Posteriorment, se sap que els pobles habitants de l'antiga Mesopotàmia, cap al segon mil·lenni aC, van fer un calendari lluni-solar de 12 mesos i 30 dies cadascun i coneixen els planetes Mercuri, Venus, Júpiter i Saturn.

ELS EGIPCIS

Un altre de les civilitzacions amb els majors avenços en l'astronomia va ser la dels egipcis. Una de les coses que van observar va ser com el Sol i la Lluna es desplacen travessant 12 constel·lacions destacades (les que coneixem avui dia com les constel·lacions del zodíac), van descobrir l'any per primer cop i van crear un calendari solar de 365 dies.

ELS GRECS

Els antics grecs van realitzar els primers grans avenços en l'astronomia. Una sèrie de brillants pensadors van observar el cel per a explicar el que veien. Per a fer-ho, van recórrer als seus principis geomètrics, més que a les creences sobrenaturals. Va ser a partir d'allà quan l'astronomia i l'astrologia van començar a separar-se. D'altra banda, els filòsofs grecs encara pensaven que els planetes, les estrelles i el Sol giraven al voltant de la Terra.

ASTRONOMIA DEL RENAIXEMENT

Durant segles, els astrònoms basaven les seves teories en un model geocèntric. Va ser al s. XVI quan l'astrònom Nicolau Copèrnic, va proposar una nova teoria revolucionària, on afirmava que el Sol era el centre de l'Univers i que la resta de planetes es movien al seu voltant, proposant llavors un sistema heliocèntric.



Figura 2.
telescopi de
Galileu. Font.
Wikipedia

Galileo Galilei (1564-1643), va ser el que va aportar la prova definitiva per afirmar el model de l'Univers Copernicà. Un dia, va escoltar d'un invent holandès que consistia en dues lents col·locades en un tub per a observar objectes distants com si estiguessin a prop i el va perfeccionar. D'aquesta manera, l'any 1609, va construir ell mateix un telescopi refractor i es va convertir en el fundador de l'astronomia telescòpica. Amb ell, va descobrir els cràters de la Lluna, les fases de Venus, les taques solars i els 4 satèl·lits principals de Júpiter, entre d'altres.

Un altre personatge destacat és Tycho Brahe (1546-1601) que va obtenir unes observacions molt precises en un observatori que el mateix va aixecar.

Un dels seus alumnes, va ser Johannes Kepler (1571-1630). A partir de les dades que Tycho li va cedir, va formular 3 lleis sobre el moviment planetari, les famoses lleis de Kepler. En elles, demostra que els planetes es mouen en òrbites el·líptiques i no circulars, com pensava Ptolemeu.

NAIXEMENT DE L'ASTROFÍSICA

L'aportament d'aquests científics, va donar al naixement d'una nova arrel de l'astronomia: l'astrofísica, la física aplicada a l'estudi dels astres.

Isaac Newton (1642-1727), va ser el primer referent. Amb el coneixement dels estudis sobre el moviment de Galileu i de les lleis de Kepler sobre les òrbites dels planetes, Newton va establir la llei de gravitació universal.

El 1672 va desenvolupar un nou tipus de telescopi, el reflector. Va reemplaçar la lent per un mirall, per així evitar alguns defectes òptics molt molestos presents en els telescopis refractors.



Figura 3. Telescopi d'Isaac Newton. Font.
Cosmoteles

Des d'aleshores fins ara, les noves tecnologies han permès a l'astronomia avançar molt, sobretot a partir del segle XX, quan hi ha hagut l'avançament més gran de l'astronomia, i de les ciències en general.

2.2 Cossos celestes

Els cossos celestes són tots els objectes naturals que formen part de l'Univers. Les estrelles són els objectes més nombrosos que es poden veure sense ajuda d'instruments astronòmics, ja que emeten llum pròpia. Els altres objectes del cel profund que són visibles és perquè estan formats principalment per estrelles (galàxies i cúmuls) o pel fet de que reflecteixen llum d'origen estel·lar (planetes, satèl·lits, etc.). Ara bé, hi ha diversos tipus d'objectes completament foscos que són quasi impossible de detectar, com els forats negres. Tots ells, es podrien classificar en diversos grups.

2.2.1 Objectes del Sistema Solar

Un sistema planetari és un sistema compost per una o més estrelles i una sèrie de diferents objectes, planetes, satèl·lits i altres cossos menors que orbiten al seu voltant.

El sistema planetari en el qual es troba la Terra és el Sistema Solar, format per una única estrella, el Sol, vuit planetes principals, cadascun amb els seus respectius satèl·lits, cinc planetes nans i un munt de cossos menors, com són els asteroides i cometes.

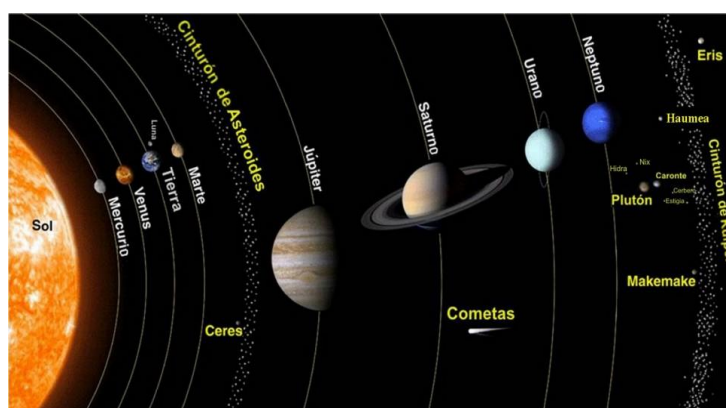


Figura 4. Sistema Solar. Font. Wikimedia

EL SOL

El Sol és l'estrella central del Sistema Solar al voltant de la qual giren tots els objectes que el formen. Encara que és una estrella mitjana, és l'objecte més gran del sistema, amb un 99% de la massa total (333 cops més massiu que la Terra).

Com totes les estrelles, obté l'energia de la fusió nuclear que desenvolupa al nucli, on hi ha una temperatura de 15,6 milions de °C. L'energia procedent del nucli arriba a la superfície, anomenada fotosfera i, des d'allà, s'emet a l'espai

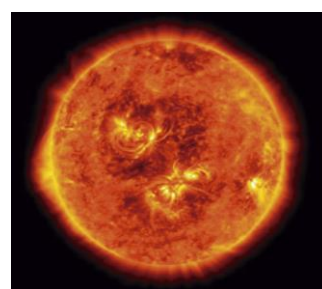


Figura 5. El Sol. Font. MuyInteresante

ELS PLANETES

Els planetes són astres que orbiten al voltant d'una estrella. Tenen la suficient massa per a tenir forma esfèrica i per "netejar" de la seva òrbita altres cossos menors.

Els planetes principals del Sistema Solar estan dividits en dos grups.

- Els quatre planetes interiors: Mercuri, Venus, la Terra i Mart. Són cossos rocosos amb una baixa intensitat i majoritàriament estan formats per roques i metalls.

- Els quatre planetes exteriors (o gegants): Júpiter, Saturn, Urà i Neptú. Estan formats majoritàriament per gasos i líquids i tots compten amb anells i molts satèl·lits.

PLANETES NANS

Els planetes nans són cossos del Sistema Solar que ni són planetes ni són cossos menors. El que els diferencia amb els altres planetes és que comparteixen el seu espai orbital amb altres objectes celestes.



Figura 6. 5 planetes nans coneguts del Sistema Solar. Font. NASA

SATÈL·LITS NATURALS

Un satèl·lit natural (o lluna), és qualsevol cos que orbita al voltant d'un planeta. Es diuen naturals per no confondre's amb els artificials, aquells objectes fabricats per l'ésser humà que orbiten la Terra, Lluna i altres planetes. Dels vuit planetes, tots tenen satèl·lits menys Mercuri i Venus i dels cinc planetes nans, tots menys Ceres.

COSSOS MENORS

Són cossos celestes que orbiten entorn del Sol, però no són ni planetes, ni planetes nans ni satèl·lits, ja que no han aconseguit suficient massa o grandària per a adoptar una forma esfèrica.

Els **asteroides** són uns objectes rocosos metàl·lics que fan òrbites al voltant del Sol. La majoria es concentren en un anell situat entre les òrbites de Mart i Júpiter, anomenat *cinturó d'asteroides* o *cinturó principal*.



Figura 7. Representació del Cinturó Kuiper i el Núvol d'Oort. Font. NASA's Space Place

Els **cometes** són cossos menors, de forma irregular, formats per una barreja de substàncies dures i gasos congelats. Generalment, l'òrbita dels cometes és molt allargada. La cua està composta de pols i gas que es va desprenent a mesura que s'apropa al Sol i quan s'allunya, el pols i gas es refreden i la cua desapareix.

Més enllà de l'òrbita de Neptú, existeixen dues regions d'on procedeixen els cometes: el cinturó de Kuiper (semblant al cinturó d'asteroides) i el núvol d'Oort (una mena de núvol gegant que envoltaria tot el Sistema Solar).

A causa de les restes que van deixant, quan la Terra travessa l'òrbita d'un cometa, es produeix el que se'n diu una pluja de meteoros, o pluja d'estrelles. No són més que les restes de cometes que entren en contacte amb l'atmosfera terrestre.

Els **meteoroids** són cossos amb una mida inferior al dels asteroides. Orbiten al voltant del Sol en diferents òrbites i velocitats. Quan entren a l'atmosfera de la Terra, aquesta els calenta i brillen. Aquest raig de llum se'l coneix com meteor o estrella fugaç. La majoria, es cremen abans d'arribar a la superfície terrestre. En cas contrari, les restes de meteor impacten sobre la terra, llavors es diuen meteorits.

2.2.2 Objectes del cel profund

Els objectes del cel profund són aquells que es troben fora del Sistema Solar i que no són estrelles. Es tracta de les nebuloses, les galàxies i els cúmuls estel·lars.

Normalment, no són visibles a simple vista, però els més brillants es poden veure amb telescopi i, fins i tot, amb uns prismàtics.

GALÀXIES

L'astrònom Edwin Hubble va confirmar l'existència de galàxies més enllà de la Via Làctia, en la dècada del 1920. Aquestes, són els objectes celestes més grans. Tracten d'acumulacions de milions o bilions d'estrelles, núvols de gas i pols (nebuloses) i matèria fosca, tot unit per la força de la gravetat.

La quantitat d'estrelles que formen una galàxia depèn de la seva mida. Les més petites, tenen uns quants milions i, les més grans, en poden tenir fins a un bilió. És en el centre on es concentren més estels. Però a part, existeixen altres objectes dins de les galàxies: nebuloses i els cúmuls estel·lars. Tots ells, es mouen a causa de l'atracció que exerceixen els uns als altres, i orbiten al voltant del centre de la galàxia.

La majoria de les galàxies formen grups més grans, anomenats "cúmuls de galàxies". En aquests, es troben entre unes desenes o més de mil galàxies agrupades per la força de la gravetat.

L'espai que hi ha entre les galàxies és l'espai intergalàctic, compost per un gas supercalent, a temperatures de deu milions de graus o més.

No totes les galàxies són iguals, doncs, tenen diferents mesures i formes. Va ser en l'any 1936 quan Edwin Hubble es va encarregar de classificar-les segons les seves formes en: galàxies el·líptiques, galàxies espirals, galàxies lenticulars i galàxies irregulars.

NEBULOSES

Les nebuloses són enormes núvols de pols i de gas, pràcticament d'hidrogen, que es troben en l'espai. Tot aquest material es manté unit gràcies a l'atracció gravitatòria de les seves partícules, les quals formen aquests immensos núvols. Són tan grans que arriben a tenir diàmetres des de desenes fins a centenars d'anys llum (1 any llum = 9,5 bilions de kilòmetres).

Es troben escampades per l'espai entre les estrelles, conegut també com l'espai interestel·lar.

Però no totes les nebuloses són iguals. Algunes, contenen les restes d'estrelles mortes, mentre que altres són regions on comencen a formar-se noves estrelles.

Es poden considerar dos grans grups de nebuloses. Per una banda, unes són regions on comencen a formar-se noves estrelles, per tant, estan associades al naixement i formació d'estrelles (nebuloses d'emissió, de reflexió i nebuloses fosques). Per l'altra banda, altres contenen les restes d'estrelles mortes i, per tant, estan associades amb la mort d'aquestes (nebuloses planetàries).

CÚMULS ESTEL·LARS

Moltes estrelles pertanyen a agrupacions que poden contenir des de desenes fins a centenars de milers d'estrelles, anomenats cúmuls estel·lars. Les estrelles d'un cúmul, es mantenen unides entre elles per la gravetat. Totes tenen aproximadament la mateixa edat i es van formar en la mateixa nebulosa. No obstant això, existeixen dos tipus molt diferents de cúmuls estel·lars.

Els **cúmuls globulars** són agrupacions immenses de centenars de milers d'estrelles (algunes poden arribar a tenir un milió o més). Aquestes, estan molt juntes entre si, i això farà que el cúmul tingui forma d'una bola esfèrica gegant. A més, les estrelles dels cúmuls globulars són molt antigues, doncs, algunes d'elles poden tenir al voltant de milions d'anys.

Omega del Centaure, (figura 8) és un bon exemple d'un cúmul globular, doncs, és el més massiu de la Via Làctia, amb un diàmetre de 150 anys llum. Es pensa que conté al voltant de 10 milions d'estrelles amb una edat estimada prop dels 12000 milions d'anys.



*Figura 8. Cúmul globular de l'Omega del Centaure.
Font. NASA*

Els **cúmuls oberts**, coneguts també com cúmuls galàctics, són grups més dispersos que contenen com a màxim alguns milers d'estrelles. A més, aquestes són joves i calentes. Totes elles s'han format en la mateixa nebulosa, i al principi es mantenen juntes per la gravetat. No obstant això, amb el temps es van separant fins a tal punt que el cúmul acaba desapareixent. Aquests tipus de cúmuls no aconsegueixen sobreviure més d'alguns centenars de milions d'anys.

2.2.2.1 Els catàlegs astronòmics

Tots aquests objectes, es troben registrats en diferents catàlegs astronòmics i els més coneguts són:

- Catàleg Messier
- Catàleg NGC
- Catàleg IC

- Catàleg Caldwell

EL CATÀLEG MESSIER

Va ser el primer catàleg del cel profund, elaborat per l'astrònom francès Charles Messier l'any 1774. Ell es dedicava a la cerca de cometes, i la presència dels borrosos objectes del cel profund li resultava un problema, ja que podien ser confosos. Per aquest motiu, va decidir fer ell mateix un catàleg d'objectes que no eren cometes i, així, simplificar el seu treball.

Tracta d'una llista de 110 objectes astronòmics com nebuloses, galàxies i cúmuls estel·lars, tots de l'hemisferi nord. El primer classificat és M1 (la nebulosa del Cranc) i l'últim és M110 (una petita galàxia orbitant a la galàxia d'Andròmeda).

EL CATÀLEG NGC

El catàleg NGC (*New General Catalogue*, Nou Catàleg General) va ser elaborat per l'astrònom danès John Dreyer en la dècada de 1880. Realment, és una ampliació i extensió d'un catàleg de l'astrònom anglès John Herschel, el *General Catalogue*, al qual va afegir aproximadament 5000 nous objectes.

Aquest catàleg recull 7840 objectes del cel profund coneguts a finals del segle XIX, tant de l'hemisferi nord com de l'hemisferi sud. El primer classificat és NGC 1 (una galàxia espiral a Pegàs) i l'últim és NGC 7840 (una galàxia espiral a la constel·lació de Peixos).

EL CATÀLEG IC

A causa del descobriment de nous objectes, el catàleg NGC es va ampliar amb el catàleg IC (*Index Catalogue*, Catàleg Índex). El va classificar John Dreyer i el va publicar l'any 1895 com dos apèndixs del catàleg NGC: el catàleg IC I i el catàleg IC II. Conté 5386 objectes del cel profund.

EL CATÀLEG CALDWELL

Aquest catàleg va ser elaborat per l'astrònom aficionat Patrick Caldwell-Moore, l'any 1995. El va fer amb l'objectiu de complementar el catàleg Messier, doncs, inclou objectes de l'hemisferi sud i altres de l'hemisferi nord que no estan presents en ell. Inclou un total de 109 objectes del cel profund, des de C1 (un cúmulo obert a Cefeú) fins a C109 (una nebulosa planetària en la constel·lació del Camaleó).

2.2.3 La Via Làctia

Totes les estrelles que es veuen al cel, es troben en la nostra pròpia galàxia, la Via Làctia. Des de la Terra, sembla una franja d'estrelles que s'estén pel cel nocturn. Per als grecs de l'antiguitat, aquesta franja era la llet la qual Alcmena, una amant mortal de Zeus, va vessar mentre li donava a mamar al seu fill Hèrcules. Va ser per culpa de la gelosia d'Hera, l'esposa del Zeus, que li va arrencar el fill dels braços a Alcmena quan es va assabentar d'aquesta infidelitat del seu marit. Li van posar el nom de γαλαξίας κύκλος (*galaxias kýklos*) que vol dir "cercle lacti". Més tard, els romans la van anomenar *Via Lactea*, tal com la coneixem avui dia, que vol dir "camí de la llet".

La nostra galàxia és una galàxia espiral barrada amb un nucli més gran que els seus braços, els quals es troben una mica atapeïts. El Sistema Solar es troba en un d'ells, a uns 30.000 anys llum del centre.

La Via Làctia forma part d'un conjunt de 40 galàxies més anomenat Grup Local. Una de les galàxies més brillants d'aquest grup és la galàxia d'Andròmeda (M31). La Via Làctia conté un total de 200.000 milions

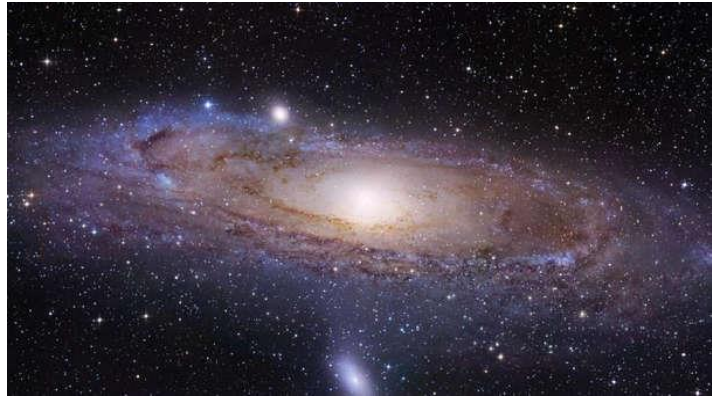


Figura 9. Via Làctia. Font. Noticiaslo

d'estrelles (aproximadament), de les quals, unes 10.000 es poden veure a simple vista. La majoria estan concentrades en els seus braços espirals.

2.2.3.1 Les estrelles

Les estrelles són enormes esferes de gas (principalment d'hidrogen i heli) extremadament calentes i que brillen amb llum pròpia, gràcies a l'energia que es produeix al seu nucli.

ASPECTE I VARIACIÓ DE LES ESTRELLES

Quan s'observa el cel nocturn a simple vista, es veuen les estrelles com simples punts de llum. Unes es poden veure més brillants que les altres i, fins i tot, es pot arribar a distingir algun debòl color ataronjat o blavós en elles, encara que la majoria es mostren de color blanc.

No obstant això, les estrelles són molt més variades del que semblen a ull nu. Hi ha un ampli espectre de mides, temperatures, colors i també d'edats i duració. Aquestes característiques guarden relació unes amb les altres. Per exemple, el color de les estrelles té a veure amb la seva temperatura superficial: les estrelles més calentes són blaves, les més fredes vermelles i, les de temperatura intermèdia són blanques, grogues i taronges.

D'aquesta manera, les estrelles es classifiquen segons les seves característiques del seu espectre en 7 tipus espectrals. De les blaves i calents O a les vermelles i fredes M, en l'ordre següent: O, B, A, F, G, K, M.

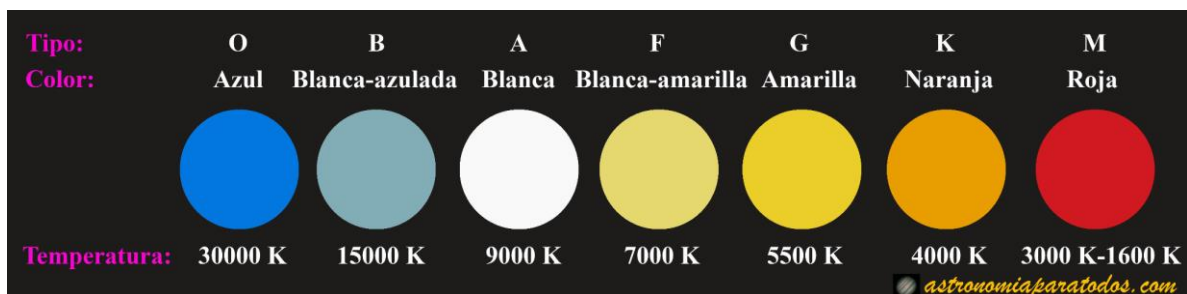


Figura 10. Tipus espectrals de les estrelles segons les seves característiques. Font. Astronomiaparatodos

LLUMINOSITAT I MAGNITUD

La brillantor de les estrelles, s'expressa des de l'antiga Grècia mitjançant una quantitat numèrica anomenada magnitud, i existeixen dos tipus: la magnitud aparent, que indica la brillantor d'una estrella vista des de la Terra, independentment de la seva mida o distància, i la magnitud absoluta, que és la brillantor real de l'astre.

ESTRELLA	MAG. AP.	MAG. AB.	DISTÀNCIA DE LA TERRA
El Sol	-26,74	4,83	149.600.000 km
Rigel	0,13	-7,92	800-900 anys llum
Sírius	-1,47	1,42	8,6 anys llum

Figura 11. Taula amb la comparació de magnituds de diferents estrelles

En totes dues columnes (magnitud aparent i magnitud absoluta), un canvi de +1 expressa una reducció de brillantor, i un de -1, un increment.

En l'escala de magnitud aparent, les estrelles que quasi no es veuen sense instruments són de +6 o +5 i, les més brillants, de +1 o fins i tot de 0. Finalment, les més brillants de totes, comprenen xifres negatives, tal com el Sol.

En l'escala de magnitud absoluta, va des de +20, per algunes estrelles petites molt apagades, fins a -8, per estrelles gegants molt brillants.

VIDA DE LES ESTRELLES

Les estrelles neixen en les nebuloses, quan en aquestes s'acumula una gran quantitat de matèria i col·lapsen a causa de la gravetat. Al llarg de la seva vida, les estrelles passen per diferents etapes, la durada i seqüència de la qual dependrà bàsicament de la seva massa. Quan han completat el seu desenvolupament, retornen el seu material a l'espai interestel·lar, on sorgiran noves estrelles. Recollint el més important, l'evolució estel·lar consta de les següents fases o etapes. Depenent la mida de l'astre, el final serà d'una manera o de l'altre.

-Si l'estel era com el Sol...

Aquests tipus d'estels no canvien en la major part de la seva vida, per tant, utilitzen el mateix combustible tota l'estona. Un cop acabat, l'estrella s'expandeix i es transforma en una estrella gegant vermella. Més tard, començarà a vibrar, cosa que provocarà la separació de les seves capes externes. Aquest fet, produirà una nebulosa planetària i quedarà al nucli una nana blanca (una estrella blanca, densa i petita), resultat del nucli mort l'estrella.

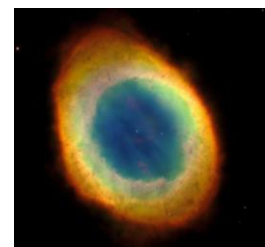


Figura 12. Resultat del final d'una estrella tipus Sol (M57) Font. Wikipedia

-Si l'estel era més massiu que el Sol...

Aquestes consumeixen el seu combustible molt més ràpid, en pocs milions d'anys. A mesura que el gasten, s'inflen i passen a ser estrelles vermelles supergegants. Llavors,

l'estrella acaba col·lapsant i esclata en una explosió anomenada supernova. En aquesta, s'envia a l'espai moltíssima matèria, de tots els elements existents. El nucli restant de l'estrella original és tan dens que es forma una estrella de neutrons (un astre molt petit i molt dens).

Si l'estrella original és molt massiva, la gravetat és tan gran que ni la llum pot escapar, i es forma un forat negre.

ESTRELLES DOBLES I MÚLTIPLES

La majoria de vegades, les estrelles no es troben soles, sinó que formen parelles, trios o fins i tot, cúmuls estel·lars. No és una cosa que es pugui veure a simple vista, doncs, aquest fenomen a ull nu es presenta com un simple punt de llum. En canvi, si s'observa amb un telescopi, es veu clarament que aquesta estrella està acompanyada per dues o més, properes entre si.

