



FACULTADE DE MATEMÁTICAS

Traballo Fin de Grao

Anuarios, efemérides e bases de datos astronómicos

Javier Pérez Couto

2020/2021

UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

GRAO DE MATEMÁTICAS

Traballo Fin de Grao

Anuarios, efemérides e bases de datos astronómicos

Javier Pérez Couto

Xullo, 2021

UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Traballo proposto

Área de Coñecemento: ASTRONOMÍA E ASTROFÍSICA
Título: ANUARIOS, EFEMÉRIDES E BASES DE DATOS ASTRONÓMICOS
Breve descrición do contido
As Bases de datos astronómicas son a día de hoxe unha ferramenta imprescindible para afrontar calquera investigación neste eido da Ciencia. Nos últimos anos amoreouse unha inxente cantidade de información e datos, fundamentalmente obtidos polas sondas espaciais, pero tamén como consecuencia de numerosas catalogacións levadas a cabo por diferentes grupos en distintos países. Compre non esquecerse tampouco dos clásicos Anuarios e Efemérides Astronómicas, elaborados por determinados Observatorios, que son extremadamente útiles incluso en tarefas docentes como é o caso de materias de Grao cuas prácticas impártense no Observatorio Astronómico Ramón María Aller da USC. Sobre estas importantes publicacións versa o Traballo Fin de Grao que se propón.
Recomendacións
Cursar ou ter cursado a materia de Fundamentos de Astronomía (Grao de Matemáticas)
Outras observacións
O presente TFG foi titorizado polos profesores José Ángel Docobo Duránte e Vakhtang Tamazian Arzakanyan.

Índice xeral

Agradecementos	IX
Resumo	IX
Introdución	XIII
1. As primeiras efemérides e catálogos de estrelas	1
2. Os catálogos modernos	5
2.1. Da <i>Uranometría</i> á fotometría	5
2.2. BSC	9
2.3. SAO	10
2.4. GSC	10
2.5. USNO, UCAC, URAT e NOMAD	11
2.6. Hipparcos/Tycho	13
2.7. Gaia	14
2.8. Catálogos especiais	14
2.8.1. Catálogos de Estrelas Fundamentais	14
2.8.2. Catálogos de Estrelas Dobres	16
2.8.3. Catálogos de Estrelas Variables	20
3. Os anuarios	23
3.1. Os primeiros anuarios	23
3.2. O Real Instituto e Observatorio da Armada	28
3.2.1. O Almanaque Náutico e as Efemérides Astronómicas	30
3.3. O Real Observatorio de Madrid	32
3.3.1. O Anuario	34

4. Bases de Datos Online	39
4.1. SIMBAD	40
4.2. VizieR	42
4.3. ADS	47
4.4. NASA Exoplanet Service	52
 Conclusións	 57
 Anexo A: Exemplo dalgunhas aplicacións das táboas do Anuario	 59
 Anexo B: Revistas astronómicas	 69
 Bibliografía	 71

Agradecementos

Cada unha das liñas redactadas neste traballo están dedicadas á miña familia, en especial aos meus pais, Jaime e Loli, porque sempre estiveron aí e sen o seu apoio económico (e especialmente moral) xamais tería chegado a onde estou agora nin sería quen son. Tamén quero agradecer ao meu irmán Jaime e ás miñas amizades, por ser os andamios da miña paixón pola Astronomía axudándome a mercar o meu primeiro telescopio.

Agradecer enormemente aos meus titores, os profesores José Ángel Docobo e Vakhtang Tamazian pola súa axuda, correccións, comentarios e suxerencias ao longo de todo o proceso de elaboración do texto, aconsellándome en todo momento co obxectivo de que puidera presentar un Traballo de Fin de Grao coa completitude e calidade necesarias.