Se les anomena estrelles dobles o binàries (si estan formades per dos), estrelles triples (si són 3) i, a partir de 4, se les anomena estrelles múltiples.

A més, les estrelles dobles es classifiquen en dos tipus.

Les **dobles òptiques** estan formades per dues estrelles que, encara que des de la perspectiva terrestre sembla que estiguin juntes, realment estan a molta distància entre elles.

Les **dobles físiques** estan formades per dues estrelles que sí que són properes entre elles, doncs, una gira al voltant de l'altre, formant un sistema binari.

2.3 Mecànica celeste

2.3.1 Moviment de la Terra

El nostre planeta està constantment en moviment. Encara que no es pot percebre, es pot notar a través del moviment d'altres cossos celestes pel firmament. La Terra en té diversos, de moviments, però són dos els més importants, ja que aquests marquen els dies i els anys: el moviment de rotació i translació.

El **moviment de rotació** és el gir en sentit antihorari (oest-est) que efectua la Terra sobre el seu propi eix. Triga a fer-ho aproximadament 24 hores. A mesura que gira, s'experimenten períodes de llum o fosc, cosa que provoca l'existència del dia i la nit. Com que l'eix de la Terra està inclinat uns $23,5^\circ$ respecte a la vertical, provoca el fet que el dia i la nit no durin el mateix i, també, l'existència de les estacions.

Una altra conseqüència del moviment de rotació és el moviment aparent del cel al llarg de la nit, és a dir, que des dels hemisferis en una mateixa nit es pugui veure com canvi l'aspecte del firmament nocturn.

El **moviment de translació** és el que realitza la Terra en donar una volta completa sobre la seva òrbita al voltant del Sol. El temps que triga el nostre planeta a fer aquesta

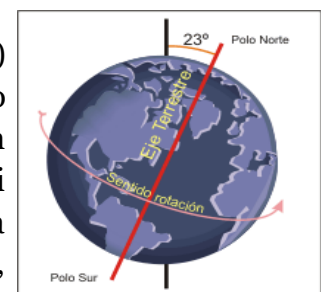


Figura 13. Moviment de rotació de la Terra sobre el seu eix. Font: Wikimedia

volta s'anomena any solar o tròpic, i té una duració de 365 dies, 6 hores i 9,76 minuts. Com que aquesta òrbita és el·líptica i el Sol és un dels focus (primera Llei de Kepler¹) provocarà el fet que la distància entre la Terra i el Sol variï durant l'any. És aquest moviment el que fa que, des de la Terra, es pugui observar com canvia el firmament al llarg de l'any

2.3.2 Esfera Celeste

Els astres es troben escampats per l'espai, a unes distàncies enormes els uns dels altres. No obstant això, observant el cel nocturn des de la Terra, sembla que l'espai és una enorme esfera imaginària que rodeja la Terra, on les estrelles situades en aquesta estan totes a la mateixa distància tant entre elles com de nosaltres.

A més, si s'observa durant una estona, dona la sensació que tota aquesta esfera està girant contínuament al voltant nostre, al voltant d'un eix de rotació que passa per la Terra, el seu centre.

No obstant, se sap de manera científica que això no és cert, doncs, res gira al voltant de la Terra, només la Lluna. Aquesta sensació ve donada del moviment de rotació de la Terra sobre el seu propi eix.

Encara que aquesta idea d'una esfera imaginària sigui només una il·lusió humana, és molt útil pels observadors astronòmics i per elaborar mapes del firmament. És anomenada com l'**Esfera Celeste**.

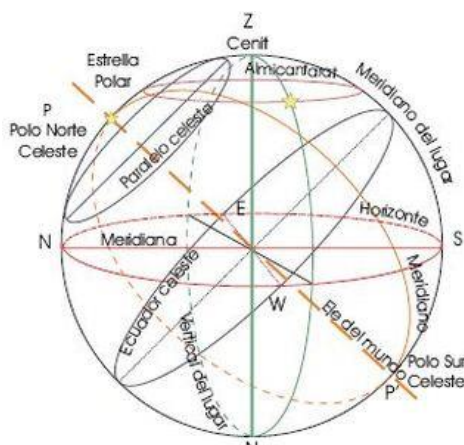


Figura 14. Elements de l'esfera celeste. Font: Iniciación a la astronomía

l'esfera celeste en dos punts, el **Zenit**, situat per sobre de l'observador i el **Nadir**, situat per sota del mateix.

Els **Paral·lels celestes** són cercles menors, paral·lels a l'equador celeste.

L'**Horitzó** és un cercle màxim, perpendicular a la vertical del lloc, que divideix l'esfera celeste en dos hemisferis: el superior o visible i l'inferior o invisible.

Els **Meridians celestes** són els cercles màxim que passen pels pols celestes. De fet, el meridià que passa pel Zenit de l'observador és anomenat **Meridià del Lloc**.

Com l'esfera terrestre, la celeste presenta també diverses característiques i elements importants que permeten situar i localitzar qualsevol astre.

L'**Eix del món** és com una prolongació de l'eix de la Terra, per tant, l'esfera celeste giraria al voltant d'aquest. En cada extrem es troben els pols celestes (Nord i Sud).

Presenta també un equador, anomenat **Equador Celeste**, un pla que divideix l'esfera en l'Hemisferi Nord i Sud.

La **Vertical del lloc** és la direcció de la gravetat en el lloc que es troba l'observador. Aquesta, talla

¹ Primera llei de Kepler (1609): Tots els planetes es desplacen al voltant del Sol descrivint òrbites el·líptiques. El Sol es troba en un dels focus de l'el·lipse. Font: *Wikipedia*

2.3.2.1 Sistema de coordenades equatorials

Per a localitzar els objectes celestes, es necessita un sistema de coordenades, doncs, coneixent les coordenades d'un astre es podria identificar al cel.

L'equador celeste seria l'equivalent a l'equador terrestre, el paral·lel zero. A més, igual que en la Terra, s'ha hagut d'escollir un meridià com a meridià zero, ja que no hi havia cap definit com a tal.

Per a fer-ho, es va tenir en compte altres elements de l'esfera celeste, com per exemple l'**eclíptica**. Aquesta, és la trajectòria aparent del Sol en l'esfera celeste. És un cercle màxim que forma un angle de $23^{\circ} 27'$ amb l'equador celeste. Això fa que aquests dos es creuin en dos punts diferents: el Punt Àries (γ), coincident amb l'equinocci de primavera, el 21 de març, i el Punt Libra, coincident amb l'equinocci de tardor, el 23 de setembre.

Per aquest fet, es va escollir com a meridià celeste zero el que passa pel Punt Àries i el Punt Libra, anomenat **cercle dels equinoccis**.

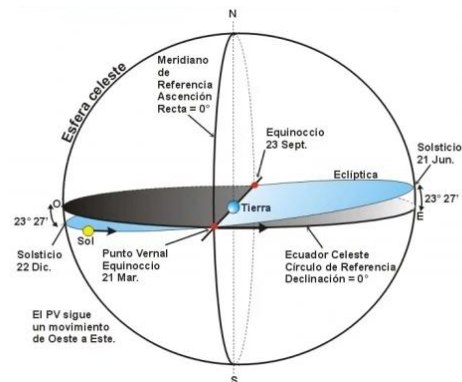


Figura 15. Eclíptica del Sol per l'esfera celeste.
Font. Wikia

Amb tots aquests elements fixats, es va crear un sistema de coordenades celestes, semblant a l'utilitzat en l'esfera terrestre. Aquest, ajuda als astrònoms a determinar amb precisió la posició de qualsevol objecte de l'esfera celeste, doncs, cadascun està localitzat per dues coordenades, l'ascensió recta (equivalent a la longitud terrestre) i la declinació (equivalent a la latitud terrestre).

La **declinació** és l'angle que forma l'astre amb l'equador celeste. Es mesura amb graus sexagesimals (de 60 en 60). Aquests, seran positius des de l'equador (0°) fins al Pol Nord (90°) i negatius des de l'equador (0°) fins al Pol Sud (-90°).

Cada grau de declinació té 60 minuts d'arc ($'$) i cada minut d'arc, té 60 segons d'arc ($''$). Aquestes coordenades són universals, doncs, no depenen ni del lloc ni del moment de l'observació.

L'**Ascensió recta** (AR) és l'angle que forma l'astre amb el punt Àries, per l'equador celeste. Aquest, es mesura en sentit contrari de les agulles del rellotge i està expressat en hores, minuts i segons.

Llavors, va des de les 0 hores (en el Punt Àries) fins a les 24 hores (Punt Àries de nou, després d'haver fet una volta sencera a l'equador).

Cada hora d'ascensió recta equival a 15° . El cel queda dividit en 24 hores (h) d'ascensió recta, de les quals cadascuna conté 60 minuts (m).

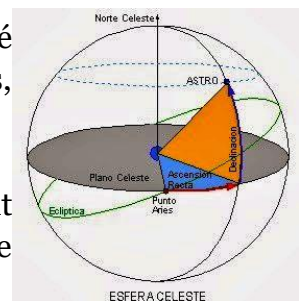


Figura 16. AR i Declinació
Font. Astroillusion

2.3.3 Moviment aparent dels astres en l'esfera celeste

Amb un parell d'hores sota el cel nocturn, es pot observar com el firmament, d'una manera lenta, sembla girar al voltant de la Terra. Però el cel estrellat no només va canviant amb el transcórrer de la nit, sinó que també ho fa amb els mesos, de manera que al llarg de tot un any es pot contemplar una gran varietat d'objectes i constel·lacions, moltes d'elles visibles únicament en una estació concreta.

De la mateixa manera que pel dia, i a mesura que passen les hores, el Sol sembla que es mogui pel cel, creuant l'esfera celeste d'una banda a l'altra de l'horitzó, durant la nit succeeix el mateix efecte amb les estrelles. És a dir, sembla que tota l'esfera celeste gira al voltant de nosaltres, de la Terra, en sentit Est-Oest.

No obstant això, l'esfera celeste està constantment immòbil, i és la Terra la que es mou, que gira en aproximadament 24 hores al voltant del seu eix, en sentit Oest-Est. Aquesta rotació de la Terra és justament la que provoca el moviment aparent dels astres.

Del cicle de les estrelles cal destacar tres moments importants. L'**Ortus** és l'aparició de les estrelles. Aquestes, surten per l'Est. Després, puguen en direcció Sud fins a arribar al meridià de lloc. Aquest punt s'anomena **Culminació**, i és el moment en el qual l'astre arriba al seu punt més alt (respecte a l'horitzó) en el cel. I finalment, les estrelles baixen en el cel fins a ocultar-se per l'Oest, moment anomenat **Ocàs**.

Ara bé, en l'hemisferi nord, hi ha una estrella que aparentment no gira i sembla estar quieta, l'estrella Polar. Aquesta, és molt pròxima al Pol Nord Celeste (PNC), lloc el qual apunta l'eix de rotació de l'hemisferi boreal de la Terra.

Mentre la Terra gira sobre si mateixa, aquesta estrella està "quasi" immòbil en el cel, però en realitat, l'estrella Polar fa un gir complet al voltant del PNC, encara que és tan petit que no és perceptible per l'ull humà (punt 3.3.1.1).

Les estrelles que es troben al voltant de la Polar, són les anomenades estrelles circumpolars. Aquestes són sempre visibles al firmament, doncs, mai es posen. A més, es poden veure a qualsevol hora del dia (si no fos pel Sol també es podrien veure de dia) i qualsevol dia de l'any. Reben aquest nom pel fet que, en l'hemisferi nord, sembla que girin al voltant de l'estrella Polar.

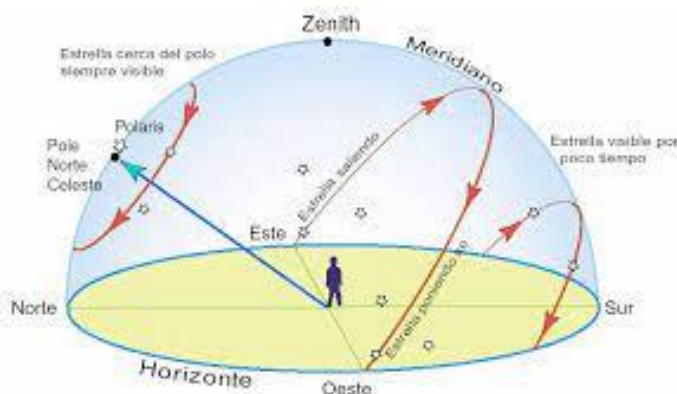


Figura 17. Moviment aparent dels astres en l'hemisferi Nord.
Font. AstronPos

A l'hemisferi sud, en canvi, no hi ha cap estrella a la qual apunti l'eix de la Terra. No obstant això, hi ha una estrella propera al Pol Sud Celeste, encara que molt dèbil i quasi imperceptible a simple vista, la *Sigma Octantis* (σ Oct). El seu nom propi és *Polaris Australis* i això és degut justament per ser l'estrella

polar de l'hemisferi sud, l'equivalent a la Polar en l'hemisferi nord.

A part de el canvi de l'aspecte del cel en una sola nit, aquest també varia al llarg de l'any. Fixant-se en el lloc que ocupa en el cel una constel·lació en un dia i una hora en concret, l'endemà semblarà estar en el mateix lloc, però no és així. En realitat, aquella constel·lació s'haurà mogut un arc d' 1° cap a l'Est. Al cap de dues setmanes, s'haurà mogut un arc de 15° . 6 mesos després, la trobarem en la posició oposada (180°) i 12 mesos més tard, tornarà al seu lloc d'origen (360°).

Aquest altre moviment aparent dels astres al llarg de l'any, és degut a la translació de la Terra al voltant del Sol.

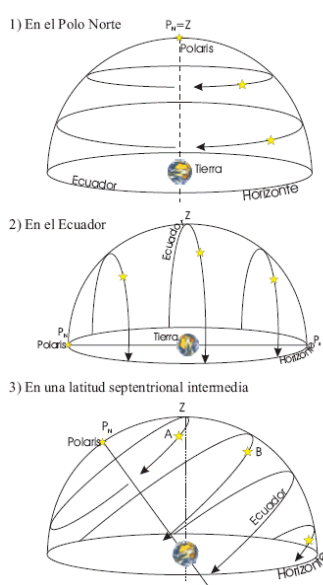


Figura 18. Moviment aparent dels astres des de diferents latituds. Font: Iniciala astronomia

No obstant això, el moviment aparent de les estrelles en el cel dependrà de la latitud respecte a l'horitzó que ens trobem.

Des del Pol Nord (90° N), l'estrella Polar està situada al zenit, és a dir, just a sobre del cap de l'observador. Les estrelles traçaran circumferències paral·leles a l'horitzó, de manera que cap sortirà ni es pondrà. Al Pol Sud (90° S) passa una cosa semblant, però sense cap estrella al zenit.

En l'equador (0°), els dos pols celestes es trobaran en l'horitzó, un al nord i l'altre al sud. Totes les estrelles (excepte la Polar, que està a l'horitzó) semblen sortir en vertical per l'est, pujar fins al zenit i, finalment, baixar rectes per posar-se a l'oest.

Des d'una latitud mitjana (40° N), hi haurà estrelles que surtin per l'est per a després travessar el cel pel sud i, finalment, posar-se a l'oest. Però, en canvi, hi haurà d'altres que descriuran cercles al voltant del PNC, les estrelles circumpolars.

2.4 L'observació del firmament nocturn

2.4.1 Instruments astronòmics

Els ulls serien el primer "instrument" que s'utilitza a l'hora d'observar el firmament nocturn. La quantitat d'objectes visibles a ull nu dependrà de la qualitat del cel en el que es troba l'observador.

Ara bé, pràcticament, tots els objectes celestes són poc lluminosos i extremadament distants, tant de la Terra com entre ells. És per això que, si es desitja profunditzar en l'observació dels cossos celestes, es necessiten uns instruments astronòmics concrets que permetin veure més i millor. La funció d'aquests és captar tota la llum i augmentar la imatge.

En aquest procés, es poden diferenciar 2 components importants: un **objectiu o mirall**, que capta la llum que emet un objecte i la desvia, concentrant-la en un punt anomenat focus per a formar una imatge. Finalment, un **ocular** l'engrandeix.

La distància existent entre l'objectiu i el focus s'anomena **distància focal de l'objectiu (F)**. Es mesura amb mil·límetres, i sol aparèixer escrita en l'instrument al costat del diàmetre (D) de l'objectiu, també en mil·límetres. Contra més gran l'objectiu, més llum recollirà l'instrument.

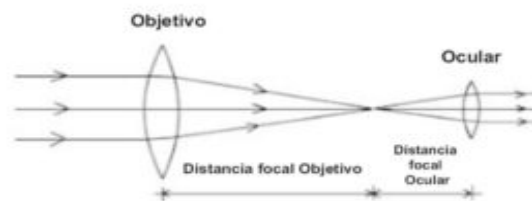


Figura 19. Distància focal de l'objectiu i l'ocular. Font: Astrollusion

Per l'altre banda, la distància existent entre el focus i el centre de la lent de l'ocular s'anomena **distància focal de l'ocular**.

El fet de veure millor i més gran un objecte celeste, depèn de 2 conceptes: la lluminositat i els augments.

La lluminositat és la quantitat de llum que recull l'instrument, doncs, contra més lluminositat, millor es podran veure els objectes dèbils. Aquesta, depèn del diàmetre de l'objectiu (D) i de la distància focal de l'objectiu (F).

Per a calcular-la, s'ha de dividir la distància focal entre el diàmetre de l'objectiu. Aquesta operació, dona un valor molt important: el **número f o relació focal**. Contra més gran el número f, menys lluminositat i, contra menys gran, més serà la lluminositat.

$$\text{número } f = \frac{\text{distància focal objectiu (F)}}{\text{diàmetre objectiu (D)}}$$

Figura 20. Fórmula número f

$$\text{Augment} = \frac{DF}{df}$$

Figura 21. Fórmula augments

L'augment és el que fa veure els objectes més grans. Depèn de la distància focal de l'objectiu i la distància focal de l'ocular. De fet, és l'ocular la peça que defineix l'augment de l'instrument a cada moment.

El nombre d'augments es calcula dividint la distància focal de l'objectiu (DF) entre la distància focal de l'ocular

(df), expressades totes dues en mil·límetres.

El resultat d'aquesta operació no vol dir que es veuen els objectes X cops més grans, sinó que es veuran com si estiguessin X cops més a prop de l'observador.

Ara bé, existeix un augment màxim suportable. Passar-se d'augment pot portar a observar imatges fosques, borroses i impossibles d'enfocar. Tot dependrà de les condicions atmosfèriques que es donin i de la qualitat del cel nocturn en el que es troba l'observador, a més de la magnitud de l'objecte que es vulgui observar.

2.4.1.1 Binoculars

Els prismàtics, anomenats també binoculars, són un instrument òptic petit molt útil, doncs, són lleugers, fàcils i còmodes d'utilitzar per a observar el firmament nocturn. A més, permeten veure les imatges en la seva posició correcta, sense invertir-les, a diferència dels telescopis.

Els binoculars són dos telescopis paral·lels de baixa potència units pel centre, per a formar un sol instrument. En aquests, la llum entra per l'objectiu per a després concentrar-se en un punt, el focus. Finalment, la imatge del focus és recollida i ampliada per l'ocular, el qual es troba en l'altre extrem dels petits telescopis, en els quals posem els ulls.

Entre l'objectiu i l'ocular hi ha també uns prismes que s'encarreguen de posar recta la imatge. D'aquesta manera, no es veuen les coses de l'inrevés. La llum passa pels prismes i realitza una sèrie de reflexions i és així com la imatge es posa recta.

Existeixen 2 dissenys principals de prismes: els prismes porro i els prismes Roof (o de sostre). Els tipus porro, tenen 4 reflexions i desvien la llum que entra per l'objectiu en una mena d'elles invertides. En canvi, els tipus Roof tenen més reflexions i fan que la llum que entra per l'objectiu surti recta per l'ocular.

En conseqüència, els prismàtics amb prismes Roof tenen un disseny recte i, per tant, són més lleugers i còmodes d'utilitzar. No obstant això, en aquest tipus de prismàtics, la llum es reflecteix més cops dins dels prismes respecte a l'altre disseny (6 cops) i això farà que, a posteriori, la imatge perdi qualitat.

Per l'altra banda, els prismàtics amb prismes porro són més voluminosos, encara que més senzills de construir que els de sostre, per tant, són més barats que els prismàtics amb prismes Roof. L'avantatge d'aquest sistema, és que la llum es reflecteix menys cops dins del prisma (quatre), i com a resultat, hi ha menys pèrdua de llum i de qualitat de la imatge.

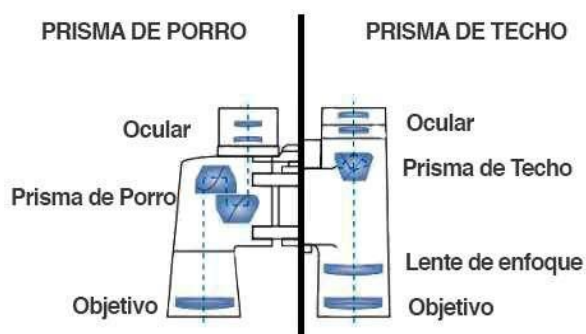


Figura 22. Disseny interior dels 2 tipus de prismes. Font. Cosmik

En els binoculars, ve detallat el tipus de material amb el qual està fet el prisma, doncs, perquè siguin de qualitat, hauria de ser de vidre. Són dos els tipus de vidre més comuns: BK-4 (construïts amb vidre de bari) i BK-7 (construïts amb boro-silicat).

Els BK-4 produeixen imatges més clares i lluminoses, en canvi, els BK-7 originen una mena d'ombres a les cantonades.

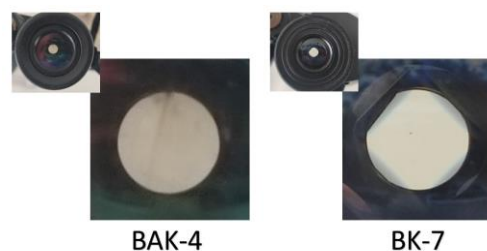


Figura 23. Comparació de la qualitat d'imatge en els diferents prismes. Font. WordPress

Les parts exteriors d'uns prismàtics són les següents:



Figura 24. Parts de l'exterior d'uns prismàtics. Font: Slideshare

-Els **objectius** i els **oculars**, situats en els extrems dels tubs, oposadament.

-Entre els dos tubs, a la part central, la **roda d'enfocament**, és a dir, l'enfocador i, a l'extrem, l'**adaptador de trípod**.

-I finalment, el **corrector de diòptries**, situat en l'ocular dret. Aquest, serveix per enfocar els objectes segons la nostra vista.

A més, els binoculars tenen una informació gravada.

- L'**obertura** i l'**augment**, són els paràmetres fonamentals dels prismàtics. Sempre solen aparèixer escrits al costat d'un dels oculars seguint el següent patró: dos números separats per una 'x', on primer representa els augments i el segon, el diàmetre de l'objectiu, mesurat en mil·límetres (l'obertura de l'objectiu).
- Al seu costat pot aparèixer també el camp visual (*FOV* són les sigles en anglès, de *Field Of View*), que és el camp que abasten els prismàtics, és a dir, l'ampli de l'àrea que s'observa a través d'ells. Es mesura en graus, i està molt relacionat amb els augments: contra més augments, menys camps de visió.

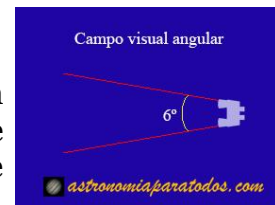


Figura 25. Representació del camp visual en graus. Font: Astronomiaparatodos

Uns prismàtics no proporcionen els mateixos augments que un telescopi. No obstant això, el seu camp de visió és molt més ampli, i amb ells es poden observar, per exemple, els cràters de la Lluna, els satèl·lits de Júpiter, cúmuls estel·lars, i algunes nebuloses, galàxies i estrelles dobles.

Un altre aspecte important dels binoculars és la pupil·la de sortida, que és el diàmetre (en mil·límetres) del feix de llum que surt pels oculars. Contra més pupil·la de sortida, més quantitat de llum sortirà pels oculars.

Aquesta, no ve indicada en cap part dels prismàtics, però hi ha una manera de calcular-la: dividir el diàmetre de l'objectiu entre els augments. Per exemple, uns prismàtics 7x50, tenen una pupil·la de sortida de 7,1 mm ($50:7=7,1$).

Depenent l'edat, la pupil·la d'un ésser humà es dilata com a màxim uns 6-7 mm. Els prismàtics adequats seran aquells que proporcionin la quantitat més gran de llum a l'ull de l'observador, per tant, seran aquells que tinguin la pupil·la de sortida més similar al diàmetre de la nostra pupil·la dilatada, ja que, amb pupil·les de sortida majors, no s'aprofitarà tota la llum que recullen els prismàtics i, amb pupil·les de sortida menors, les imatges seran fosques i poc clares.

2.4.1.2 Telescopis

Un telescopi és un instrument òptic que permet capturar la llum per així poder observar objectes que són d'una brillantor molt baixa o que es troben a grans distàncies, inaccessible per a la vista humana.

El que fan és recollir la llum dels objectes i la concentren en un punt, el focus. Allà, es forma una imatge que, finalment, serà ampliada. En aquest procés, són dos els components primordials (per qualsevol telescopi): l'objectiu i l'ocular.

L'objectiu és l'encarregat de captar la llum. Està compost per lents o bé miralls, d'una certa curvatura els dos, els quals desvien els raigs de llum cap al focus, on es concentren i s'obté una imatge nítida de l'objecte.

L'ocular, que és sempre una lent, s'encarrega de recollir la llum del focus i d'augmentar-la.

Tots els telescopis, siguin del tipus que siguin, tenen uns elements comuns.



Figura 26. Parts del telescopi. Font. AstroAficion

-L'**objectiu** es troba dins del **tubo**, en un dels extrems. La longitud d'aquest tub dependrà de la distància focal de l'objectiu.

-L'**ocular** està acoblat al tub a través del **porta ocular**.

-El **buscador** és un telescopi menor adossat al tub. Aquest, ofereix pocs augments i abasta un camp de cel bastant gran, doncs, la seva finalitat és trobar els objectes que es vulguin observar. Localitza i dirigeix el telescopi fins a l'objecte principal.

-Per a contrarestar el pes del tub i els seus accessoris i mantenir el conjunt equilibrat, els telescopis disposen d'una barra amb uns discos, els **contrapesos**. Aquests, s'ajusten depenent del que pesi el tub.

-El tub es munta sobre una muntura. Aquesta, uneix el trípode al telescopi, al qual s'encarrega de sostenir-ho. Permet realitzar un seguiment dels objectes observats, compensant el moviment de rotació de la Terra.

En funció del seu moviment, existeixen dos tipus: les altazimutals (realitzades en l'eix d'azimut i l'eix d'altitud) i les equatorials (realitzades alineant l'eix d'Ascensió Recta (AR) amb l'eix de rotació terrestre).

Segons el sistema utilitzat per captar la llum i dirigir-la al focus, els telescopis es divideixen en tres tipus fonamentals: telescopis refractors, telescopis reflectors i telescopis catadiòptrics.

2.4.2 Astrofotografia amb càmera reflex

Fotografiar el firmament, entre d'altres, permet registrar coses que l'ull humà no pot veure per si sol, gràcies a les llargues exposicions que acumulen llum.

És cert que amb una càmera unida a instruments com el telescopi o dispositius de seguiment, el resultat de les fotografies serà excel·lent. No obstant això, aquesta tecnologia és bastant cara. Una càmera senzilla muntada en un trípode amb una lent normal, serà suficient per fer bones imatges de les estrelles i constel·lacions del firmament.

2.4.2.1 Ajustos

S'han de tenir en compte alguns ajustos a l'hora de realitzar fotografies del firmament, els quals es troben relacionats amb com serà captada la llum per la càmera.

Obertura del diafragma: s'indica pel valor f . Regula l'entrada de llum en l'objectiu.

A menor *número f*. d'obertura, més obert estarà el diafragma, per tant, més llum deixa passar. Per l'altra banda, a major *número f*. d'obertura, menys obert està el diafragma i, per tant, menys llum deixarà passar.

S'ha de tenir en compte que l'obertura del diafragma afecta la profunditat del camp (quantitat d'escena que surt enfocada a la fotografia). Amb valors alts de f , tot queda més nítid i enfocat (profunditat de camp gran). En canvi, amb valors baixos, s'obté menys profunditat de camp, amb la qual s'aconsegueix un fons borrós a la imatge.

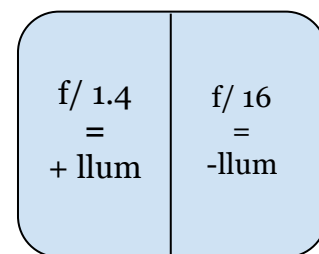


Figura 27. Representació del funcionament del número f

ISO: indica la sensibilitat del sensor de la càmera a la llum que rebí. Va dels números 100 fins al 6400. Contra més gran l'ISO, més sensible serà el sensor a la llum, però, a la vegada, generarà soroll a la fotografia (granulat o punts). Al contrari, a més petita l'ISO, hi haurà menys sensibilitat de la llum, però millor serà la qualitat de la imatge.

Velocitat de l'obturador: és el temps en el qual l'obturador de la càmera està obert. Generalment, són valors entre els 30 segons i fraccions de segons. Contra més temps estigui obert l'obturador, més llum entrarà i més moviment es captarà. Per l'altra banda, a menys temps, menys llum captarà la càmera, però es podrà "congelar" l'escena.

BULB: és un dels modes de la càmera i està relacionat amb la velocitat de l'obturador. Permet tenir obert l'obturador per un temps indefinit, més enllà del màxim permès

per la càmera. Amb aquest sistema, l'obturador s'obre i es tanca de forma manual, prement-lo.

En definitiva, una bona exposició s'aconsegueix combinant bé tots aquests paràmetres, de manera que es complementin els uns als altres.

2.4.2.2 Materials

Per a fotografiar el firmament nocturn, es necessita una càmera que permeti tenir l'obturador obert almenys fins als 30 segons o que tingui el mode BULB. Cal controlar també els tres ajustos principals (velocitat de l'obturador, ISO i obertura del diafragma) per configurar la imatge i que quedi bé.

Per a realitzar fotografies de llarga exposició, és imprescindible un trípode estable i resistent, doncs, qualsevol moviment pot espatllar la imatge. A part, és necessari un disparador remot per evitar vibracions, sobretot si s'està utilitzant el mode BULB.

Depenent quin objecte es vol fotografiar, es necessita un objectiu amb més o menys distància focal. Per a fer fotos de les estrelles i constel·lacions, n'hi ha prou amb un objectiu de distància focal curta (gran angular, 15-24 mm). Si el que es vol és fotografiar objectes del cel profund, es necessita un altre tipus d'objectiu de distància focal més llarga, el teleobjectiu (a partir de 100 mm).

A major distància focal, més gran es veuran els objectes en la càmera, però alhora, més es veuran les estrelles com petites ratlles en lloc de punts, a causa del moviment de la Terra.

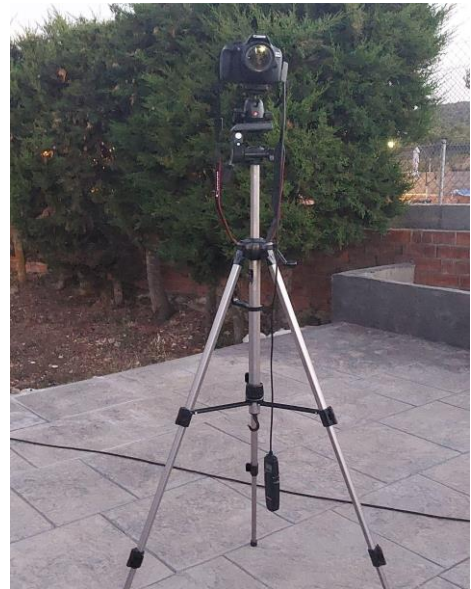


Figura 28. Càmera reflex amb un disparador remot ajustada a un trípode

2.4.3 Les constel·lacions

L'esfera celeste es presenta plegada d'estrelles repartides aleatòriament. Els pobles antics de la Terra les van agrupar de forma imaginària, de manera que prenien formes a partir d'unions de línies. Aquests patrons els identificaven amb animals, éssers mitològics o altres tipus d'objectes.

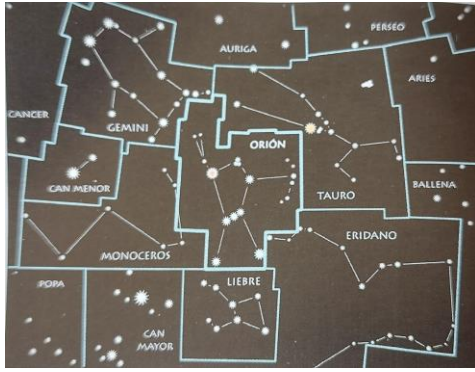


Figura 29. Límits establerts per la UAI. Font: Equiposirius

En aquells temps, les constel·lacions eren el mateix dibuix, sense existir límits definits entre elles. No obstant això, a final de la dècada dels anys vint del segle passat, la Unió Astronòmica Internacional (UAI, per les sigles en anglès d' *International Astronomical Union*), va fixar el número total de constel·lacions en 88, definint els límits exactes entre totes elles. Des de llavors, les constel·lacions van passar a ser parcel·les del cel de diferents mides i encaixades entre si. D'aquesta manera, s'ha facilitat l'estudi del firmament i els seus astres.

Des de la Terra, les estrelles es veuen des d'un mateix pla, doncs, sembla que estiguin totes molt a prop de les altres. No obstant això, les estrelles d'una constel·lació estan a distàncies enormes entre si, i més lluny unes que altres de la Terra. Aquesta proximitat aparent és deguda al fet que nosaltres veiem totes les estrelles projectades sobre l'esfera celeste.

Hi ha tres formes per nomenar una constel·lació: mitjançant el seu nom oficial (la denominació original en llatí), amb una abreviatura composta per tres lletres o utilitzant la traducció a la teva llengua materna (en el meu cas, castellà o català). Això no obstant, a l'àmbit professional és freqüent fer servir la denominació oficial de les constel·lacions, per unificar la terminologia entre els astrònoms de diferents països i, així, evitar possibles confusions a causa de la llengua.

Existeixen també conjunts d'estrelles que formen determinades figures al cel nocturn des de la Terra, els asterismes. Aquests, a diferència de les constel·lacions, no tenen reconeixement oficial per part de la comunitat científica. Són freqüentment formes simples que contenen algunes estrelles brillants, cosa que les fa més fàcils d'identificar. Pot haver-hi el cas en el qual l'asterisme es troba dins (en l'interior) d'una constel·lació o quan les estrelles components del mateix asterisme pertanyen a diferents constel·lacions.

La majoria de les estrelles més destacades de les constel·lacions tenen nom propi, el qual sol procedir de la mitologia grega, de la cultura àrab o d'origen camperol, entre d'altres.

L'astrònom Johann Bayer va introduir a principis del segle XVII un sistema de denominació de les estrelles, la *nomenclatura de Bayer*. Aquest, consisteix en assignar a cada estrella una lletra grega minúscula de l'alfabet grec, seguit del genitiu llatí de la constel·lació a la qual pertany. La primera lletra, que és α (alfa), és assignada a l'estrella més brillant de la constel·lació, a la següent, se li assigna la lletra β (beta), i així successivament fins a arribar a l'última lletra: ω (omega).

De vegades també s'utilitza la mateixa lletra grega per nomenar 2 o més estrelles, que sol passar quan aquestes són molt pròximes. Llavors, per a diferenciar-les, la lletra portarà a sobre un número que va de l'1 cap endavant: α^1 (alfa 1), α^2 (alfa 2). Per designar les estrelles més brillants d'una constel·lació, es poden fer servir també números, que van augmentant en sentit Oest-Est.

2.4.3.1 Franja del Zodíac

En l'esfera celeste, hi ha una franja imaginària que s'estén uns 8-9° a cada costat de l'eclíptica (punt 2.3.2.1), anomenada Zodíac, que en grec vol dir "cercle d'animals", ja que les figures que la componen representen animals.

L'eclíptica travessa tretze constel·lacions que es troben en la franja del zodíac, i són conegudes com les constel·lacions zodiacals. En canvi, el zodíac astrològic es divideix en dotze regions iguals (excloent la constel·lació d'Ofiüc), que van rebre el nom de signes del zodíac, les quals duren 30 o 31 dies cadascuna.

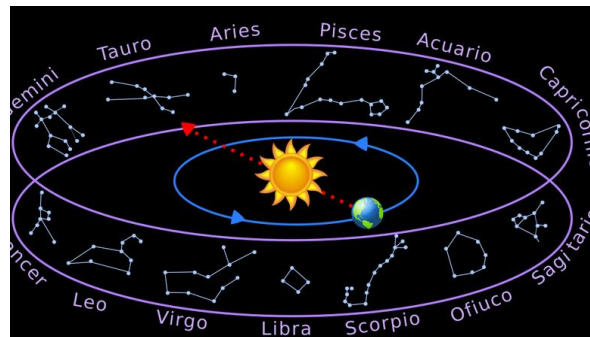


Figura 30. Franja del Zodíac. Font. Elsoldemexico

El zodíac constitueix aproximadament una sisena part de la superfície de l'esfera celeste i l'eclíptica travessa el seu centre. El Sol passa un determinat temps en cada constel·lació del zodíac, però les dates en les quals ho fa, no correspon amb la dels signes zodiacals astrològics, ja que les constel·lacions no tenen totes la mateixa mida.

El zodíac constitueix aproximadament una sisena part de la superfície de l'esfera celeste i l'eclíptica travessa el seu centre. El Sol passa un determinat temps en cada constel·lació del zodíac, però les dates en les quals ho fa, no correspon amb la dels signes zodiacals astrològics, ja que les constel·lacions no tenen totes la mateixa mida.

Quan el Sol travessa una àrea donada del zodíac, les estrelles d'aquella part de l'esfera celeste queden ocultes per la brillantor del Sol. És així que les constel·lacions visibles des de la Terra, seran sempre les que es trobin en la part oposada d'on es troba el Sol en aquell moment.

2.4.4 Mapes del firmament nocturn

Els mapes del cel nocturn ajuden a orientar-se pel firmament, doncs, permeten localitzar les estrelles i les constel·lacions en una data i hora determinada. La majoria funcionen en temps universal coordinat (UTC), és a dir, l'hora del meridià de Greenwich. Es fa d'aquesta manera perquè és un sistema horari que resulta ser el mateix per a tots llocs de la Terra, on l'hora de cada un d'ells és diferent. D'aquesta manera, només s'ha de restar o sumar un nombre determinat d'hores a la del UTC per a saber quina és l'hora local d'un lloc en concret.

Aquests mapes, es creen dividint l'esfera celeste en seccions i, aplanant-les, es formen diversos mapes plans.

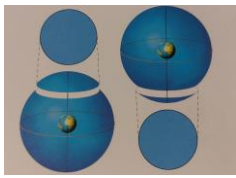


Figura 31. Mapa polar boreal i austral.
Font. ISBN: 84-86115-43-4, P.17

El mapa polar boreal està centrat en el pol nord celeste, i va des dels 50 °N als 90 °N. Per l'altra part, el mapa polar austral, centrat en el pol sud celeste, va del 50 °S als 90 °S.

-Aparentment, el Sol sembla que es mogui a través de les constel·lacions del zodíac per l'eclíptica. En només un mes, sembla haver recorregut una 12a part de l'esfera celeste, mentre que va canviant de constel·lació zodiacal. Per a seguir el seu curs, s'utilitzen els mapes equatorials. Aquests, són diversos mapes que, en conjunt, abasten els 360° de l'esfera celeste i, d'alt, 30° (aprox.) a cada costat de l'equador celeste. Inclou també la franja zodiacal on, a més, circulen els planetes brillants, la Lluna i el Sol. Com el firmament nocturn sembla que es mogui d'est a oest, aquests mapes s'utilitzen de dreta a esquerra, començant per gener i acabant al desembre.

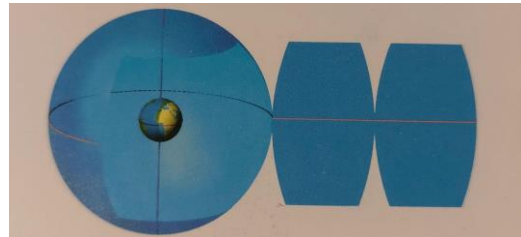


Figura 32. Mapa equatorial. Font. ISBN: 84-86115-43-4, P.17

No obstant això, d'una estació a un altre i d'una hora a un altre, el cel canvia contínuament i, per a orientar-se, existeixen mapes celestes que segueixen aquest moviment, de manera que mostren el cel en un lloc determinat de la Terra a una hora d'observació concreta.

El planisferi celeste és un gran exemple. Aquest, està format per un mapa estel·lar circular pla, col·locat dins d'una base circular protectora. Aquests dos elements giren lliurement entre ells i es poden ajustar, de manera que permeten mostrar el firmament nocturn en qualsevol lloc i data determinada.



Figura 33. Planisferi celeste i les seves parts.
Font. Elgranobservatorio

En el mapa circular apareixen les constel·lacions amb els seus noms, l'eclíptica del Sol, la franja difusa de la Via Làctia, línies de referència per a localitzar un astre al cel, i un calendari circular (a la vora del disc) amb els dotze mesos de l'any, distribuïts en seccions d'1 o 5 dies.

La base protectora té una finestra on se situarà el mapa circular, que serà la porció de cel visible, rodejada dels punts cardinals. A la vora, es troben les 24 hores del dia, dividides en intervals de 10, 15 o 30 minuts.

Els planisferis celestes es dissenyen per a una latitud determinada. Aquesta, s'ha de mencionar al mateix planisferi amb un interval de números i una lletra: N, que fa referència al Nord, o S que fa referència al Sud.

No obstant, amb les noves tecnologies, s'han creat aplicacions i webs de mapes del firmament nocturn, molt més completes, interactives i precises.

L'*Stellarium* (<https://stellarium.org/es/>) és una de les més famoses. Es tracta d'una aplicació que funciona com un mapa d'estrelles interactiu i funciona tant per l'ordinador com pel mòbil. Opera simulant la vista esfèrica del cel, en la qual és possible observar diversos cossos celestes com les estrelles, les constel·lacions, els planetes i els objectes de cel profund. Té l'opció de prendre les coordenades geogràfiques de qualsevol lloc de la Terra, de manera que serà possible observar el cel de qualsevol part del món. La visualització és a temps real, però també es pot canviar, amb la qual cosa és possible també observar el cel en qualsevol moment.

Apart d'afectar a l'àmbit astronòmic, aquest tipus de contaminació és perjudicial per certs tipus d'aus i altres animals que necessiten la foscor per viure.

2.4.5 Contaminació lumínica

La contaminació lumínica és un dels principals factors que amenacen la qualitat per l'observació astronòmica. Es tracta d'un problema que afecta principalment a les ciutats, produït principalment per l'excés de llum artificial destinada a l'enllumenat públic.

A més d'afectar en l'àmbit astronòmic, aquest tipus de contaminació és també perjudicial per certs tipus d'aus i altres animals que necessiten la foscor per viure.

La direcció cap a la qual s'ubica la il·luminació, és també una de les causes principals de la contaminació lumínica.

Aquesta contaminació augmenta la lluentor del cel nocturn, a través de la difusió de la llum artificial en les partícules que conformen l'atmosfera terrestre, de manera que es disminueix la visibilitat dels cossos celestes.

De fet, per aquest problema, les fotos del cel nocturn fetes des de llocs on hi ha molta contaminació lumínica, surten amb aberracions, amb un color ataronjat i poc enfocades. Es tracta d'una llum paràsita que es reflecteix en la lent de la càmera i que provoca que les imatges no tinguin tanta qualitat.

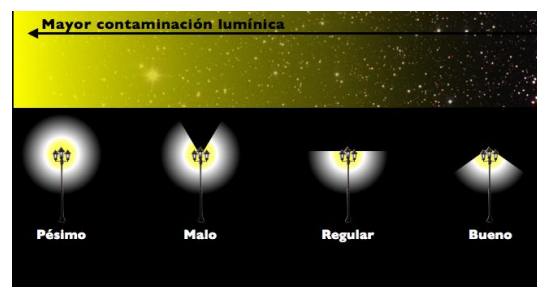


Figura 34. Direcció de la llum artificial, d'esquerra (major cont.lumínica) a dreta (menor cont.lumínica). Font. Astroscu

Allunyar-se dels nuclis urbans és una de les solucions. La llum residual disminuirà i deixarà veure adequadament les constel·lacions, a més d'aconseguir captar millors fotografies.

2.4.5.1 Escala del cel fosc de Bortle

L'escala del cel fosc de Bortle va ser creada per John E. Bortle l'any 2001. El seu objectiu és mesurar la lluentor del cel nocturn. Aquesta, té 9 nivells, sent el nivell 1 el dels cels més foscos existents a la Terra i el nivell 9 el dels cels vistos des del centre d'una ciutat. Indica també la magnitud dels objectes celestes que es podran observar en cada nivell.

Clase	Color	Magnitud límite simple vista
1	Black	7.6 - 8.0
2	Dark Grey	7.1 - 7.5
3	Blue	6.6 - 7.0
4	Light Green	6.1 - 6.5
5	Yellow	5.6 - 6.0
6	Orange	5.1 - 5.5
7	Red	<5.0
8	White	<4.5
9	White	<4.0

Per a saber quin nivell en l'escala Bortle es troba un lloc determinat, existeixen aplicacions i webs que ho indiquen. Un exemple és l'aplicació "Good To Stargaze for Astronomers" (<https://www.goodtostargaze.com/>), la qual ofereix molta informació sobre les condicions meteorològiques del lloc i moment que es desitgi saber.

Figura 35. Escala Bortle. Font: Wikipedia

3. PART PRÀCTICA

3.1 Creació d'un planisferi celeste

He creat el meu propi planisferi celeste, ja que, a part de ser un instrument astronòmic senzill de crear, m'ha ajudat i servit molt a l'hora d'escollir quines constel·lacions van ser les perfectes per a observar en un moment determinat de l'any, i així poder fer un seguiment d'elles pels punts 3.3.2 i 3.3.3 (moviment dels astres en tota una nit i al llarg del temps).

Primerament, he hagut de buscar plantilles compatibles amb la latitud d'Espanya, que és des d'on he realitzat tot el treball. A Espanya (a la península) les latituds van des dels 36 °N fins als 43 °N, per tant, un planisferi celeste ideal hauria de ser pròxim als 40 °N de latitud. Amb totes aquestes dades, vaig buscar unes plantilles amb aquestes característiques. En concret, vaig utilitzar la plantilla de la web: <https://astroaficion.com/descargar-planisferio-celeste/>.

Aquesta, està dissenyada per funcionar als 40 °N, tal com ho indica en la pàgina web.

3.1.1 Muntatge

Un cop fet tot això, vaig imprimir les plantilles. El mapa circular el vaig imprimir en paper fotogràfic, en canvi, la base protectora en paper normal, ja que, més tard, la vaig enganxar a la cartolina de color blau, perquè fos més resistent.

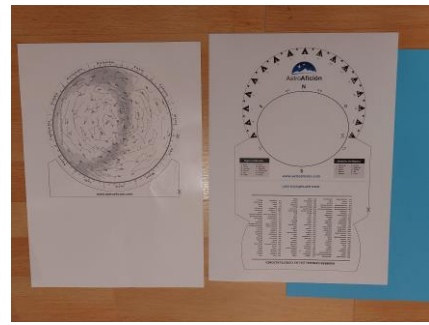
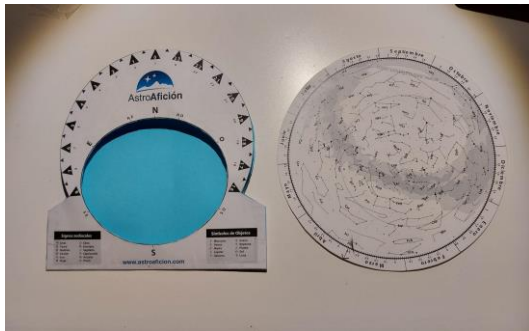


Figura 36. Parts del planisferi celeste per separat



Seguint les instruccions, vaig retallar, enganxar i muntar el planisferi, de manera que estigues preparat per funcionar.

Figura 37. Planisferi celeste muntat. La part de l'esquerra correspon a la base protectora. La part de la dreta correspon al mapa circular estel·lar.

3.1.2 Ajustos i aplicació

Abans de començar a fer el seguiment de certes constel·lacions al punt 3.3.3 (seguiment de constel·lacions en mesos) vaig haver d'utilitzar el planisferi. Vaig mirar quines constel·lacions es veien aquell mateix dia i fins quan es podrien veure al firmament nocturn, per saber de quan a quan podria fer el seguiment aproximadament. Això no obstant, abans vaig haver de fer una sèrie d'ajustos per fer un ús correcte del planisferi i que així els resultats fossin els més precisos possibles.