Resumo

Este traballo versa sobre a orixe e evolución dos diferentes catálogos astronómicos ao longo da historia, os cales constitúen unhas das primeiras publicacións científicas da Antigüidade. Comezaremos abordando os de maior relevancia histórica, desde as primeiras recompilacións de estrelas da Antiga Mesopotamia, pasando polos catálogos estelares de Hiparco de Nicea ou a *Uranometría* de Johann Bayer ata as primeiras listaxes de obxectos astronómicos do ceo profundo como o de sobra coñecido Catálogo Messier. A continuación, afondaremos en detalle nos catálogos e bases de datos máis empregados na actualidade polos científicos, tanto no eido da divulgación como, sobretodo, no da investigación tanto da física como da matemática do Cosmos. Falamos, dunha banda, dos Anuarios e Efemérides astronómicas, publicacións realizadas polos Observatorios Astronómicos máis importantes de cada país e nas que se detallan os fenómenos astronómicos máis relevantes do ano así como táboas con datos sobre a posición dos diferentes astros visíbeis no ceo, entre moitas outras aplicacións. Doutra banda pero de non menos importancia, trataremos as bases de datos online máis empregadas, nas que se recollen os datos obtidos polas diferentes sondas enviadas ao espazo nas últimas décadas e que resultan indispensables para permitir a evolución do coñecemento que temos sobre o Universo.

Abstract

This work is focused on the origin and evolution of different astronomical catalogs across time which are some of the earliest scientific publications of antiquity. Those of most historical relevance are addressed first, beginning with the ancient Mesopotamian star compilations, followed by the Hipparchus of Nicaea's Star Catalog and *Uranometria* by Johann Bayer, to the first lists of deep-sky objects such as the renowned Messier Catalog. Second, catalogs and databases commonly used by scientists today are detailed – those which were conceived for both the popularization and the research of the Physics and Mat-

hematics of the Cosmos. Among them it is possible to find, on one hand, the astronomical Yearbooks and Ephemerides publications produced by the most important astronomical observatories in each country which detail the most relevant astronomical phenomena of the year as well as tables with data on the positions of different stars visible in the sky, along with many other aspects. On the other hand, but not of less importance, the most-used online databases represent the other half of this group. The data obtained by the different probes sent into space in the last decades are collected in them. This information is vital in order to understand the evolution of our knowledge of the Universe.

Introdución

Ao longo da historia a astronomía tivo un papel fundamental na evolución do pensamento humano. Antes de que fose unha ciencia como tal, xa nos baseabamos nas estrelas á hora de plantar as colleitas. Cando foron construídos os primeiros barcos e o comercio comezábase a artellar, tomabámolas de referencia como guía en alta mar, sistema de navegación que se mantería como o principal durante milenios ata a invención do GPS e dos primeiros ordenadores.

A astronomía tamén tivo un papel clave no tocante á metafísica. Viamos que as estrelas se mantiñan fixas no ceo, á mesma distancia aparente unhas doutras, salvo os planetas que cambiaban de posición ao longo da esfera celeste e do ano, e por elo puxémoslles nomes de deuses. A fenómenos como as fases da Lúa, as eclipses, os equinoccios ou os solsticios considerabámoslos profecías, outorgándolles un significado divino e organizando os nosos calendarios e festas relixiosas en torno a eles. Comezámonos a preguntar de onde viñamos.

A medida que xurdían máis incógnitas sobre os astros que decoraban o noso ceo fíxose necesario estudar formalmente estas observacións e fenómenos. Un dos primeiros en facelo foi Hiparco de Nicea, que no século II a.C. clasificou as 850 estrelas visíbeis no ceo en 6 categorías, en función do seu brillo, ou magnitudes. Despois del outros astrónomos continuaron elaborando catálogos estelares máis amplos a medida que melloraba a instrumentación óptica, como a *Uranometría* de Johann Bayer, ou, xa moito máis tarde, doutros obxectos astronómicos como o Catálogo Messier que incluía por primeira vez ás nebulosas, grandes bolsas de po e gas estelar.

Neste traballo ímonos centrar, ademais do xa mencionado, noutras publicacións que compre poñer en valor como distintos catálogos, anuarios e efemérides, para rematar coas bases de datos online que se utilizan hoxe en día de xeito aberto.