Primerament, vaig haver d'ajustar el planisferi per veure la posició de les estrelles en aquella mateixa nit, el 14 de juliol a les 23:00 h, vista des de Pontons (latitud de 41°N i longitud d' $1^{\circ} 46\text{ E}$).

Per a fer-ho, vaig buscar la data a la vora del mapa estel·lar, tant del mes com del dia (14 de juliol). Després, a la vora de la base protectora, vaig buscar l'hora concreta de quan volia realitzar l'observació (23:00 h).

L'hora representada en els planisferis és la de l'UTC, per tant, vaig haver de fer una conversió amb l'hora per utilitzar el planisferi de manera correcta. Espanya té assignat l'Horari Central Europeu, que és UTC+1. No obstant això, a l'horari d'estiu se li afegeix una hora més i, com a resultat, l'hora queda com UTC+2. Com aquell dia era 14 de juliol (horari d'estiu), vaig haver de marcar 2 hores menys al planisferi, de manera que a la vora de la base protectora havia de marcar les 21:00 h en lloc de les 23:00 h.

Pontons se situa a només $1^{\circ} 46'$ E del meridià de Greenwich. Per cada grau de separació, s'han d'afegir (en cas d'estar a l'Est, com Pontons) 4 minuts. Això vol dir que a la meua hora indicada al planisferi, hauria d'afegir exactament 5,84 minuts ($1,46 \times 4 = 5,84$). Per tant, realment a les 23:00 (que és quan volia fer l'observació) l'hi vaig haver de treure 1 hora per la zona horària d'Espanya (UTC+1), 1 hora per l'horari d'estiu, i afegir 6 minuts per la meua longitud geogràfica: $23:00 - 1:00 - 1:00 + 00:06 = 21:06$.

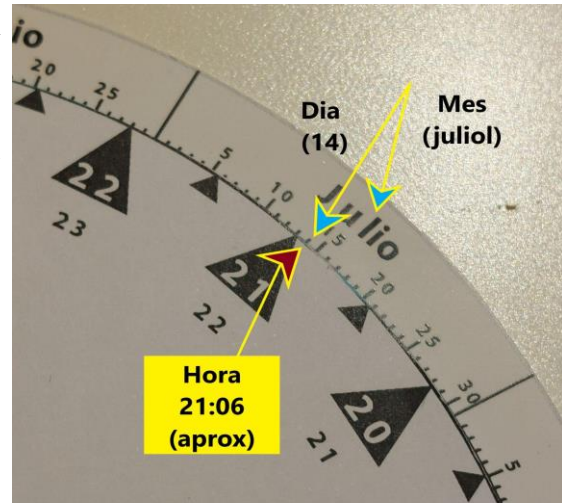


Figura 38. Configuració correcta del planisferi celeste per les 23:00 hores TU, del dia 14 de juliol de 2022 des de Pontons (latitud 41° N i longitud 1.46° E)

D'aquesta manera, girant el planisferi fins a fer coincidir el dia, el mes i l'hora que volia, vaig poder saber quines constel·lacions es podrien veure.



El punt cardinal que es troba en la part inferior del planisferi (S) és al qual representa l'observador està encarat. En aquest cas, aquest (figura 39) és el firmament del dia 14 de juliol a les 23.00 h de la nit des de Pontons mirant cap al Sud.

Figura 39. firmament nocturn de la nit del 14 de juliol a les 23:00 hores TU, mirant cap al Sud, latitud 41° N i longitud 1.46° E

La finestra mostra tot el cel visible des del zenit fins a l'horitzó (figura 40, cercle verd). La part que queda del mapa estel·lar sota la base protectora, representa la part del cel que queda per sota de l'horitzó, per tant, la part del cel que no es veu.

Gràcies al planisferi, vaig observar que les constel·lacions de l'Àguila (Aql) i el dofí (Del) començaven a aparèixer al firmament (Ortus), ja que es trobaven bastant a prop de l'horitzó Est, per tant, encara els hi quedava passar pel Sud (Culminació) per finalment ocultar-se a l'Oest (Ocàs).

Girant el planisferi, vaig fer coincidir la base protectora amb el mapa estel·lar, de manera que em mostres el firmament en aquella mateixa

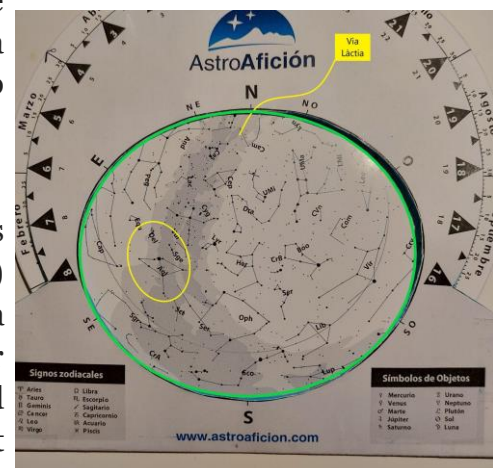


Figura 40. Planisferi celeste, configurat pel dia 14 de juliol a les 23:00 hores TU. Dins del cercle groc, es troben les constel·lacions Aql i Del

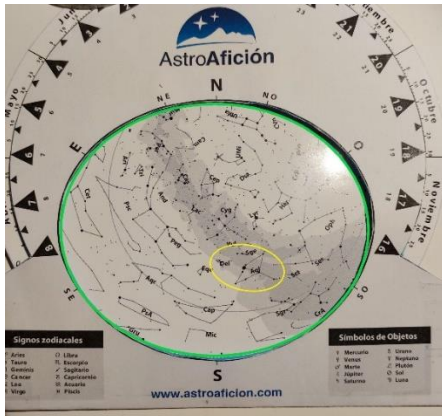


Figura 41. Planisferi celeste, configurat pel dia 14 de setembre a les 23:00 hores TU. Dins del cercle groc, es troben les constel·lacions Aql i Del

A part d'haver-me d'ajudat a l'hora d'escollir constel·lacions perfectes per a realitzar un seguiment i de quan a quan el podria fer, el planisferi celeste em va ajudar també a realitzar un seguiment de certes constel·lacions en només una nit (punt 3.3.2), per saber a quina hora sortirien i a quina hora es posarien. A més, amb l'ajuda del planisferi, vaig poder veure quines eren les constel·lacions principals de cada estació, pels punts 3.2.1 (cel de primavera) i 3.2.2 (cel d'estiu).

3.2 L'observació del firmament nocturn

Abans de començar a realitzar seguiments i de fotografiar el firmament nocturn, vaig haver de familiaritzar-me amb ell mateix, utilitzant només els meus ulls. No ho vaig poder fer, no obstant, sense l'ajuda de diversos mapes del cel, com el planisferi celeste (punt 3.1) o d'aplicacions astronòmiques com l'*Stellarium* (punt 2.4.4).

Vaig dedicar diverses nits per començar a identificar les estrelles més brillants i les constel·lacions més importants de cada moment. Ho vaig fer sobretot amb l'*Stellarium*, doncs, només havia d'apuntar el mòbil a un lloc del cel per veure tot el que hi havia en el firmament en el moment en el que em trobava. D'aquesta manera, anava apuntant-m'ho tot en una llibreta per després passar aquells apunts difusos a net i tenir un petit mapa del cel fet per mi.

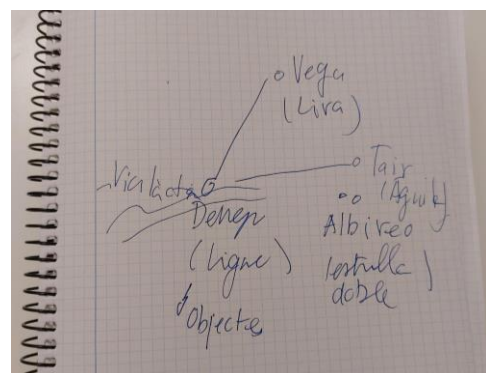


Figura 42. Apunts fets durant la nit d'algunes estrelles i objectes importants



Figura 43. Vista des de dalt d'uns prismàtics tipus porro

Per profunditzar en l'observació i la familiarització del firmament nocturn, vaig utilitzar uns prismàtics que tenia el meu pare. Són uns prismàtics tipus porro. Són bastant voluminosos, però, gràcies al seu sistema on la llum es reflecteix només 4 vegades, la pèrdua de llum i de qualitat és quasi nul·la.

Encara que no està gravat als mateixos binoculars, a la caixa venia especificat que el tipus de material amb el qual està fet el prisma és BK.4 (vidre de bari) la qual cosa millora encara més les imatges, aportant més claror i lluminositat.

Al costat de l'ocular dret, surt gravada la següent informació:

- 10 x 50

Això vol dir que 10 són els augments i 50 són els mil·límetres del diàmetre de l'objectiu.

- FOV 6.0°

Això vol dir que el camp que abasten aquests prismàtics és de 6.0°, que és l'ample de l'àrea que es pot observar a través d'ells.



Figura 44. Informació dels prismàtics gravada al costat de l'ocular dret

Ara bé, tots aquests càlculs només em van servir a mi, doncs, només van millorar la meva pròpia experiència i aprenentatge del cel nocturn. Per poder registrar les meves observacions i plasmar-les al treball, he hagut d'utilitzar un altre instrument amb aquesta capacitat: la càmera reflex.



Figura 45. Objectiu Canon ZOOM EF-S 18-55mm

La meua càmera es el model CANON EOS 1300D. L'objectiu és un Canon ZOOM EF-S de 18-55mm de distància focal. En altres paraules, l'objectiu té un zoom que va des dels 18 mm, una distància focal angular, per tant, que avarca més graus del camp visual, fins als 55 mm, una distància normal, semblant a la que avarca l'ull humà.

Aquest objectiu (figura 45) es tracta d'un objectiu angular (amb una distància focal curta), perfecte per fer fotos de constel·lacions. En canvi, en cas de voler fotografiar objectes del cel profund, és necessita un teleobjectiu, amb una distància focal més gran de 55 mm.

La majoria de fotografies que apareixen a la part pràctica del treball estan fetes amb aquesta càmera i aquest objectiu (a no ser que s'indiqui el contrari). És per això que només he pogut fotografiar les estrelles i constel·lacions, i en cap moment algun objecte del cel profund (excepte la *Galàxia d'Andròmeda*, figura 119, punt 3.4).

Totes les fotografies següents estan editades amb l'aplicació de Photoshop. Per a fer les traces de les constel·lacions, vaig haver de recórrer a l'ajuda de l'aplicació de l'*Stellarium* ja que, aquesta, dona la possibilitat de veure les il·lustracions de les constel·lacions i els punts cardinals i, d'aquesta manera, he pogut posar tot al seu lloc corresponent.

3.2.1 El cel de primavera

Tal com es pot veure al planisferi (figura 46), en aquest període de l'any la Via Làctia no travessa el cel, sinó que es troba en una part d'ell, justament a la part de l'Est, tocant l'horitzó.

És per això que el cel de primavera destaca per l'abundància d'espais oberts que donen pas a poder observar moltíssimes galàxies (amb telescopi, clar).

Les fotografies següents estan fetes amb una càmera CANON EOS 1300D i un objectiu Canon 18-55 i altres amb una CANON EOS 70D i un objectiu Canon 15-85.

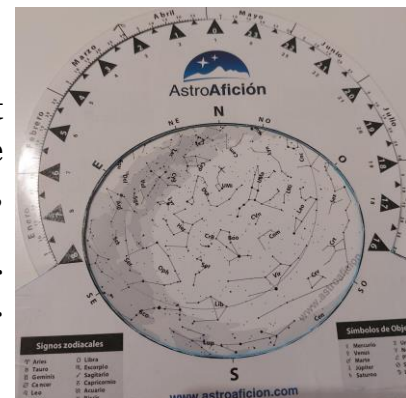


Figura 46. Aspecte del cel nocturn mirant cap al Sud, corresponent a finals de maig-principis de juny a les 12:00 hores TU (aprox.)

3.2.1.1 Constel·lacions importants

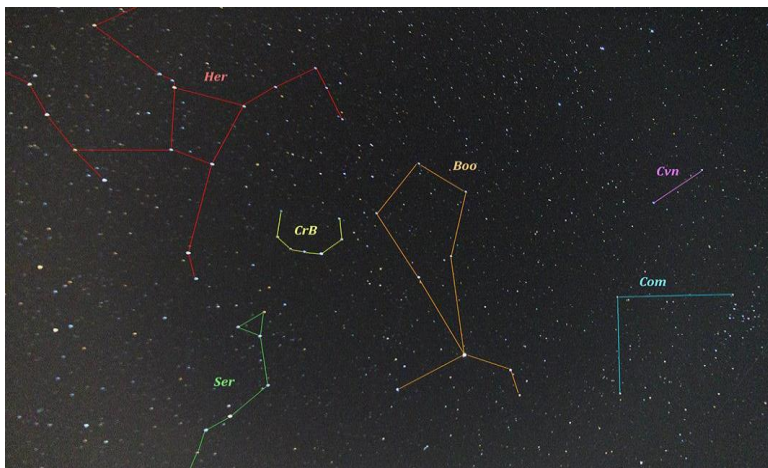


Figura 47. Constel·lacions més destacables de la primavera

En aquesta àrea del cel, es poden observar les constel·lacions més destacables o comuns de la primavera. Per a diferenciar-les, cada una està dibuixada amb un color diferent i al seu costat està escrita l'abreviatura del seu nom, en el mateix color també.

HÈRCULES - *Hercules* (Her)

Hèrcules és una d'aquelles constel·lacions que fa de separador entre el cel d'estiu i el cel de primavera, sent així visible en les dues estacions. És la cinquena constel·lació més gran del firmament, i porta el nom llatí de l'heroi grec Hèrcles.

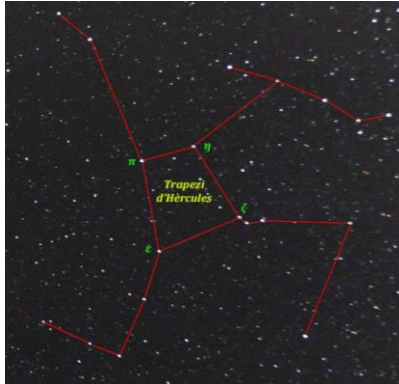


Figura 49. Constel·lació d'Hèrcules

Està representat per un home ajupit de genolls que, amb un dels seus peus, trepitja el cap de la constel·lació del Drac, situada sota seu. Hèrcules destaca per la forma del seu cos, un quadrilàter anomenat

Trapezi d'Hèrcules o Pedra Angular, format per estrelles de magnitud +3: Èpsilon (ϵ), Zeta (ζ), Eta (η) i Pi (π) *Herculis*. Es tracta d'un asterisme molt conegut dins d'aquesta constel·lació, doncs, com que no les seves estrelles no són bastant dèbils, aquesta figura serveix per identificar Hèrcules al firmament fàcilment.



Figura 48. Figura mitològica d'Hèrcules. Font. Stellarium

CORONA BOREAL - *Corona Borealis* (CrB)



Figura 50. Figura mitològica de la Corona Boreal Font. Stellarium

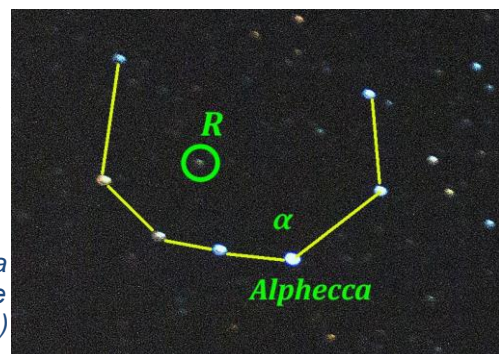
Aquesta petita constel·lació està formada per set estrelles en forma d'arc semicircular, que representen la corona de la princesa Ariadna.

En la mitologia grega, el déu Dionís va veure a la princesa i es va enamorar d'ella. El dia de la seva boda, Ariadna portava una diadema plena de joies, la qual Dionís va llençar al cel i, d'aquesta manera, les joies es van convertir en estrelles.

L'arc de la Corona Boreal conté l'estrella variable R (*Coronae Borealis*). Aquesta, es tracta d'una supergegant groga que varia entre magnitud 6 i 14.

La seva estrella més brillant, *Alphecca* o *Gemma* (α) representa una de les joies principals de la corona, i té una magnitud aparent de 2,2.

Figura 51. Constel·lació de la Corona Boreal i l'estrella variable R (*Coronae Borealis*)



CAP DE LA SERP - *Serpens Caput* (Ser)



Figura 52. Figura mitològica del cap de la Serp. Font. Stellarium

Aquesta constel·lació és l'única que s'ha dividit en dues parts: *Serpens Caput*, que representa el cap de la serp, i *Serpens Cauda*, que representa la cua, situada a l'Est. Entre aquestes dues parts es troba la constel·lació Ofiüc, el Serpentari. Totes tres constel·lacions formen una, però a la primavera la part visible és la del cap de la Serp. A la mitologia grega, aquesta serp s'identifica amb la qual el gran metge Asclepi va revelar els secrets de la medicina.

Pel fet que *Serpens* es considera com una sola constel·lació, l'ordre de la nomenclatura Bayer és entre les estrelles d'ambdues constel·lacions. Les estrelles del cap són bastant dèbils. La més brillant, anomenada *Unukalhai* (α *Serpentis*), és de magnitud aparent 3, situada al coll de la serp. El seu nom deriva d'una frase en àrab que vol dir justament "coll de la serp". Delta (δ) *Serpentis*, al costat, és una estrella doble de magnituds 4 i 5.

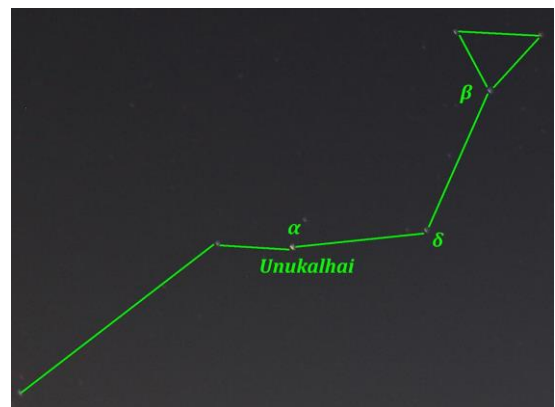


Figura 53. Constel·lació del Cap de la Serp

BOVER - *Bootes* (Boo)

L'origen d'aquesta gran constel·lació està molt lligat a l'Ossa Major, ja que representa l'home que cuida l'animal. El Bover se sol representar amb un home amb una llança amb dos gossos de caça al costat, pertanyents a la constel·lació dels Llebrers. Una de les llegendes més famoses del Bover és que es tracta d'un conductor de bous cap a la direcció de l'Ossa major.

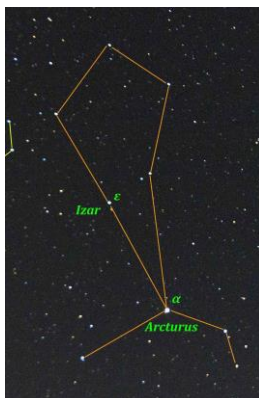


Figura 55. Constel·lació del Bover

Aquesta constel·lació conté l'estrella més brillant de l'hemisferi nord celeste: Artur o Alfa (α) *Bootis*. Es tracta d'una estrella gegant taronja de tipus espectral K, amb magnitud -0,04. El seu nom prové del grec Ἄρκτοῦρος (Arcturus) que vol dir "el guardià de l'ossa". Situada al centre de la constel·lació, es troba una estrella doble: *Izar* o Èpsilon (ϵ) *Bootis*. Té una magnitud aparent de +2,35 encara que amb un telescopi es pot apreciar de +5.



Figura 54. Figura mitològica del Bover. Font. Stellarium

Té una magnitud aparent de +2,35 encara que amb un telescopi es pot apreciar de +5.

LLEBRERS - *Canes Venatici* (Cvn)

La petita constel·lació dels Llebrers, o Gossos de Caça, està situada a l'est de la constel·lació del Bover, amb la qual està lligada mitològicament.



Figura 57. Constel·lació dels Llebrers

Aquests dos gossos representen els dos gossos caçadors que subjecta el bover *Bootes* amb una corretja.

Aquesta constel·lació està formada per dues estrelles,

de les quals, la més brillant és Alfa (α) *Canum Venaticorum*, coneguda com a Cor Caroli (cor de Carles), en honor al rei Carles I d'Anglaterra. Es tracta d'una estrella doble binària, de magnituds aparents de +2,9 i +5,6. L'altra estrella de la constel·lació, Beta (β) *Canum Venaticorum*, es tracta d'una nana groga de magnitud de +4,20. Dins de la regió d'aquesta constel·lació es troba la Superba o Gamma (γ) *Canum Venaticorum*, una de les estrelles més vermelles del firmament nocturn.

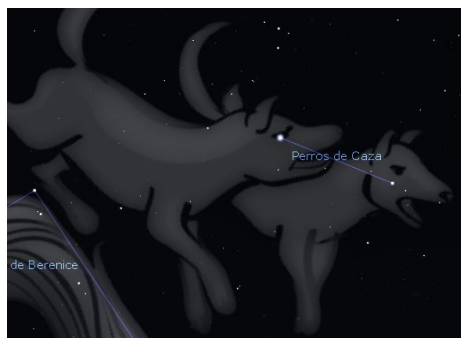


Figura 56. Figura mitològica dels Gossos de Caça. Font. Stellarium

CABELLERA DE BERENICE - *Coma Berenices* (Com)

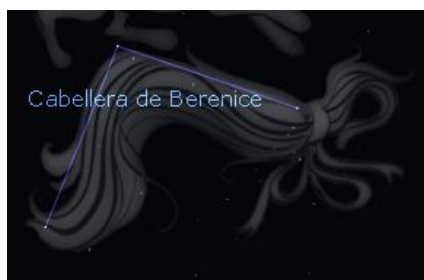


Figura 58. Figura mitològica de la Cabellera de Berenice. Font. Stellarium

Coma Berenices representa cabells solts de la reina Berenice d'Egipte, que se'ls va tallar quan el seu espòs Ptolemeu III, rei d'Egipte en les dates del s. III aC, va tornar sa de la guerra.

Aquesta constel·lació no destaca per les 3 estrelles dèbils que la formen, de les quals cap supera la magnitud de 4, sinó que destaca pel gran nombre de galàxies que conté al seu Sud (visibles amb telescopi) regió la qual es troba molt allunyada d'on passa la Via Làctia.

3.2.1.2 Franja del Zodíac i altres regions

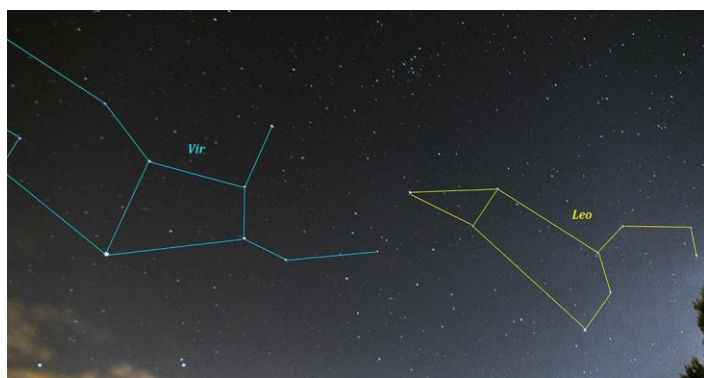


Figura 59. Constel·lacions zodiacals més destacables de la primavera

A la primavera, el Sol es troba per la constel·lació del Taure, per tant, les constel·lacions zodiacals més destacables d'aquesta època de l'any seran les que es troben oposades al Sol. Aquestes són la Verge (Vir), representada en color blau cel a la imatge del costat, i el Lleó (Leo), representada en color groc (figura 59).

VERGE - *Virgo* (Vir)

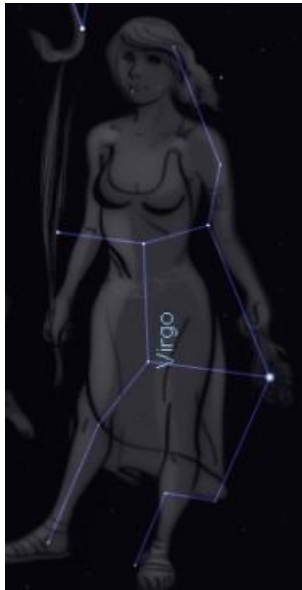


Figura 60. Figura mitològica de la Verge. Font. Stellarium

Aquesta enorme constel·lació és la més gran de les del zodíac i la segona més gran d'entre totes les constel·lacions. Mitològicament, s'identifica amb la deessa verge grega Demèter, la deessa de les collites, és per això que porta una espiga de blat a la mà.

De fet, el nombre de la seva estrella principal és *Spica* (L'Espiga), ja que es troba justament en aquella zona. És una estrella gegant blava d'espectre B, amb una magnitud aparent de +0,98. Al nord de la Verge (i al Sud de la Cabellera Berenice), hi ha una zona repleta de galàxies, doncs, 11 galàxies del catàleg Messier es localitzen allà. És per això que aquesta franja rep el nom del "Cúmulo de la Verge".

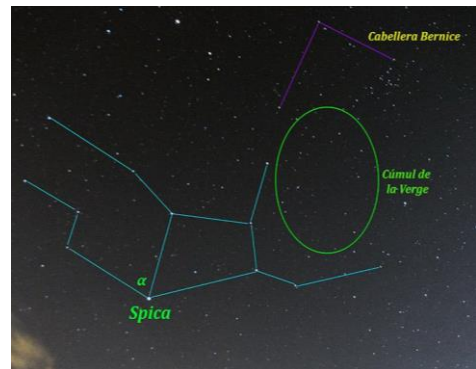


Figura 61. Constel·lació de la Verge (blau), de la Corona de Berenice (lila) i, entremig, el Cúmulo de la Verge (cercle verd)

LLEÓ - *Leo* (Leo)

A l'Est de la Verge, trobem l'altra constel·lació zodiacal destacable d'aquesta època de l'any, el Lleó. En la mitologia grega, representa el Lleó de Nemea, el qual passava els dies menjant-se a la gent per les zones d'aquell bosc.

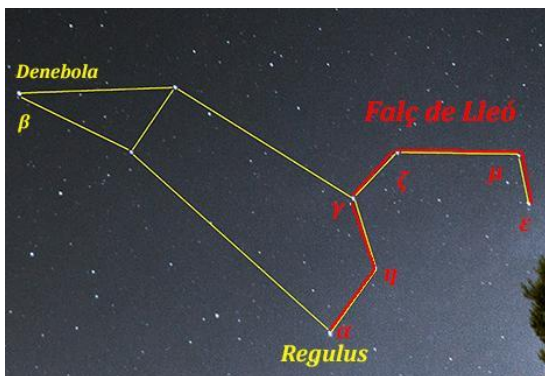


Figura 63. Constel·lació del Lleó amb el seu asterisme en color vermell

Regulus o Alfa (α) *Leonis*, és l'estrella més

brillant de la constel·lació i una de les més brillants del cel nocturn. Es tracta d'una estrella múltiple amb magnitud absoluta de --0,58. Per l'altra banda, Denébola (cua de lleó, en àrab) o Beta (β) *Leonis*, situada justament a la cua, és la 2a estrella més brillant, amb una magnitud de +2,14.

A la zona Est de la constel·lació es troba un asterisme anomenat "Falç de Lleó". Està format per les estrelles Alfa (α), Eta (η),

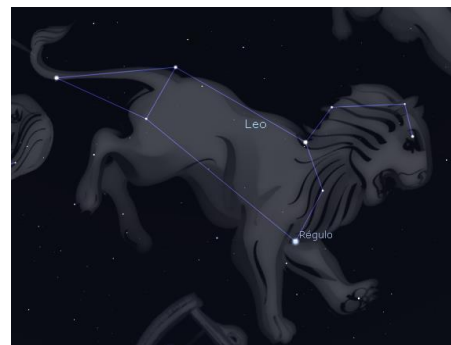


Figura 62. Figura mitològica del Lleó. Font. Stellarium

Gamma (γ), Zeta (ζ), Mu (μ) i Èpsilon (ϵ) que, juntes, s'assemblen a la forma d'una falç o d'un signe d'interrogació a l'inrevés.

EL TRIANGLE DE PRIMAVERA

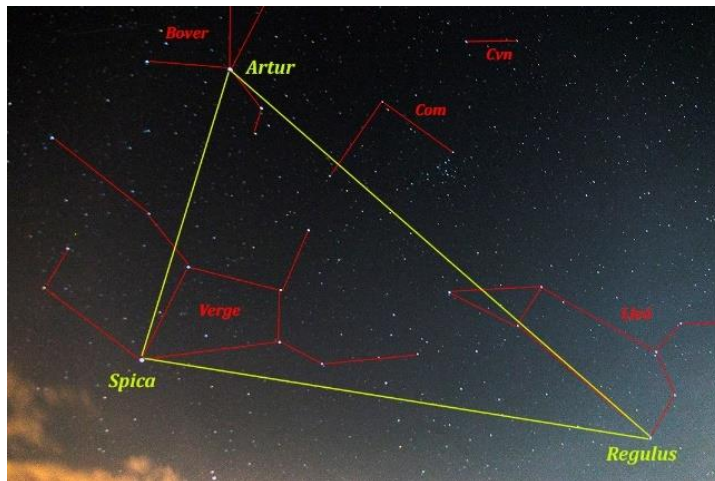


Figura 64. Estrelles i constel·lacions que configuren el "Triangle de Primavera"

En aquesta franja zodiacal del cel, existeix un asterisme amb estrelles de diferents constel·lacions molt rellevant en el firmament de primavera.

Si s'agafen les estrelles més brillants d'aquesta part del cel, que són Regulus (del Lleó), Spica (de la Verge) i Artur (del Bover) i s'ajunten amb traces, es pot veure com formen un triangle. Es tracta del Triangle de Primavera que, encara que no és tan brillant com el d'estiu (punt 3.2.2.2), destaca

sobre la resta d'estrelles perfectament.

3.2.2 El cel d'estiu

Tal com es pot veure al planisferi (figura 65), en aquest període de l'any, la Via Làctia es troba en el seu màxim esplendor al cel boreal, ja que passa pel mig.

És per això que l'estiu és la millor època de l'any per observar la via Làctia però, a la vegada, aquest fet afectarà l'hora d'observar altres galàxies, ja que que aquestes es troben més enllà d'ella mateixa.

La majoria de fotografies següents estan fetes amb la càmera CANON EOS 1300D i un objectiu Canon 18-55. Les altres, estan fetes amb una CANON EOS 70D i un objectiu Canon 15-85, per agafar més angular.

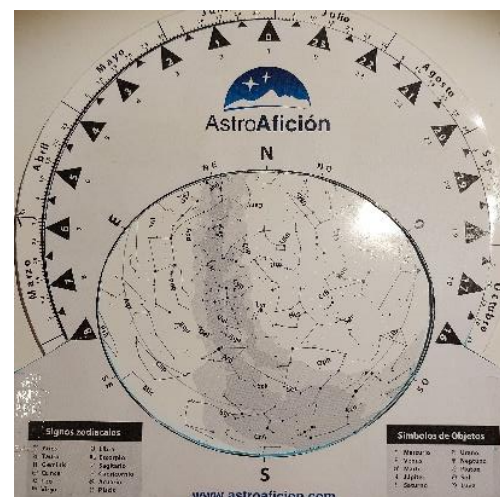


Figura 65. Aspecte del cel nocturn mirant cap al Sud, corresponent a finals de juliol cap a les 12:00 hores TU (aprox.)

3.2.2.1 Constel·lacions importants

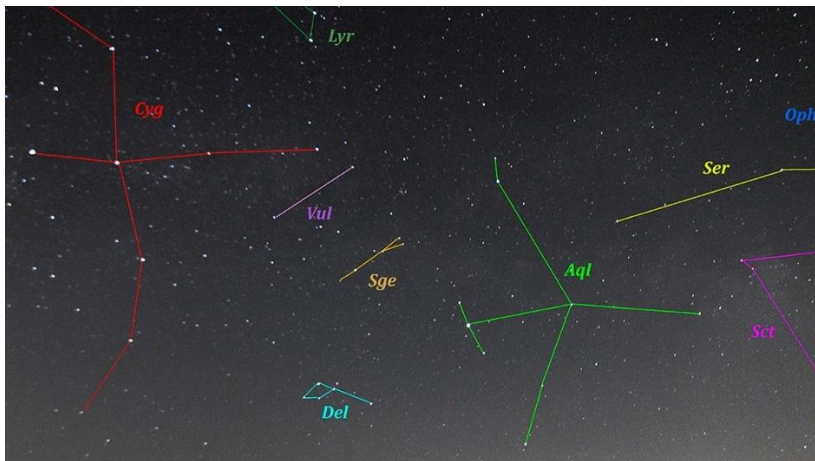


Figura 66. Constel·lacions no zodiacals més rellevants de la temporada d'estiu

En aquesta àrea del cel, es poden veure les constel·lacions més destacables o comuns visibles en l'època d'estiu. Per diferenciar-les, cadascuna està dibuixada amb un color diferent amb el seu nom abreujat escrit al costat amb el mateix color també.

OFIÜC– *Ophiuchus* (Oph) i LA CUA DE LA SERP - *Serpens Cauda* (Ser)

És destacable a l'estiu la gran zona de la constel·lació del Serpentari, també anomenat Ofiuc, que travessa la constel·lació de la serp i la divideix en 2 parts: el cap (*Serpens Caput*), al seu costat Oest (visible a primavera, punt. 3.2.1.1) i la cua (*Serpens Cauda*), visible a l'estiu. Ofiuc, representa un home que subjecta una gran serp entrelligada pel seu cos. Mitològicament, se l'identifica amb el déu grec de la medicina, Asclepi, el qual podia ressuscitar els morts.

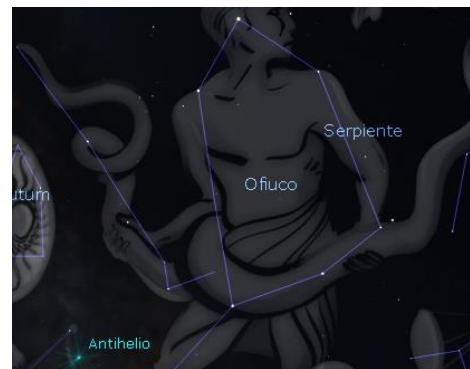


Figura 67. Figura mitològica de l'Ofiuc i la Serp. Font. Stellarium

Ofiuc conté nombrosos cúmuls estel·lars, dels quals 7 van ser catalogats per Messier. La seva estrella més brillant és Alfa (α) *Ophiuchi*, que rep el nom de Rasalhague. És una subgigant blanca 25 cops més lluminosa que el Sol, amb una magnitud aparent de +2,08.

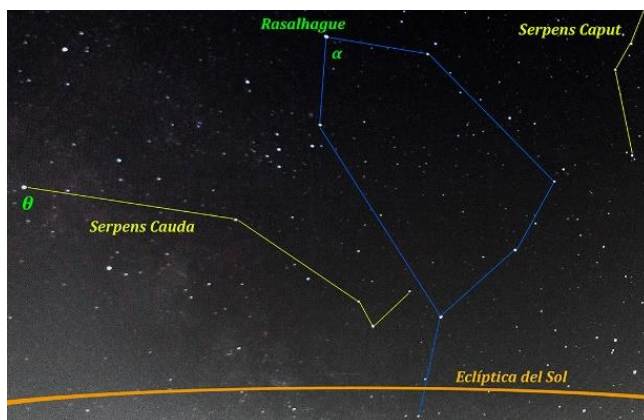


Figura 68. Constel·lació de l'Ofiuc i la Serp, amb l'eclíptica del Sol en taronja

La zona sud d'Ofiuc és travessada per l'eclíptica. Això vol dir que, en algun moment de l'any, el Sol, la Lluna i els planetes passen per aquesta constel·lació. Per tant, Ofiuc realment és una constel·lació zodiacal, tot i que no està inclosa en els signes del Zodíac. Pel que fa a la cua de la Serp, que comparteix l'ordre de designació Bayer amb el cap, conté estrelles encara més dèbils que les del cap. La més brillant és Theta (θ) *Serpentis*,

que tracta d'un parell d'estrelles blanques, de magnitud aparent +4,6 i +5.

ÀGUILA – *Aquila* (Aql)

En la mitologia grega, l'Àguila transportava els raigs de Zeus.

La seva estrella més brillant, Alfa (α) *Aquilae*, rep el nom d'Altair, que en àrab vol dir "l'àguila en vol". Té una magnitud aparent de +0,7 i, juntament amb l'estrella d'Alshain (Beta *Aquilae*, magnitud +4) i Tazared (Gamma *Aquilae*, magnitud +3), formen un atractiu trio estel·lar.

Per l'altra banda, Eta (η) *Aquilae* és una estrella supergegant variable. La seva magnitud varia des de +3,5 fins a +4,5, en períodes d'aproximadament una setmana.

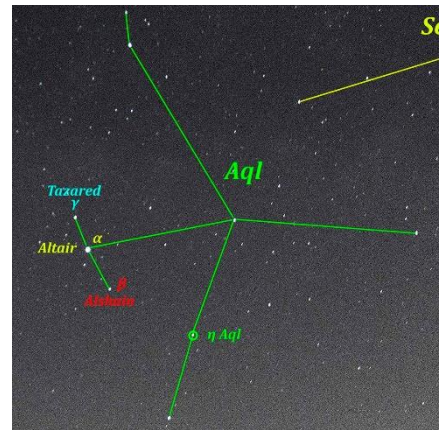


Figura 69. Constel·lació de l'Àguila amb una part de la Cua de la Serp (en color groc)

ZONA DOFÍ (Del), GUINEUETA (Vul) i Fletxa (Sgt)

En aquesta regió del cel es poden veure tres petites però destacables constel·lacions. Es tracta de la Guineueta, la Fletxa i el Dofí.

Començant per la més propera a l'horitzó, trobem la constel·lació del Dofí (Del). En la mitologia grega, representa ser un dels dofins enviats per Posidó en la recerca de la nimfa Amfitrite per a casar-se amb ella.

Per un temps, la constel·lació del Dofí era coneguda pel nom de "Taüt". Aquesta estranya denominació es pot associar amb la silueta que té l'asterisme format per les quatre estrelles més brillants de la constel·lació: Sualocin (α), Rotanev (β), Gamma (γ) i (δ) *Delphini*. De fet, Gamma (γ) *Delphini* es tracta d'una estrella doble, amb magnituds de +4 i +5 respectivament.



Figura 70. Constel·lacions del Dofí, la Fletxa i la Guineueta, de baix cap a dalt.

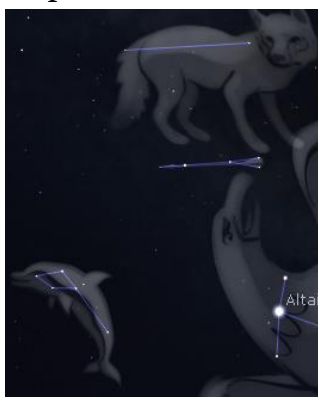


Figura 71. Figura mitològica del Dofí, la Fletxa i la Guineueta. Font. Stellarium

Allunyant-se de l'horitzó, es pot veure la constel·lació de la Fletxa (Sge). Aquesta, és la tercera més petita del firmament, i es troba per sobre de l'Àguila, apuntant cap al Dofí.

Els grecs la identificaven com amb la fletxa que va utilitzar Apol·lo, el déu del Sol, per a matar al Ciclop. Astronòmicament, aquesta constel·lació no destaca gaire, a causa de la manca d'estrelles brillants, doncs, la Fletxa compta amb estrelles magnituds aparents d'entre 4 i 5 com a màxim.

Finalment, al nord de la Fletxa es troba la constel·lació de la Guineueta (Vul). Aquesta, no està associada amb cap mite grec, ja que va ser introduïda a finals del s. XVII. Aquest nom

“Vulpecula”, ve del llatí *Vulpes*, que vol dir guineu. En la zona d’aquesta constel·lació, es troba un asterisme format per un cúmul obert de estrelles que, visualment, formen com una mena de penjador. És per això que rep el nom de Cúmul del Penjador, encara que és conegut més formalment com “Cúmul de Brocchi”.

CIGNE – *Cygnus* (Cyg) i LA LIRA – *Lyra* (Lyr)

En aquesta part del firmament, es troben dues constel·lacions que contenen algunes de les més brillants estrelles del firmament. El cigne és conegut també amb el nom de “la Creu del Nord”, a causa de la disposició de les seves estrelles en forma d’una creu gegant. La seva estrella més brillant, Alpha (α) *Cygni*, es troba a la cua del cigne i rep el nom de “Deneb” (“cua” en àrab). És una de les estrelles més brillants del firmament, amb una magnitud aparent de +1, tot i que es troba a uns 3.000 anys llum de la Terra. Al bec del cigne es troba la Beta (β) *Cygni*, més coneguda com “Albireo”. Es tracta d’una estrella doble amb magnituds de +3 i +5 respectivament.



Figura 72. Figura mitològica del Cigne i la Lira. Font. Stellarium

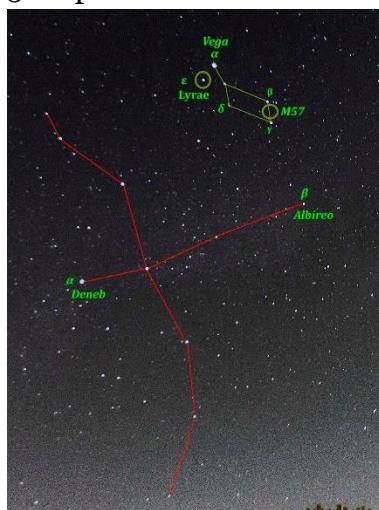


Figura 73. Constel·lacions del Cigne i la Lira, amb els seus components més destacats

La Lira, a la part Nord-est del Cigne, és una petita constel·lació, però que alhora té una de les estrelles més brillants del firmament.

Mitològicament, se la identifica amb la lira d’Orfeu, el qual va baixar als inferns per recuperar a la seva esposa la nimfa Eurídice, que va morir per unes serps. No obstant això, Hades, el déu dels inferns, li va posar una condició per recuperar-la i, desgraciadament, Orfeu no ho va aconseguir. Des de llavors, Zeus va situar la lira d’Orfeu al cel.

L’Alpha (α) *Lyrae*, més coneguda amb el nom de “Vega”, és la cinquena estrella més brillant del firmament. Es tracta d’una estrella blanca blavosa amb una magnitud aparent de 0. La resta d’estrelles d’aquesta petita constel·lació són

bastant més dèbils, amb magnituds d’entre 3,5 i 4,5. Al costat de la Lira, es troba un sistema quàdruple (Épsilon (ϵ) *Lyrae*) format per estrelles blanques de magnitud 5. Entre Beta (β) i Gamma (γ) *Lyrae*, es troba la famosa nebulosa de l’Anell (M57). Es tracta d’una nebulosa planetària caracteritzada per tenir la forma d’un anell de fum (figura 74).



Figura 74. M57, la nebulosa de l’Anell. Font. NASA

3.2.2.2 Zona Zodiacal i altres regions d'interès

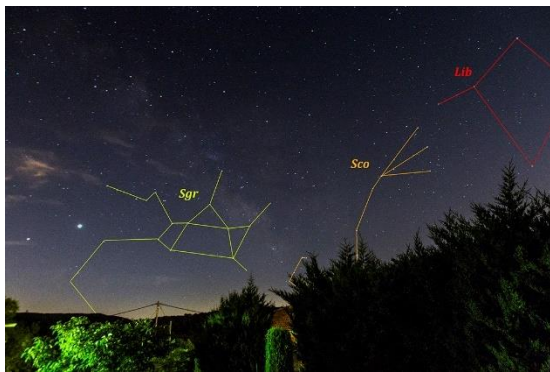


Figura 75. Constel·lacions zodiacals d'estiu (1)

A l'estiu, el Sol es troba entre les constel·lacions dels Bessons i el Cranc, per tant, les constel·lacions zodiacals més destacables del firmament nocturn durant aquesta època de l'any, seran les que es troben oposades al Sol. Aquestes són la Balança (Lib), representada en vermell, l'Escorpí (Scr), representat en taronja i amb dues figures variants a cada imatge, Sagitari (Sgr), representat en groc, i

Capricorn (Cap), representat en color verd. Aquestes imatges estan fetes en dies diferents, per poder mostrar les dues constel·lacions dels extrems ja que, aquestes, es troben al firmament en els períodes de canvi d'estació. La Balança (Lib) aconseguix el seu punt més al firmament cap a finals de primavera i principis d'estiu, mentre que Capricorn (Cap) ho fa cap a finals d'estiu i principis de tardor.

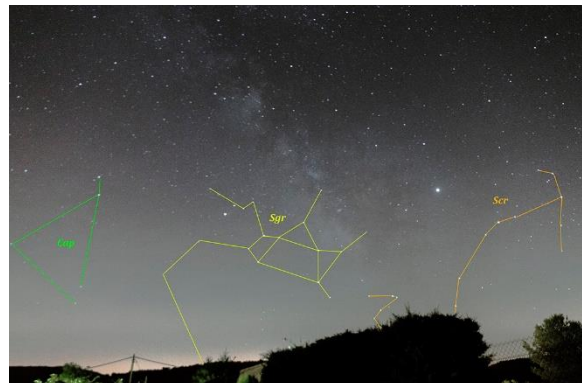


Figura 76. Constel·lacions zodiacals d'estiu (2)

ESCORPÍ– *Scorpius* (Scr) i SAGITARI - *Sagittarius* (Sgr)

Per tant, les constel·lacions zodiacals que “dominen” el firmament nocturn d'estiu podríem dir que són l'Escorpí i Sagitari. De fet, ambdues es troben en la direcció del centre de la Via Làctia, una zona abundant de nebuloses i cúmuls.

Sagitari, mitològicament, se la representa amb un centaure, encara que els grecs



Figura 77. Figures mitològiques de l'Escorpí i Sagitari.
Font. Stellarium

l'identificaven amb el déu Crotus, que va inventar el tir amb arc i caçava muntat a cavall. Se'l representa amb el seu arc apuntant a la seva veïna *Scorpius* que, en la mitologia grega, representa l'escorpí que va matar a Orió, una constel·lació d'hivern. És per això que es troben en costats oposats al cel, per evitar conflictes.

L'Escorpió és una constel·lació que, des de les latituds de la península Ibèrica, mai arriba a aconseguir molta altura en el cel, per tant, sempre serà vista a prop de l'horitzó. La seva estrella més brillant, Alfa (α) *Scorpii*, o més coneguda com a "Antares", és una supergegant vermella uns 250 cops més gran que el Sol, amb una magnitud aparent d'+1 i absoluta de -5,1. Beta (β) *Scorpii*, és una doble òptica amb magnituds de +3 i +5 respectivament. Al costat, es troba omega (ω) *Scorpii*, una parella més separada, amb estrelles de magnitud 4.

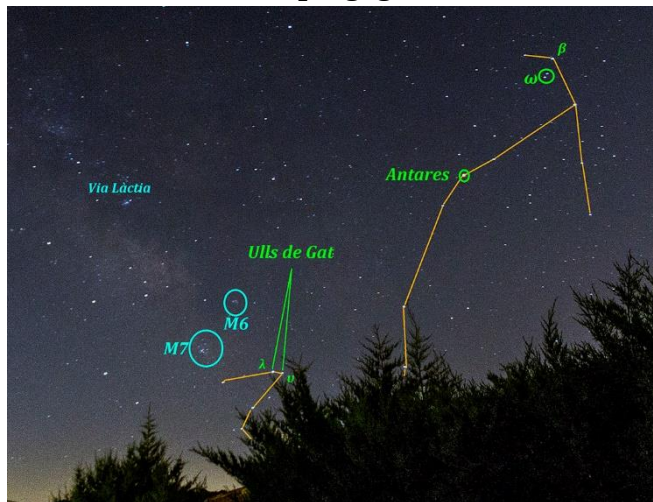


Figura 78. Zona de l'Escorpió amb els seus elements més destacables

La cua de l'Escorpió està situada cap al centre de la Via Làctia, en una zona plena de camps estel·lars. A simple vista, o bé amb uns prismàtics, es poden apreciar els cúmuls oberts d'M6 (Cúmulo de la Papallona o NGC 6405) i M7. La parella d'estrelles de Lambda (λ) i Upsilon (υ) *Scorpii* són quasi paral·leles a l'horitzó i se les coneix com els "Ulls de Gat".

Per l'altra banda, la constel·lació de Sagitari té un asterisme anomenat "la Tetera", amb la tapa acabada amb punta amb l'estrella Lambda (λ) *Sagittarii*.

SAGITARI i la VIA LÀCTIA

La Via Làctia és rica i ample a la constel·lació de Sagitari perquè el centre de la galàxia, anomenat *Sagittarius A*, es troba en aquesta direcció. És per això que, a la regió de Sagitari hi ha més objectes catalogats per Messier que a qualsevol altra constel·lació, amb un total de 15. Un dels més destacats visibles a ull nu, en un terreny amb un nivell 3 d'Escala Bortle, és M8, la nebulosa Llacuna. Es troba al costat de l'estrella de Lambda (λ) *Sagittarii* i es tracta d'una nebulosa d'emissió d'una magnitud aparent de 4,5. A l'altre costat d'aquesta estrella, es troba un brillant cúmulo globular, M22, el qual amb prismàtics s'observa de la mida aproximada del diàmetre de la Lluna. M25, M24 i M21 són altres dels molts cúmuls que es troben en aquesta regió de la constel·lació de Sagitari.

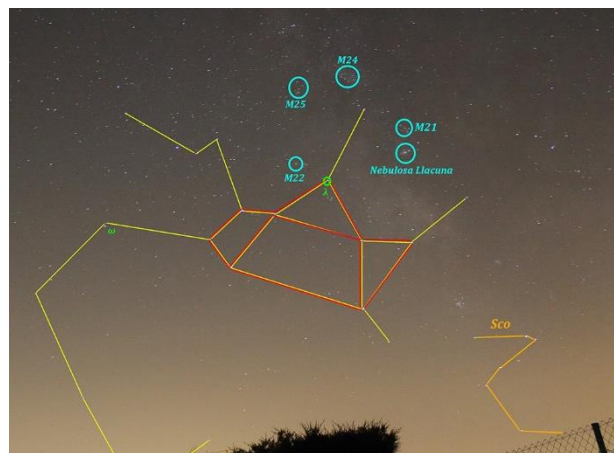


Figura 79. Zona de Sagitari amb els seus elements més destacables

EL TRIANGLE D'ESTIU

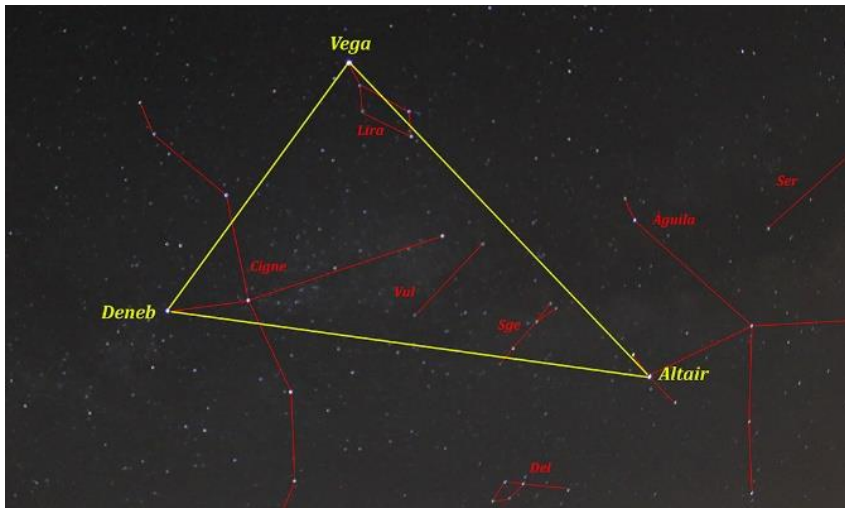


Figura 80. Estrelles i constel·lacions que configuren el "Triangle d'Estiu"

En aquesta franja del cel, existeix un asterisme amb estrelles de diferents constel·lacions molt destacat. Si s'agafen les estrelles més brillants del firmament d'estiu, que són la Vega (de la Lira), Deneb (del Cigne) i Altair (de l'Àguila) i s'ajunten amb traces, es pot veure com formen un enorme triangle. Es

tracta del famós Triangle d'Estiu.

3.3 Observació del cel al llarg del temps

3.3.1 Constel·lacions circumpolars

Les constel·lacions Circumpolars, mencionades al punt 2.3.3, són aquelles que justament es troben al voltant de l'estrella Polar. Des d'una latitud mitjana, aquestes estrelles semblen descriure un cercle al voltant del PNC, a prop d'on es troba la Polar, i és per això que reben aquest nom.

Des de la meua latitud (41°N), totes les estrelles que es troben a menys de 41°N del PNC són circumpolars, per tant, les constel·lacions circumpolars visibles seran les 6 següents: Ossa Major, Ossa Menor, el Drac, Cefeu, Cassiopea i la Girafa.

L'Ossa Menor és la constel·lació que es troba al mig, rodejada per totes les altres circumpolars. La seva cua apunta a la Girafa i, en sentit de les agulles del rellotge, tenim l'Ossa Major, el Drac, Cefeu i Cassiopea.



Figura 81. Figura mitològica de les Circumpolars. Font. Stellarium

El grup d'estrelles que formen la constel·lació de l'Ossa Menor va ser reconegut per un dels primers filòsofs i físics, Tales de Milet, l'any 600 aC. Aquestes, són bastant dèbils i difícils de veure en cels urbans (punt 3.4), doncs, només soles ser visibles les tres més brillants: la Polar (Alfa (α) UMi), Kochab (Beta (β) UMi) i Pherkad (Gamma (γ) UMi).

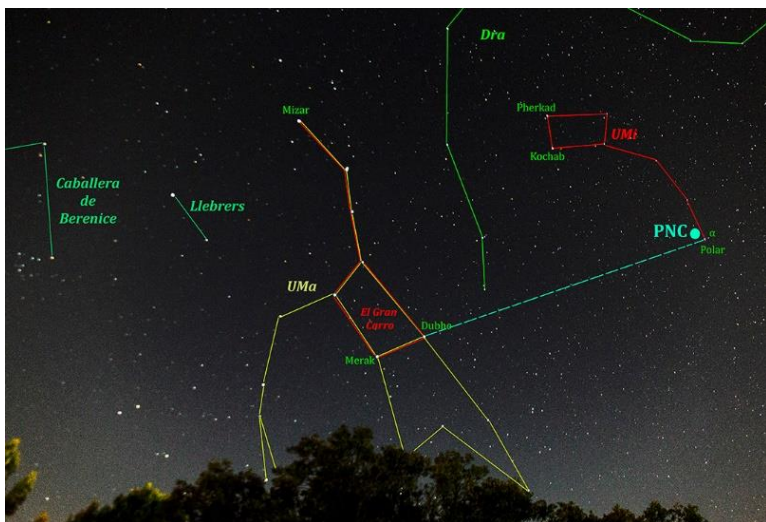


Figura 82. Zona de l'Ossa Major amb les seves constel·lacions veïnes

Aquestes dues últimes són dues estrelles dobles i es coneixen popularment com les Guardianes del Pol. A la cua de l'ossa es troba l'estrella Polar, que tracta d'un sistema múltiple de magnitud aparent de +2. Alfa Polaris es troba molt a prop del PNC, a quasi 1° d'aquest mateix.

L'Ossa Major és coneguda pel seu famós asterisme del Carro Gran, format per les seves 7 estrelles més brillants. No obstant, la constel·lació completa és molt més gran, doncs, és la 3a més gran del firmament. Conté diverses galàxies catalogades per Messier. Dues de les estrelles del carro, Alfa (α) UMa o Dubhe i Beta (β) UMa o Merak, assenyalen cap a l'estrella Polar, mentre que Zeta (ζ) UMa o Mizar, assenyalen cap a Bòver i altres constel·lacions de primavera.

El Drac és una de les constel·lacions més grans del firmament, que s'estén entre les dues osses, vorejant al llarg de gairebé 180 graus el PNC. No obstant, és bastant dèbil, i les estrelles més brillants d'aquesta es troben al cap de l'animal, compost per 4 estrelles, de les quals destaca: Gamma (γ) Draconis, o coneguda també com a Etamin, amb una magnitud aparent de +2,2.

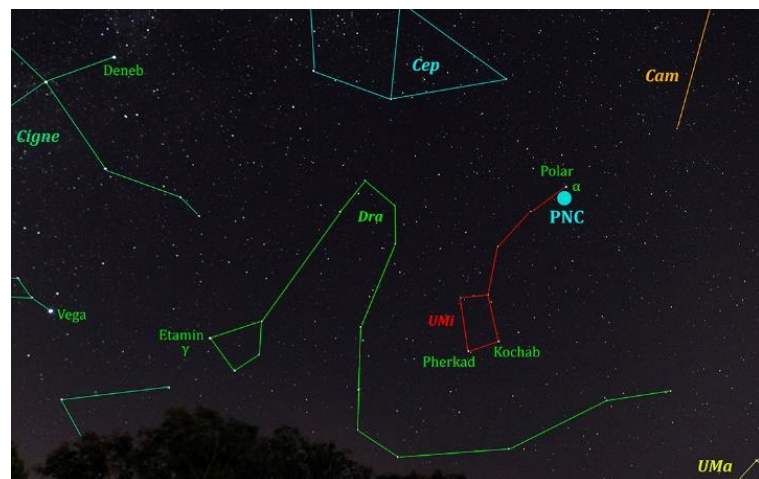


Figura 83. Zona del Drac amb les seves constel·lacions veïnes

Aquesta constel·lació enllaça amb les constel·lacions d'estiu.

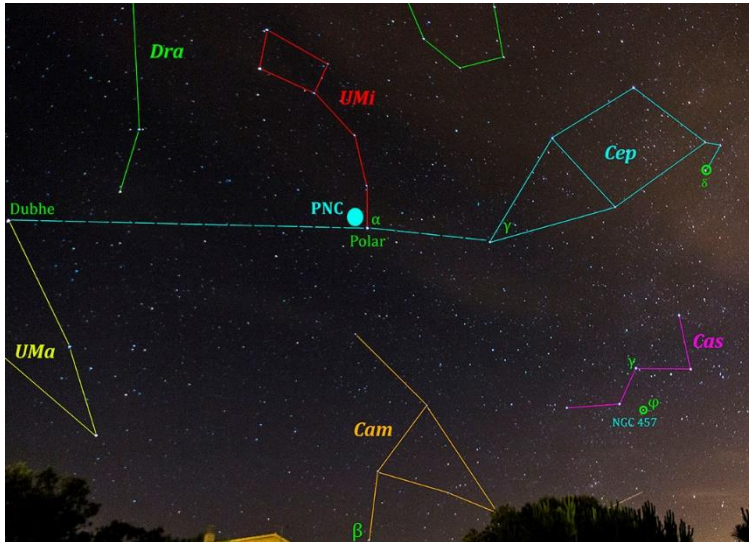


Figura 84. Constel·lacions circumpolars

Cefeu destaca per la seva forma del dibuix infantil d'una casa, la punta de la teulada de la qual, apunta l'estrella Polar, indicant la direcció del PNC també. Aquesta constel·lació conté una de les estrelles variables més famoses, Delta (δ) *Cephei*, amb una magnitud que oscil·la entre 3,5 i 4,5 cada 5 dies i 9 hores.

Al seu costat, es troba la constel·lació de Cassiopea. Els

antics grecs els representaven com els reis d'Etiòpia i pares d'Andròmeda, constel·lació de tardor.

Cassiopea destaca per la seva forma de ve doble (W) dins de la qual es troben alguns cúmuls estel·lars, com el de NGC 457, un cúmulo estel·lar obert al costat de Phi (ϕ) Cas. Gamma (γ) *Cassiopeae* es troba en el centre de la constel·lació, i es tracta d'una variable irregular amb una magnitud que oscil·la entre +3 i +1,6.

La Girafa és una constel·lació bastant dèbil, amb l'estrella més brillant d'una magnitud aparent de +4, Beta (β) *Camelopardalis*.

3.3.1.1 Moviment de les constel·lacions circumpolars

En aquest punt he pogut comprovar com afecta el moviment de translació de la terra a l'hora d'observar les constel·lacions que rodegen el PNC, és a dir, de les constel·lacions circumpolars.

Les següents imatges, fetes amb la càmera CANON EOS 1300D i un objectiu CANON 18-55, estan fetes en el mateix lloc i en la mateixa nit, amb una diferència d'una hora i 2 minuts exactament. Estan editades amb Photoshop i he utilitzat l'aplicació d'*Stellarium* per guiar-me a l'hora de posar les traces.

Cada constel·lació està representada amb un color diferent, amb la seva abreviatura corresponent al costat.

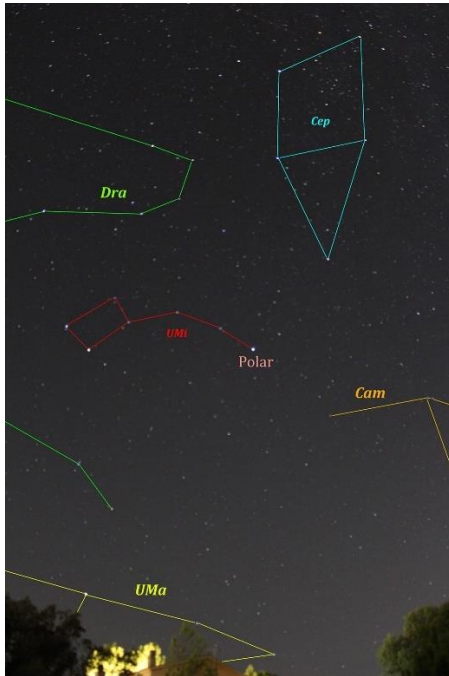


Figura 85. Constel·lacions circumpolars l'1 d'octubre a les 21:58

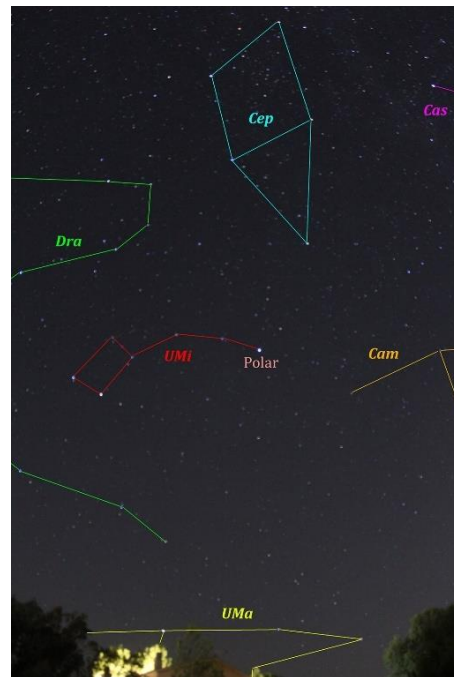


Figura 86. Constel·lacions circumpolars l'1 d'octubre a les 23:00

Amb només una hora, es pot apreciar el petit moviment i el recorregut al voltant del PNC en sentit antihorari de les constel·lacions circumpolars.

Per començar, en la figura 85, amb una distància focal de 18 mm, encara no s'arriba a veure la constel·lació de Cassiopea (Cas). L'Ossa Major (UMa) es troba en un punt bastant a prop de l'horitzó, però encara li queda per arribar al seu punt de màxima proximitat respecte a aquest. Pel que fa a el Drac (Dra), gran part del seu cos es pot apreciar, i un tros de la cua. Cefeu (Cep) es mostra complet, igual que l'Ossa Menor (UMi).

Una hora després (figura 86), es poden apreciar uns lleugers canvis en aquesta part del firmament. Les constel·lacions s'han mogut en sentit antihorari i, d'aquesta manera, una petita part de Cassiopea (Cas) comença a mostrar-se. Ara l'Ossa Major (UMa) es troba ja en el seu punt de màxima proximitat respecte a l'horitzó, trobant-se quasi en paral·lel d'aquest mateix. El Drac ara mostra més part de la seva cua, igual que la Girafa (Cam) que, al contrari, comença a deixar de mostrar-se.

Per veure i apreciar millor el moviment d'aquestes constel·lacions, vaig crear una mena de muntatge (figura 87).

Aquesta fotografia, és una agrupació de 106 fotografies fetes des del mateix lloc, apuntant a l'estrella Polar, de manera que mostra el moviment aparent de les constel·lacions circumpolars durant 62 minuts exactament.

Ha sigut creada a partir de capturar diverses imatges amb una velocitat de l'obturador de 30 segons, apuntant a l'estrella Polar. Tenen l'ISO a 1600 i l'obertura del diafragma d' $f/3.5$.

Utilitzant el disparador remot, vaig configurar la càmera de manera que les fotografies es facin automàticament amb intervals de 5 segons entre elles. Així, al cap d'una hora i 2 minuts, s'havien fet un total de 106 imatges.

Amb l'aplicació *d'Startrails*, vaig agrupar totes les imatges en una, de manera que es va crear la imatge del costat (figura 87).



Figura 87. Traces de les Circumpolars durant 62 minuts

Es poden veure perfectament les traces de les circumpolars en forma d'arc de circumferència al voltant de l'estrella Polar. També es pot apreciar que, contra més llunyanes siguin les estrelles de la Polar, més rectes seran les seves traces. És a dir, a mesura que les estrelles s'allunyen de la Polar, els seus arcs són més rectes, a diferència de les que són properes a aquesta, que descriuen arcs de circumferència més marcats.

El fet que l'estrella Polar estigui molt a prop del PNC no vol dir que no es mogui també. Amb aquesta imatge de llarga exposició, es comença a veure una petita part del seu recorregut al voltant d'ell, doncs, es pot observar l'estrella Polar amb una forma lleugerament estirada.

3.3.2 Seguiment del moviment dels astres al llarg d'una nit

En aquest punt he pogut comprovar com afecta el moviment de rotació de la terra a l'hora d'observar el firmament nocturn en una sola nit, a través d'un seguiment de determinades constel·lacions.

Amb ajuda del planisferi celeste que vaig fer al punt 3.1, he pogut saber més o menys el moment en el qual una constel·lació apareixia al firmament i, d'aquesta manera, saber quan havia de començar a realitzar el seguiment.

Les fotografies següents estan fetes amb la càmera CANON EOS 1300D i un objectiu Canon 18-55. Estan totes editades amb l'aplicació de Photoshop. He utilitzat l'aplicació de l'*Stellarium* per guiar-me i, d'aquesta manera, posar les traces i els punts cardinals en el seu lloc corresponent.

3.3.3.1 Escorpí i Sagitari

Una de les constel·lacions que vaig escollir per a realitzar el seguiment va ser l'Escorpí, una constel·lació del firmament d'estiu, per tant, seria visible aquella nit (14 d'agost).

L'Escorpí, a diferència d'altres, és una constel·lació que es troba bastant a prop de l'horitzó i lluny del zenit, per tant, menys temps serà visible al firmament. Per a realitzar seguiment van bé aquest tipus de constel·lacions, ja que a la imatge podran sortir elements de la terra que serviran de referència per veure el moviment dels astres.

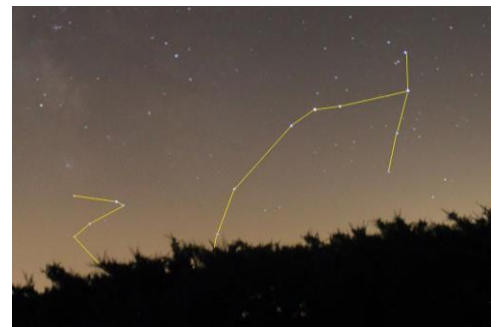


Figura 88. Constel·lació de l'Escorpí

Primerament, vaig agafar el planisferi i el vaig configurar de manera que em mostrés el cel nocturn d'aquell mateix dia cap a les deu, que era l'hora en la qual es feia de nit.

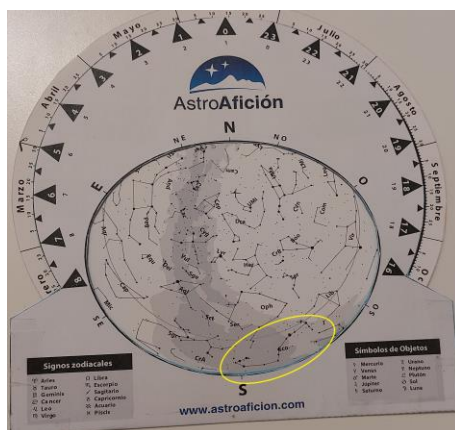


Figura 89. Planisferi celeste, configurat pel dia 14 d'agost a les 22:00 hores TU. Dins del cercle groc, es troba la constel·lació de l'Escorpí

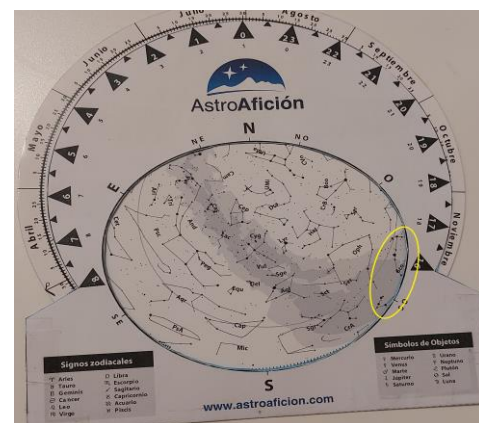


Figura 90. Planisferi celeste, configurat pel dia 14 d'agost a les 01:00 hores TU. Dins del cercle groc, es troba la constel·lació de l'Escorpí

En la figura 89, es pot veure el planisferi mostrant l'aspecte del cel mirant cap al Sud del dia 14 d'agost a les 22:00 hores TU, amb latitud de 41°N i longitud d' $1,46^{\circ}\text{E}$. La de la dreta, en canvi, té les mateixes dades menys l'hora, que marca la 01:00 hores TU. Amb aquestes dades, vaig començar a fotografiar el cel per capturar el moviment de l'Escorpí i realitzar així el seu seguiment.

La constel·lació de l'Escorpí és la que té les traces grogues (figura 91). He dibuixat l'asterisme de Sagitari de color vermell per tenir encara més elements de referència. Els punts cardinals estan a l'inferior de les fotografies escrits en color rosa.



Figura 91. Seguiment Escorpí en una nit (1)

Informació Figura 91 (1):

- Data de captura: 14/08/2022 22:06
- Distància focal: 18 mm
- Obertura diafragma: f / 3.5
- Velocitat obturador: 30s
- ISO: 800

En aquesta hora, que és el moment en el qual es fa de nit, la constel·lació de l'Escorpí ja no es troba en el moment de l'Ortus (E), sinó que es

troba ja passat el seu moment de Culminació (S). Això és pel fet que l'Escorpí és una constel·lació que comença a sortir pel firmament a principis d'estiu i, per tant, en aquestes dates ja va per la meitat del seu recorregut. Sagitari, a la seva esquerra, es troba encara en el moment de l'Ortus i una mica més amunt de l'horitzó respecte a l'Escorpí.

Informació Figura 92 (2):

- Data de captura: 14/08/2022 23:12
- Distància focal: 18 mm
- Obertura diafragma: f / 3.5
- Velocitat obturador: 30s
- ISO: 400

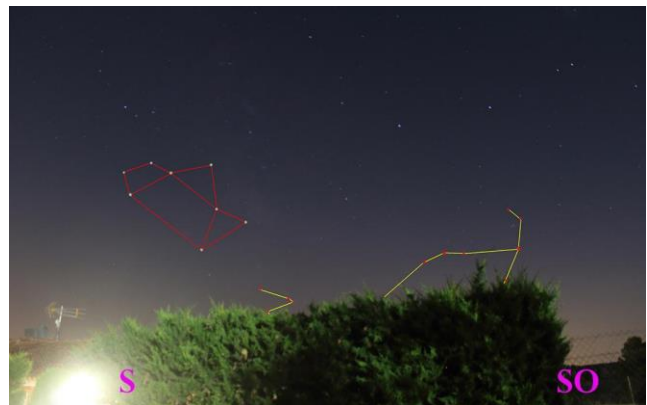


Figura 92. Seguiment Escorpí en una nit (2)

A partir d'aquest moment, vaig haver de

baixar l'ISO fins a 400 per tal de compensar una intensa llum externa que es va encendre a la casa de davant. Amb una diferència d'una hora i pocs minuts més que la fotografia anterior, es pot veure clarament com ambdues constel·lacions han avançat pel firmament.

Sagitari es troba ara en el seu punt de màxima altura respecte a l'horitzó (Culminació), en canvi, l'Escorpí ja és tirant cap a l'Oest, per tant, poc li quedarà per entrar en la fase de l'ocàs i desaparèixer. Algunes de les estrelles que el conformen visibles a la imatge anterior, en aquesta ja no ho són.



Figura 93. Seguiment Escorpí en una nit (3)

Informació Figura 93 (3):

- Data de captura: 15/08/2022 00:02
- Distància focal: 18 mm
- Obertura diafragma: f / 3.5
- Velocitat obturador: 30s
- ISO: 400

No ha passat ni una hora, no obstant, es veu un obvi canvi en la posició d'ambdues constel·lacions. Sagitari ha passat d'estar en el seu punt més alt respecte a l'horitzó a començar a baixar cap a ell mateix. En canvi, l'Escorpí es troba ja en els seus últims moments de visibilitat, ja no es pot veure ni la cua i està a punt de desaparèixer totalment pel Sud-oest. Respecte a la imatge anterior, es veu clarament com, a part de baixar, s'ha mogut notòriament cap a l'oest, tot realitzant un moviment en forma d'arc.

Informació Figura 94 (4):

- Data de captura: 15/08/2022 00:45
- Distància focal: 18 mm
- Obertura diafragma: f / 3.5
- Velocitat obturador: 30s
- ISO: 400



Figura 94. Seguiment Escorpí en una nit (4)

Tal com ho indicava el planisferi, l'Escorpí cap a la una ja estaria en el seu ple moment d'Ocàs, amagant-se per l'horitzó. Des d'on em trobava jo, l'escorpí ja abans de l'una, havia desaparegut totalment del firmament. El cercle groc és menys o menys on es trobaria, amagat al Sud-oest, tot seguint el seu cicle en forma d'arc. Per l'altra banda, Sagitari encara és visible, però ho serà per poca estona més. Respecte a la imatge anterior, es veu com ha baixat en direcció Sud-oest també, a punt de posar-se per l'horitzó.

Aquestes dues constel·lacions, a diferència d'altres, formen arcs petits perquè es troben lluny del zenit i a prop de l'horitzó, però igualment s'ha pogut apreciar el moviment aparent dels astres en forma d'arc en sentit est-sud-oest a causa del moviment de rotació de la Terra.

3.3.3.2 Capricorn

La següent constel·lació que vaig triar per realitzar el seu seguiment en una nit va ser Capricorn. A diferència de l'Escorpió, Capricorn és una constel·lació de finals d'estiu, per tant, en la nit la qual vaig dur a terme el seguiment (14 d'agost), es trobava encara en la seva fase d'Ortus pel seu recorregut al firmament.

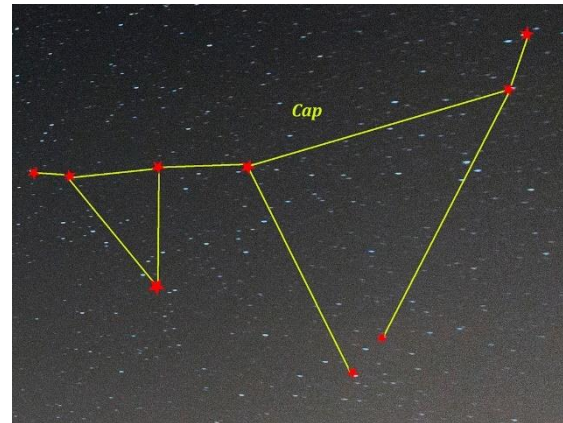


Figura 95. Constel·lació de Capricorn

Vaig començar ajustant el planisferi per poder guiar-me i així saber on estaria Capricorn en cada moment. Com que és una constel·lació de finals d'estiu, el vaig adaptar per més enllà de l'hora en la qual es feia de nit, quan Capricorn comences a aparèixer pel firmament.

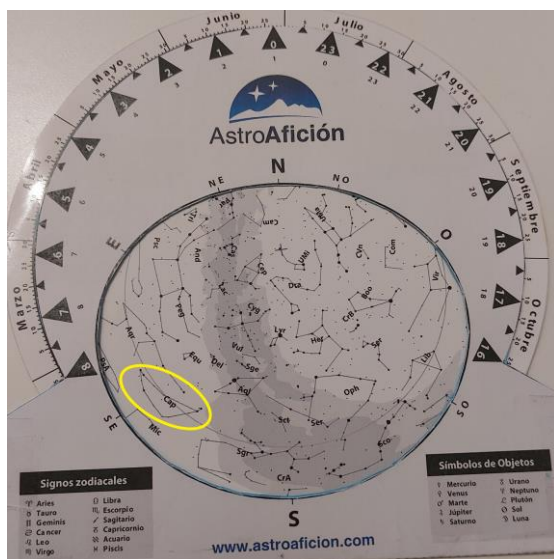


Figura 96. Planisferi celeste, configurat pel dia 14 d'agost a les 22:00 hores TU. Dins del cercle groc, es troba la constel·lació de Capricorn

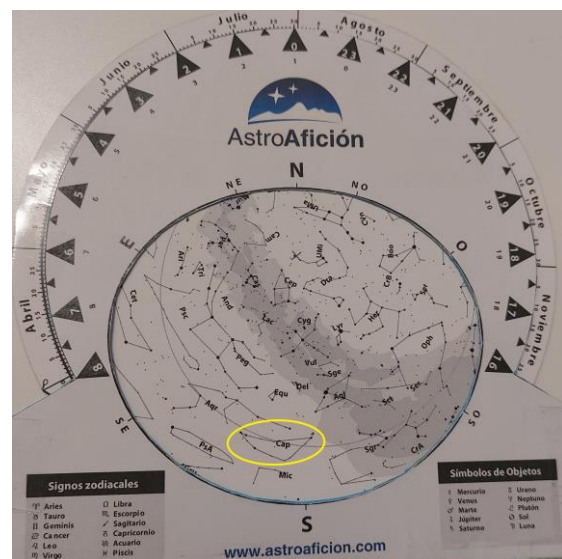


Figura 97. Planisferi celeste, configurat pel dia 14 d'agost a les 00:00 hores TU. Dins del cercle groc, es troba la constel·lació de Capricorn

En la figura 96, es pot veure el planisferi mostrant l'aspecte del cel mirant cap al Sud del dia 14 d'agost a les 22:00 hores TU, amb latitud de 41 °N i longitud d'1,46 °E. La figura 97, en canvi, té les mateixes dades menys l'hora, que marca la 00:00 hores TU.

La constel·lació de Capricorn és la que té les traces grogues (figura 100). A la seva esquerra, dibuixada amb traces vermelles, es troba de la constel·lació d'Aquari (Aqr) i, a la dreta, una petita part de la constel·lació de Sagitari (Sgr). Els punts cardinals estan a l'inferior de les fotografies escrits en color rosa.

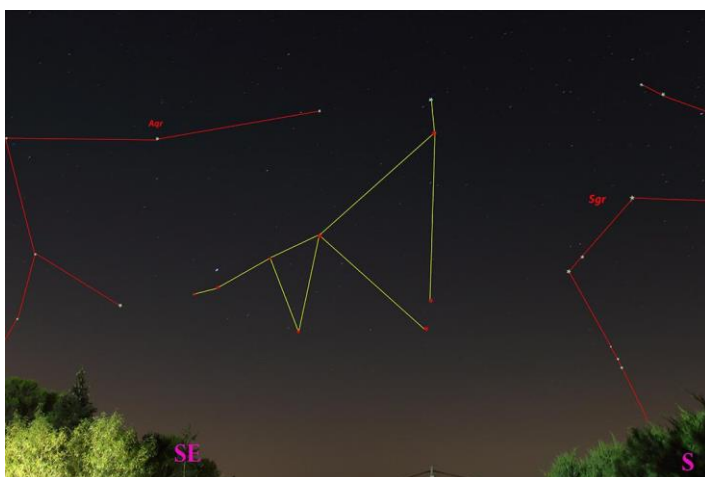


Figura 98. Seguiment Capricorn en una nit (1)

Informació Figura 98 (1):

- Data de captura: 14/08/2022 - 22:44
- Distància focal: 25 mm
- Obertura diafragma: f/4
- Velocitat obturador: 30s
- ISO: 400

En aquesta hora, Capricorn encara es troba en un punt baix, encara una mica a prop de l'horitzó. Sagitari, a la seva dreta, es troba en la seva fase de la

Culminació (S), en canvi, Aquari, a l'esquerra, fa poc que ha aparegut al firmament i es troba en completa fase de l'Ortus (E).

Informació Figura 99 (2):

- Data de captura: 14/08/2022 - 23:45
- Distància focal: 18 mm
- Obertura diafragma: f/3.5
- Velocitat obturador: 30s
- ISO: 400

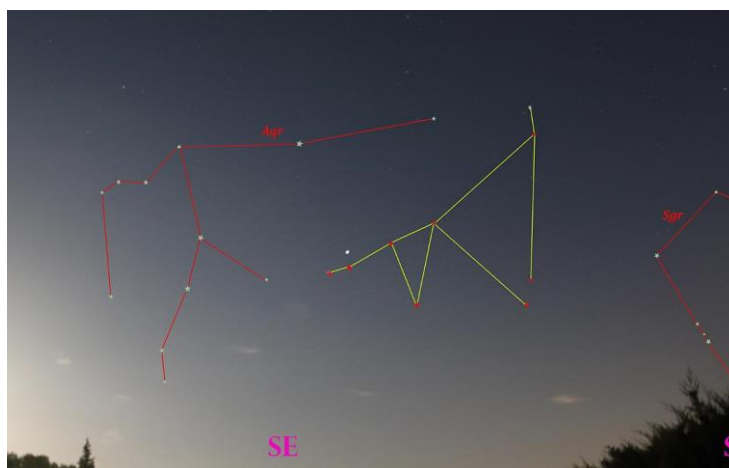


Figura 99. Seguiment Capricorn en una nit (2)

Amb una diferència de només una hora, es pot veure un notori canvi en la posició de les tres constel·lacions marcades.

Capricorn segueix en la seva fase

de l'Ortus, pujant en direcció Sud. El mateix fa Aquari que, al seu costat esquerre, es pot observar ara la constel·lació completa. Sagitari, per l'altra banda, comença a entrar en la fase l'Ocàs, baixant en direcció Oest i començant a desaparèixer de la imatge.

Per a fer aquesta fotografia, vaig baixar la distància focal a 18 mm. D'aquesta manera, el camp visual va augmentar, i és per això que les constel·lacions es veuen més petites respecte a la imatge anterior, foto feta amb distància focal de 25 mm.

Aquell dia hi havia Lluna plena i, en aquell moment, es pot començar a apreciar com va sortint per l'Est. Aquest fet va afectar molt a la qualitat de la imatge, doncs, a causa de la gran lluentor que emet la Lluna, algunes estrelles de la constel·lació d'Aquari van deixar de ser visibles, entre d'altres. No vaig voler fer encara canvis bruscos en els ajustaments de la càmera, ja que l'ISO estava bastant baixa d'abans.

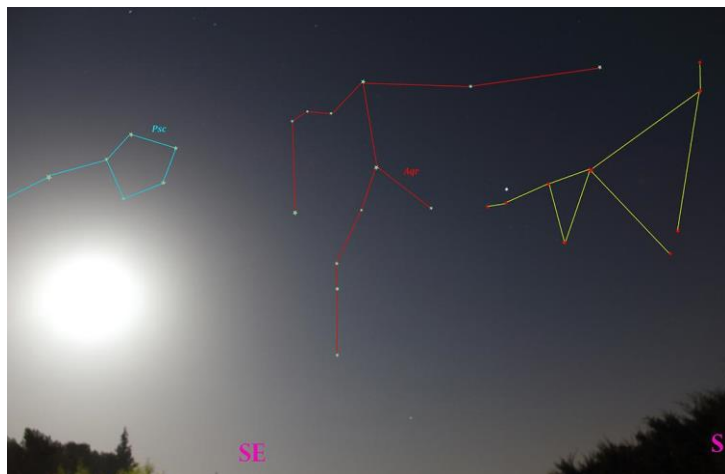


Figura 100. Seguiment Capricorn en una nit (3)

Informació Figura 100 (3):

- Data de captura:
15/08/2022 - 00:48
- Distància focal: 18 mm
- Obertura diafragma:
f/3.5
- Velocitat obturador:
30s
- ISO: 200

Aquí la Lluna ja va passar a ser la protagonista de la imatge,

per tant, no vaig poder evitar fer un petit retoc en els ajustaments de la càmera. Vaig baixar l'ISO a 200, una quantitat que se sol emprar per a fer imatges de dia.

Com es pot veure, a les 01:00 hores, Capricorn encara no ha entrat en la seva fase de màxima altura respecte a l'horitzó (Culminació), sinó que encara li queden uns dies. No obstant això, respecte a la imatge anterior, es veu clarament com ha pujat en sentit Sud-oest. Aquari, a la seva esquerra, es veu perfectament (menys les estrelles properes a la Lluna) i es troba pujant també en forma d'arc direcció Sud-oest.

A l'esquerra del tot de la imatge, es comença a veure una constel·lació important. Assenyalada en color blau cel, es pot veure el cap de la constel·lació dels Peixos (Psc), una constel·lació de tardor. És per això que es pot començar a veure a altes hores de la nit. Es troba en plena fase de l'Ortus (E).

3.3.3 Seguiment del moviment dels astres al llarg del temps

En aquest punt he pogut comprovar com afecta el moviment de translació de la terra a l'hora d'observar el firmament nocturn al llarg del temps, a través d'un seguiment de determinades constel·lacions.

Algunes de les fotografies següents estan fetes amb una càmera CANON EOS 1300D i un objectiu Canon 18-55 i altres estan fetes amb una CANON EOS 70D i un objectiu Canon 15-85. Estan totes editades amb l'aplicació de Photoshop. He utilitzat l'aplicació de l'*Stellarium* per guiar-me i, d'aquesta manera, posar les traces i els punts cardinals en el seu lloc corresponent.

3.3.3.1 El Dofi i l'Àguila

Seguint els càlculs realitzats al punt 3.1.2, vaig començar a realitzar el seguiment d'aquestes dues constel·lacions. El Dofi i l'Àguila són dues constel·lacions situades molt juntes entre si, per tant, es pot fer un seguiment del moviment d'ambdues a la vegada.

En les següents imatges, apareixen les constel·lacions del Dofí i l'Àguila representades amb traces grogues. Al voltant, de color vermell, he dibuixat les traces diverses constel·lacions dels diferents punts cardinals. Al Nord-oest es troba la constel·lació del Cigne (Cyg), al Sud-oest, les constel·lacions de Pegàs (Peg) i del Cavallet (Equ). Justament al Sud, la constel·lació d'Aquari (Aqr) i, més cap al Sud-est, la constel·lació de Capricorn.

Per l'altra banda, a l'Est, trobem la constel·lació de l'Escut (Sct) i, al Nord-est, la constel·lació del Cap de la Serp (Ser).

Els punts cardinals estan a l'inferior de les fotografies escrits en color rosa.

Informació Figura 101 (1):

- Data de captura: 15/07/2022 22:53
- Distància focal: 15 mm
- Obertura diafragma: f / 3.5
- Velocitat obturador: 30s
- ISO: 1250

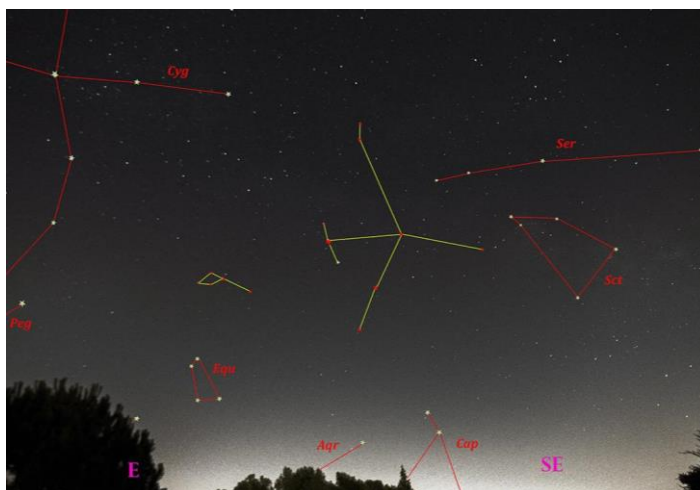


Figura 101. Seguiment Dofí+Àguila al llarg del temps (1)

Vaig començar el seguiment el 15 de juliol. Per aquelles dates, les constel·lacions del Dofí de l'Àguila es trobaven en plena fase d'ocàs, doncs, probablement feia poc que havien començat a aparèixer pel firmament nocturn d'estiu. Es troben a l'Est i en un punt encara relativament a prop de l'horitzó.

Pel que fa a les constel·lacions del costat, la Serp i l'Escut són les que van més "avançades". Pegàs, Aquari i Capricorn estan encara més endarrerides que el Dofí i l'Àguila, doncs, no es poden veure ni senceres, ja que encara estan molt a prop de l'horitzó.

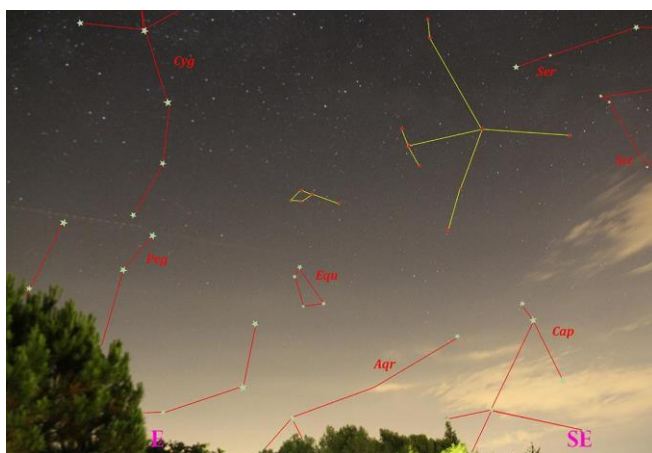


Figura 102. Seguiment Dofí+Àguila al llarg del temps (2)

Informació Figura 102 (2):

- Data de captura: 22/07/2022 23:07
- Distància focal: 15 mm
- Obertura diafragma: f / 3.5
- Velocitat obturador: 30s
- ISO: 1600

Només amb menys d'una setmana de diferència, es pot veure clarament

com l'aspecte del cel ha variat, sembla que tots els astres han pujat direcció Sud. Ara, es poden apreciar el cap i les potes de la constel·lació de Pegàs. Aquari comença a mostrar més de les seves estrelles i Capricorn ja es pot veure de forma quasi completa. Per l'altra banda, la Serp i l'Escut, igual que totes, han pujat en direcció Sud-oest. Pel que fa a les protagonistes, el Dofí i l'Àguila, encara segueixen en la fase d'ocàs, però es nota com han pujat, doncs, ara no es troben tan a prop dels arbres de referència (de l'horitzó).

Informació Figura 103 (3):

- Data de captura: 30/07/2022 - 22:54
- Distància focal: 15 mm
- Obertura diafragma: f / 3.5
- Velocitat obturador: 30s
- ISO: 1250

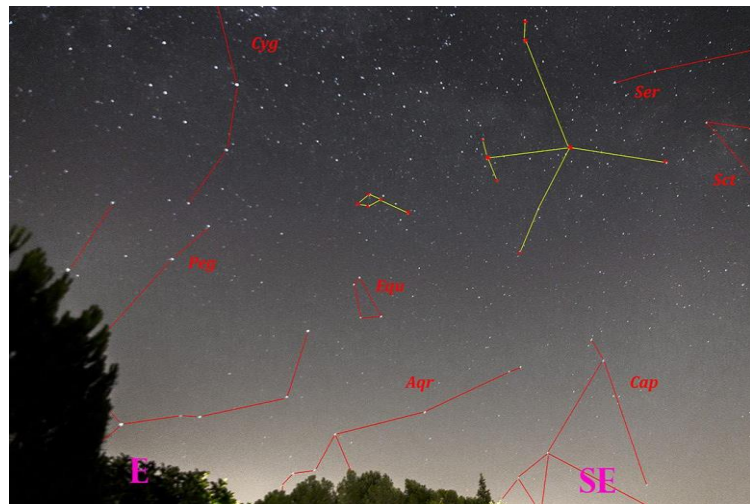


Figura 103. Seguiment Dofí+Àguila al llarg del temps (3)

A primera vista, després de 8 dies, aquest cop sembla no haver-hi tanta diferència. És potser perquè l'anterior fotografia està feta uns 10 minuts després. Igualment, hi ha petits canvis que es poden apreciar.

Ara el Cigne només mostra una de les seves ales, ja que es troba pujant constantment direcció Sud. Pegàs, Aquari i Capricorn segueixen en un punt bastant baix, pel fet que les tres són constel·lacions de finals d'estiu i principis de tardor. Per l'altra banda, la Serp i l'Escut cada cop mostren menys de les seves figures i, pel que fa al Dofí i l'Àguila, es nota com a poc a poc van traçant aquest arc en sentit Est-Sud-Oest. Tot i que encara es troben a l'Est, en el moment d'ocàs, els hi queda relativament poc per arribar a la fase de culminació.

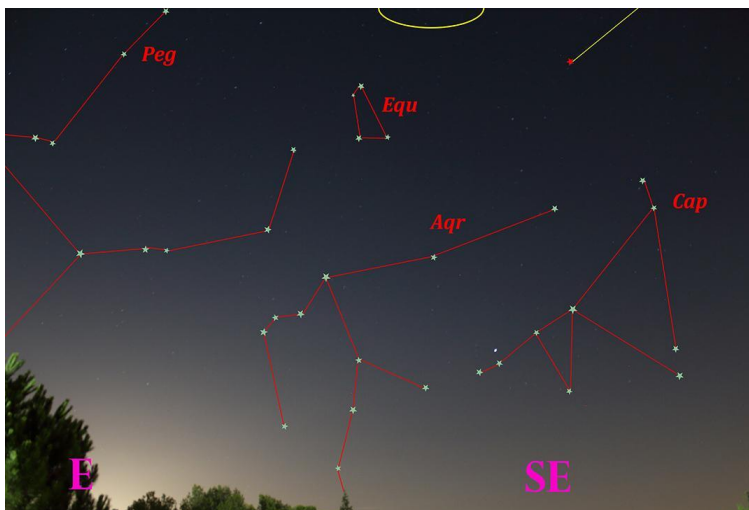


Figura 104. Seguiment Dofí+Àguila al llarg del temps (4)

Informació Figura 104 (4):

- Data de captura: 14/08/2022 23:06
- Distància focal: 18 mm
- Obertura diafragma: f / 3.5
- Velocitat obturador: 30s
- ISO: 400

Després d'un parell de setmanes respecte la imatge

anterior, es pot observar un gran canvi en l'aspecte del cel. Des de la mateixa perspectiva, ja no es veuen les mateixes constel·lacions o, més ben dit, algunes constel·lacions han deixat de ser visibles. Les constel·lacions de les quals només es podia veure una petita part d'elles a mitjan juliol ara, a mitjan agost, es poden apreciar de forma completa o quasi completa, tal com Pegàs, Aquari i Capricorn. No obstant això, aquestes es troben encara en fase d'ocàs (E).

El Cigne, la Serp i l'Escut han desaparegut totalment d'aquesta zona del firmament, ja que deuen estar bastant amunt, molt llunyanes de l'horitzó.

A mitjans d'agost, les constel·lacions protagonistes (el Dofí i l'Àguila) es troben ja entrant en la fase de culminació, per arribar al punt més alt respecte l'horitzó del seu recorregut. Han pujat tant pel firmament en direcció Sud que, des de la mateixa perspectiva, s'han deixat de mostrar. Ara només es veu la punta d'una ala de l'Àguila. El cercle groc és més o menys on es trobaria el Dofí.

No obstant, que no es vegin des d'aquesta perspectiva no vol dir que hagin desaparegut del firmament, ni molt menys. Ara es troben en un punt bastant alt respecte l'horitzó, apropant-se cada cop més al Zenit.

En la figura 105, el planisferi està configurat de manera que mostra el cel visible d'aquell mateix dia a la mateixa hora, 14 d'agost a les 23:00 TU aproximadament.

Dins del cercle groc es troben les constel·lacions del Dofí i l'Àguila. Aquest cercle groc es troba dins d'un altre de color vermell, situat just enmig del mapa circular. Aquest, representa la zona del Zenit, zona la qual estarà just a sobre de l'observador. Per tant, les constel·lacions que es localitzin dins d'aquest cercle, es trobaran en el seu punt més alt respecte a l'horitzó, és a dir, en la fase de culminació (com és el cas del Dofí i l'Àguila).

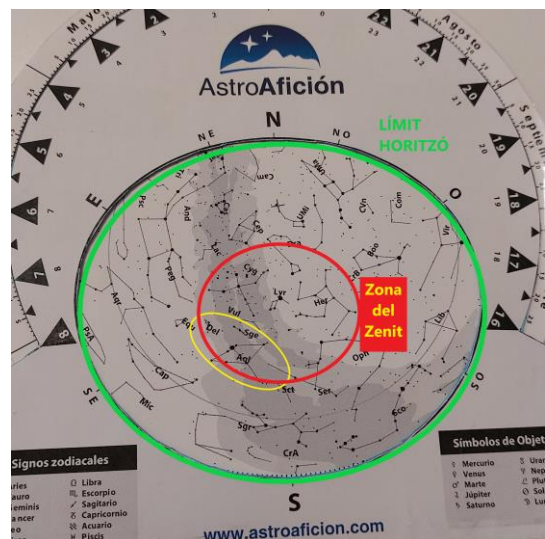


Figura 105. Planisferi celeste configurat per mostrar l'aspecte del firmament del dia 14 d'agost a les 23:00 hores TU



La figura 106 està feta en el mateix moment, al mateix lloc i amb les mateixes característiques que la figura 104. L'única cosa que ha canviat és que està en vertical, de manera que es poden veure les constel·lacions protagonistes d'aquest seguiment, el Dofí i l'Àguila, marcades en groc.

Figura 106. Constel·lacions de la zona SE, 14 d'agost a les 23.10 hores TU. latitud 41 °N i longitud 1.46 °E

3.4 Contaminació lumínica en l'observació astronòmica

He realitzat tota la part pràctica del treball des d'un terreny prou allunyat de les ciutats i dels nuclis urbans. Això és, en efecte, perquè l'observació del cel nocturn des de la ciutat és bastant complicada, sobretot des de les últimes dècades, amb l'aparició de la tecnologia LED.

La contaminació lumínica es dispersa per l'atmosfera terrestre, augmentant així la brillantor del cel nocturn i amagant la majoria de les estrelles i cossos celestes.

La principal causa d'aquesta contaminació és el mal ús de l'enllumenat artificial, el qual és excessiu i es troba, generalment, malament dirigit, enviant la llum a zones innecessàries.



Figura 107. Tipus de fanal altament generador de contaminació lumínica

En la figura 107 es poden veure els típics fanals causants de la contaminació lumínica. En aquests, la llum artificial produïda està sent malbaratada de forma inútil, doncs, és

enviada lateralment, cap a llocs on no és necessària tota aquesta quantitat de llum. A més, les llums de tonalitats fredes són les que més es dispersen per l'atmosfera.

D'aquesta manera, a part de provocar més contaminació lumínica, es malgasta una gran quantitat d'energia i diners.

L'enlluernament és un altre gran causant de la contaminació lumínica. Aquest fet es dona quan la potència de la llum artificial és totalment excessiva en una determinada zona. En la figura 108, es pot veure un gran focus de llum artificial. Aquest, es troba a bastants quilòmetres del punt des d'on es va fer la fotografia, però malgrat això, enlluerna tota la imatge. No es pot veure absolutament cap estrella.



Figura 108. Llum artificial amb una potència excessiva

Avui dia la contaminació lumínica és un problema evident del qual s'està intentant establir mesures amb la finalitat de reduir-lo. Alicia Pelegrina, una doctora de l'Institut d'Astrofísica d'Andalusia (IAA) proposa: *“És qüestió d'il·luminar millor, d'una forma més sostenible, evitant l'emissió de llum de forma directa al cel, utilitzant només la quantitat de llum que sigui necessària dirigida només cap al que necessitem veure, en els rangs espectrals que els nostres ulls poden percebre-la i en un horari adequat”* (traduït al català).

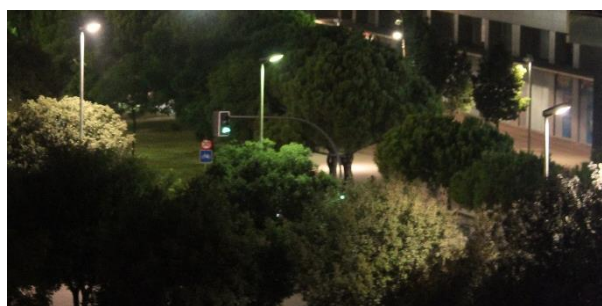


Figura 109. Exemple de tipus de fanals no perjudicials

Les propostes per frenar aquest tipus de contaminació són sempre les mateixes; només cal pensar de manera lògica i senzilla. L'aplicació de fanals amb bombetes de llum càlida, que és la que menys es dispersa en l'atmosfera, amb una potència adequada, restringir l'horari d'il·luminació i l'ús d'aquesta en pals publicitaris, la prohibició de focus de llum amb gran potència (figura 108) i, sobretot, la direcció de la llum: únicament cap a baix.

Són greus els perjudicis ocasionats per la contaminació lumínica. A més, no només afecten la zona d'on es produeix, sinó que aquesta llum es dispersa per l'atmosfera fins a desenes de quilòmetres.

Amb una ISO a 1600, l'obertura del diafragma a $f/3.5$ i 10 segons d'exposició, s'ha aconseguit la següent fotografia (figura 110). Aquesta, està feta des d'una urbanització de Pontons, per tant, es tracta d'una zona rural allunyada dels nuclis urbans, amb el número d'escala Bortle de 4,6. No obstant, la imatge es troba en la direcció de la ciutat de Vilafranca, situada a 17 km.



Figura 110. Com afecta la contaminació lumínica en l'observació astronòmica des d'un paisatge rural

Encara que es poden veure gran quantitat d'estrelles, es pot observar com l'horitzó presenta un lleuger color ataronjat, pel fet que en aquella zona se situa un nucli urbà.

Ara bé, el problema s'agreuja desmesuradament des dels mateixos nuclis urbans. Les següents fotografies, fetes ambdues amb una ISO A 200, l'obertura del diafragma d' $f/5$ i un temps d'exposició de 3 segons, estan fetes des de Cornellà de Llobregat, un lloc totalment urbà rodejat per altres ciutats.

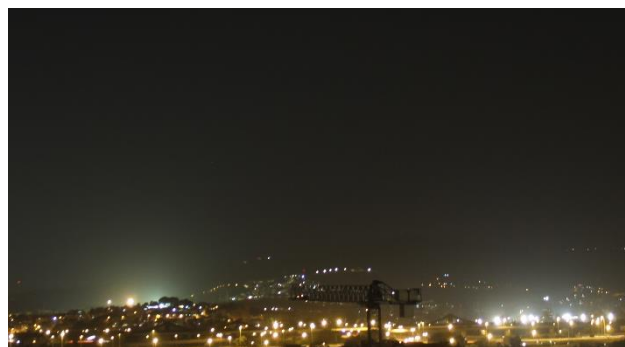


Figura 111. Com afecta la contaminació lumínica en l'observació astronòmica des d'un paisatge urbà (1)



Figura 112. Com afecta la contaminació lumínica en l'observació astronòmica des d'un paisatge urbà (2)

Es pot observar com el dèbil color ataronjat de l'horitzó en la figura 110 ha passat a ser obvi en les figures 111 i 112. A més, la potencia de la brillantor dels fanals, empitjoren encara més la qualitat tant del cel com la de la imatge. No es pot veure cap estrella.

Aquest problema, per tant, afecta directament en l'àmbit de l'astronomia. Cada llum artificial és una font de contaminació i, totes juntes, "anul·len" la lluentor de les estrelles. La ciutat des d'on estan fetes les figures 115 i 116 és Cornellà de Llobregat, la qual es troba en el número 8,6 en l'Escala Bortle.

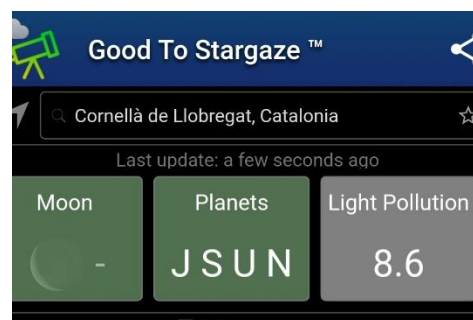


Figura 113. Dades del firmament de Cornellà de Llobregat. Font. Good To Stargaze

9	4.0 en el millor dels casos	Cel interior de la ciutat.	No es veu gens.	Només el Clúster de les Plèiades és visible per a tots excepte per als observadors més experimentats.	Només es poden distingir les constel·lacions més brillants i els falten estrelles.	Els núvols estan brillantment il·luminats.	Tot el fons del cel té una brillantor brillant, fins i tot al zenit.
---	-----------------------------	----------------------------	-----------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------

Figura 114. Elements visibles o no visibles en zones amb número d'Escala Bortle 9. Font. Bigskyastroclub

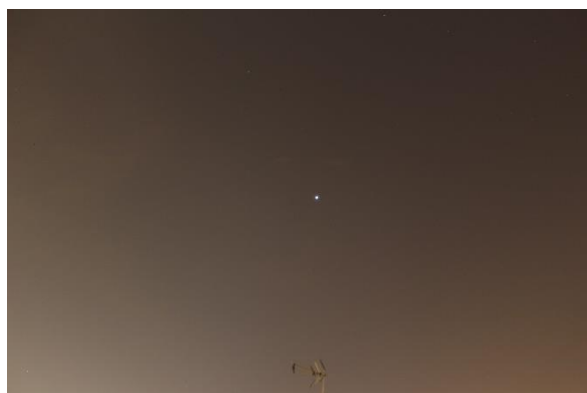


Figura 115. El punt brillant del centre representa el planeta de Júpiter. Velocitat obturador 3s

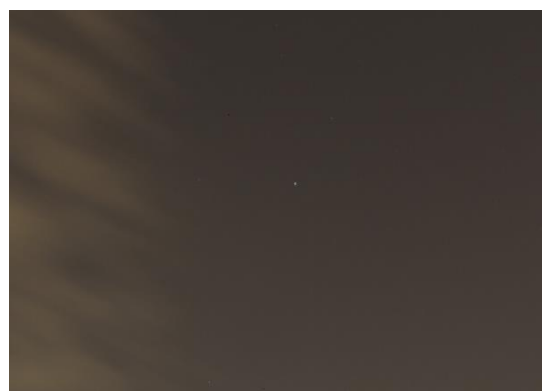


Figura 116. El punt del centre correspon a Alfa UMi: l'estrella Polar. Velocitat obturador 3s

Com a resultat directe d'aquesta contaminació, s'aconsegueixen fotografies del cel nocturn amb un color ataronjat. Tal com es menciona en la figura 114, només es veuen les estrelles i cossos més lluminosos; només Júpiter és visible (figura 115) i l'estrella Polar (figura 116). Els núvols es presenten amb més brillantor, ajudant a donar encara més desenfocament a la imatge.

Altres constel·lacions rellevants, com Pegàs (Peg) o Andròmeda (And), s'arriben a veure d'una manera parcial i no completa; només algunes estrelles són visibles. Les imatges següents estan fetes ambdues amb una velocitat de l'obturador de 30 s, una des de Cornellà de Llobregat (figura 117) i l'altre des de Pontons (figura 118).



Figura 117. Constel·lació d'Andròmeda i Pegàs des de Cornellà de Llobregat

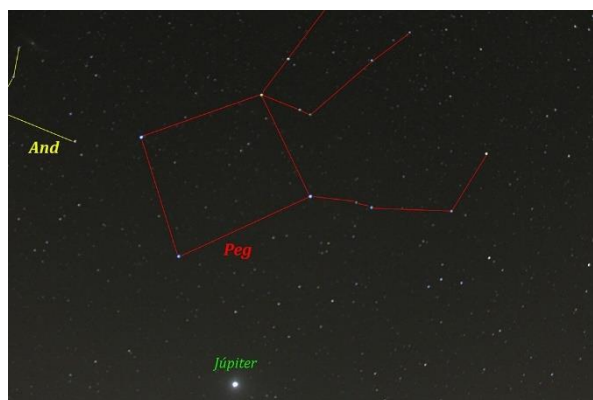


Figura 118. Constel·lació d'Andròmeda i Pegàs des de Pontons

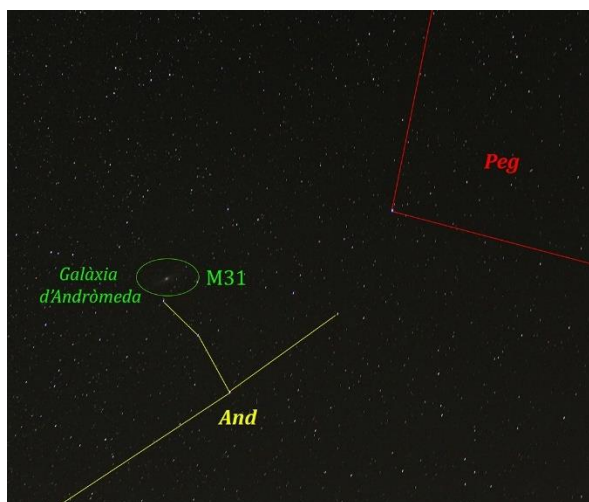


Figura 119. Constel·lació d'Andròmeda (color groc), i la galàxia d'Andròmeda (M31). Una part de Pegàs es troba a l'extrem superior dret de la imatge, en color vermell.

En la figura 117, es poden veure les estrelles més principals d'aquestes constel·lacions, ja que una gran part d'elles ha desaparegut, per tant, cal imaginar les traces de tota la constel·lació. Per l'altra banda, en les figures 118 i 119, a més d'haver perdut tot el Fons borros i el color ataronjat, es poden veure ara les estrelles d'ambdues constel·lacions perfectament.

De fet, en aquesta àrea del cel, al costat de la constel·lació d'Andròmeda, es troba la galàxia d'Andròmeda, catalogada a Messier com M31. Aquesta, té la característica que, des d'un cel de "bona qualitat", es pot fotografiar perfectament sense la necessitat de cap teleobjectiu i, fins i tot, veure a ull nu.

Des d'un nucli urbà com Cornellà, les estrelles components del lluminós asterisme del Triangle d'Estiu es poden veure com a dèbils punts. Amb un temps d'exposició de 30 segons (figura 120), s'arriben a capturar algunes altres estrelles, però no té res a veure

Des d'un nucli urbà com Cornellà, les estrelles components del lluminós asterisme del Triangle d'Estiu es poden veure com a dèbils punts. Amb un temps d'exposició de 30 segons (figura 120), s'arriben a capturar algunes altres estrelles, però no té res a veure

amb la figura 121, on es poden diferenciar perfectament totes les estrelles de les diferents constel·lacions, tant de l'asterisme com d'altres.

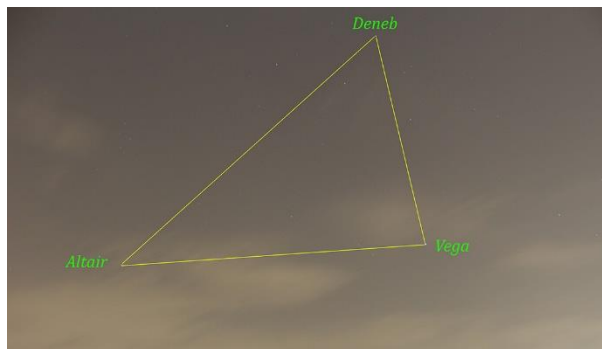


Figura 120. Asterisme del Triangle d'Estiu des de Cornellà de Llobregat. ISO: 200, velocitat obturador 30 s i obertura diafragma f/5

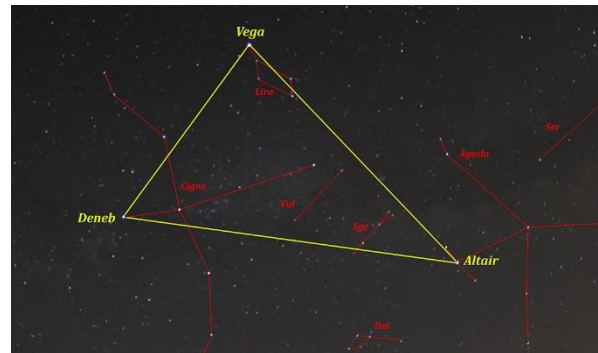


Figura 121. Asterisme del Triangle d'Estiu des de Pontons. ISO: 1600, velocitat obturador 30 s i obertura diafragma f/3.5

4. CONCLUSIÓ

Un cop acabat el projecte, m'adono de la multitud de coses que he après sobre l'astronomia en general. De fet, aquest era el meu primer objectiu, per tant, puc dir que l'he complert, superant les meves pròpies expectatives. Quan me'l vaig proposar, només pensava en adquirir informació teòrica, però, ha anat més enllà. Gràcies a la quantitat d'hores que he dedicat a observar el firmament, sense adonar-me'n quasi, he aconseguit familiaritzar-me amb ell, cosa que pensava que mai seria capaç.

Respecte al meu primer objectiu, l'he complert totalment, sobretot en la part teòrica. Dins d'aquest àmbit, no només he après les típiques coses sobre les estrelles o les constel·lacions, sinó que he pogut conèixer la història de l'astronomia, el funcionament dels diferents materials astronòmics, de què tracta l'esfera celeste... Tots aquests coneixements teòrics els vaig poder aplicar a la pràctica, i així he aconseguit complir el meu propòsit número dos: poder identificar les constel·lacions al llarg de l'any i les estrelles més importants que les conformen, amb ajuda del planisferi celeste que vaig fer. No obstant això, en aquest mateix objectiu em vaig proposar reconèixer els objectes més rellevants del cel profund, i aquí no he aconseguit fer tanta cosa. Suposo que vaig pensar que podria arribar a conèixer aquest tipus d'objectes perquè encara no havia començat el treball i no sabia res d'aquest món de l'astronomia. Però un cop començar a fer la recerca teòrica, em vaig adonar que veure o fer una fotografia d'una galàxia, és molt més que agafar una càmera "normaleta" lligada a un trípod i fer una foto de 30 segons.

Vaig aprofitar aquesta errada de principiant per fer una de les coses més interessants per mi de la part pràctica: un seguiment del moviment aparent dels astres en l'esfera celeste, cosa que al principi ni ho havia pensat.

La part pràctica és la que m'ha semblat més complicada de realitzar. He hagut d'utilitzar programes com l'Stellarium o més complexes com el Photoshop que no havia utilitzat mai. Però no va ser aquest el punt més complicat, sinó que va ser l'hora de fer les fotografies del cel. Va haver-hi nits espectaculars, però altres eren nefastes: núvols, lluna plena, llums de veïns enceses, molta calor, pluja, tempesta... L'únic problema de tot això és que m'ha portat bastant de temps fer totes les imatges, i no perquè sigui una cosa molt lenta (que també) sinó perquè havia d'esperar alguna d'aquelles nits perfectes, de les quals van ser poques, però molt aprofitades.

Estic satisfeta amb el meu treball, però, si hagués tingut més temps, l'hauria allargat més. Primerament, la meua recerca es podria continuar acabant de fer els cels de totes les estacions, per tant, realitzant l'anàlisi del cel d'hivern i de tardor, justament els que no he pogut fer. He fet un seguiment dels astres en una nit i en mesos, però no puc dir que he fet de tot l'any, ja que em queden aquestes estacions pendents.

Un altre punt que es podria allargar més seria el del seguiment del moviment de diverses constel·lacions. Agafar-ne altres més llunyanes a l'horitzó, més properes al PNC, al zenit... Tot per veure els diferents recorreguts dels astres per l'esfera celeste.

En conclusió, aquest projecte m'ha apropat molt a aquest món tan gran de l'astronomia, a part de resoldre'm tots els dubtes (i molts més dels que tenia). Des de

petita he estat fascinada per aquest àmbit, però mai havia tingut l'ocasió per posar-me a investigar. Ara, amb la recerca finalitzada, he adquirit molts coneixements i recursos que puc utilitzar per continuar amb la meva afició, doncs, ara miro el cel nocturn i ja no veig només puntets a l'atzar, sinó figures amb un mite darrere, asterismes... M'ha ajudat a adonar-me que l'astronomia és molt més fascinant del que ja em pensava que era. Gràcies a haver profunditzat en aquesta prematura afició, potser en el futur puc em puc dedicar de manera professional en l'àmbit astronòmic.

5. BIBLIOGRAFIA

- González Arranz, C., & Arranz García, P. (2010). *El Cielo a tu alcance: Guía práctica de observación*. EQUIPO SIRIUS, S.A.
- *Estrellas: la guía visual definitiva del cosmos*. (2017). DK.
- Stott, C. (1999). *Astronomía: manual completo, métodos e instrumentos básicos para la observación del firmamento*. Raíces Editorial.
- Scagell, R. (2005). *Gran atlas del firmamento*. Pearson Educación.
- Rees, M. (Ed.). (2006). *Grandes de alhambra: universo*. Pearson Educación.
- Bourge, P., Lacroux, J., & Dupont-Bloch, N. (2007). *Guía práctica del astrónomo amateur*. Ediciones Omega, S.A.
- Gabàs Masip, J. (2019). *El sistema solar*. RBA Libros, S.A.

6. WEBGRAFIA

2.1 *Astronomía - Ramas de la astronomía*. (n.d.). Cursos Online. Retrieved September 20, 2022, from <https://cursosonlineweb.com/ramas-de-la-astronomia.html>

2.1.1 *Historia de la Astronomía*. (n.d.). Instituto Milenio de Astrofísica. Retrieved September 20, 2022, from <https://www.astrofiscamas.cl/wp-content/uploads/2017/02/astronomiaparatodos.pdf>

HISTORIA DE LA ASTRONOMÍA. (n.d.). TeideAstro. Retrieved September 20, 2022, from <http://teideastro.com/assets/files/Astro/HISTORIA%20DE%20LA%20ASTRONOMIA.pdf>

2.2.1 *El Sistema Solar*. (n.d.). Astronomía para todos. Retrieved September 20, 2022, from <https://astronomiaparatodos.com/el-sistema-solar-2/>

2.2.2 Kaulen, M. (2021, September 21). *Nebulosas: cómo se forman y qué tipos existen*. Telescopios Chile. Retrieved September 20, 2022, from <https://www.telescopioschile.cl/nebulosas-como-se-forman-y-que-tipos-existen/>

2.2.2.1 *Objetos de cielo profundo*. (n.d.). Atlas de astronomía. Retrieved September 20, 2022, from https://atlasdeastronomia.com/objetos_de_cielo_profundo.html

Cielo profundo. (n.d.). Astronomía para todos. Retrieved September 20, 2022, from <https://astronomiaparatodos.com/cielo-profundo/>

2.2.3 (n.d.). Evolución estelar: Nacimiento, vida y muerte de las estrellas. Retrieved September 20, 2022, from http://sac.csic.es/astrosecundaria/es/cursos/formato/materiales/ppts/conferencias/C1_es.pdf

2.3.2 *Declinación (Astronomía)*. (n.d.). EcuRed. Retrieved September 20, 2022, from [https://www.ecured.cu/Declinaci%C3%B3n_\(Astronom%C3%ADa\)](https://www.ecured.cu/Declinaci%C3%B3n_(Astronom%C3%ADa))

Martínez, J. L. (2018, March 8). *La esfera celeste*. Astronomía para todos. Retrieved September 20, 2022, from <https://astronomiaparatodos.com/2018/03/08/la-esfera-celeste/>

2.4.1.1 *Tipos de prisma*. (2018, March 3). Binoculares para observación de aves / Binóculos para observação de aves. Retrieved September 20, 2022, from <http://binoculaves.blogspot.com/2018/03/tipos-de-prisma.html>

2.4.2 *Infografía - Parámetros Básicos en Fotografía*. (n.d.). ARTICULOSFOTOGRAFICOS.COM. Retrieved September 20, 2022, from <https://articulosfotograficos.com/blog/parametros-basicos-en-fotografia.html>

Luna, J. A. (2015, February 28). *Lo que deberías saber para realizar astrofotografía*. Hipertextual. Retrieved September 20, 2022, from <https://hipertextual.com/2015/02/consejos-para-realizar-astrofotografia>

Stimac, V. (n.d.). *Astrofotografía para principiantes: ¿cómo fotografiar los cielos nocturnos?* Lonely Planet. Retrieved September 20, 2022, from <https://www.lonelyplanet.es/blog/astrofotografia-para-principiantes-como-fotografiar-los-cielos-nocturnos>

2.4.3 *Constelaciones - Información y Características*. (n.d.). Enciclopedia de Geografía. Retrieved September 20, 2022, from <https://www.geoenciclopedia.com/constelaciones/>
https://es.wikipedia.org/wiki/Denominaci%C3%B3n_de_Bayer

2.4.5 Winkler, L., & Arias, B. C. (n.d.). *Instituto de Astronomía*. Instituto de Astronomía. Retrieved September 20, 2022, from https://www.astrocu.unam.mx/IA/index.php?option=com_content&view=article&id=673&Itemid=273&lang=es

3.1 *Coordenadas geográficas de España - Latitud y longitud*. (n.d.). Geodatos. Retrieved September 20, 2022, from <https://www.geodatos.net/coordenadas/espana>

Coordenadas de Pontons (España) con latitud y longitud. (n.d.). Antipodas.net. Retrieved September 20, 2022, from <https://www.antipodas.net/coordenadaspais/espana/pontons.php>

3.4

https://mediambient.gencat.cat/es/05_ambits_dactuacio/atmosfera/contaminacio_luminica/que-es-la-contaminacio-luminica/

<https://www.epe.es/es/medio-ambiente/20220913/contaminacion-luminica-amenaza-observacion-astronomica-75357722>