No Capítulo 1 comezaremos presentando as primeiras efemérides e catálogos de estrelas. As efemérides, táboas orixinalmente impresas nas que se dan a posición, en coordenadas celestes, dos diferentes obxectos astronómicos para un día e hora determinados, foron o eixo da navegación durante milenios remontándose as primeiras táboas deste tipo á Antiga Mesopotamia. Continuaremos comentando os avances en canto a catalogación de estrelas

que fixeron antigos gregos como Hiparco (antes mencionado) ou Ptolomeo, a través do seu famoso *Almagesto*. Finalmente abordaremos a situación deste tipo de listaxes astronómicas na Idade Media cos astrónomos árabes na primeira liña e as Táboas Alfonsíes como a obra máis destacada desta época.

Continuaremos no capítulo 2 cos catálogos modernos, desde as mencionadas *Uranometría* de Bayer ou o Catálogo Messier ata chegar aos catálogos nados durante os comezos da era espacial como o SAO, GSC, USNO, etc.. E xa últimamente, Hipparcos e o máis recente Gaia. Tamén entraremos en detalle cos catálogos especiais dedicados ao estudo de obxectos concretos como os catálogos de estrelas fundamentais, estrelas dobres (principal liña de investigación do Observatorio Astronómico Ramón María Aller da USC) ou catálogos de estrelas variables.

O terceiro capítulo está dedicado aos Anuarios Astronómicos, publicacións que elaboran os diferentes observatorios, tal e como indica o seu nome, anualmente. Nestas publicacións faise énfase nos diferentes fenómenos astronómicos que van ter lugar nese ano e entre os que podemos destacar a visibilidade dos planetas, as ocultacións (cando a Lúa pasa por diante dunha estrela ou un planeta), os tránsitos (cando Mercurio ou Venus pasan por diante do Sol), as eclipses e as fases da Lúa. Así mesmo tamén figuran datos actualizados sobre a composición e estrutura do Sol, Lúa, planetas, satélites e doutros obxectos menores do sistema Solar xunto ás súas efemérides, ortos e ocasos. En España o anuario máis importante e o que imos tomar como referencia é o Anuario do Real Observatorio de Madrid que leva sendo publicado case ininterrompidamente desde 1859, así como o Almanaque Náutico e as Efemérides Astronómicas do Real Instituto e Observatorio da Armada, en San Fernando, que se remontan a 1791 sendo agora publicadas en formato software.

Finalmente, no Capítulo 4 abordaremos as bases de datos online, pois son os “catálogos” astronómicos máis amplamente usados na actualidade xa que non só conteñen moitísima máis información sobre os astros visíbeis desde a Terra senón que grazas ao desenvolvemento das sondas espaciais permítenos coñecer tamén parte do Universo non observable, almacenando e clasificando grandes volumes de datos. Entre eles podemos destacar o SIMBAD, creado en 1981 no *Centre de Données Astronomiques de Strasbourg* que a día de hoxe contén datos sobre case 6 millóns de estrelas e 5 millóns e medio de obxectos non estelares como galaxias, nebulosas planetarias ou supernovas e o *Astrophysics Data System* (ADS), unha base de datos que permite navegar a través de toda a literatura astronómica.

Para pechar esta Introducción é importante destacar que as ferramentas de recompilación e catalogación analizadas (desde as primeiras listaxes primitivas ata as macro-bases de datos actuais) foron e son fundamentais para o desenvolvemento da astronomía, tanto na súa vertente matemática, como física, computacional e mesmo na enxeñería astronáutica.

Capítulo 1

As primeiras efemérides e catálogos de estrelas

Como se mencionaba na Introdución, a astronomía e en particular o recoñecemento de asterismos no ceo (i.e., patróns conformados por estrelas que semellan fixas unhas con respecto das outras) estivo presente na historia da humanidade desde tempos prehistóricos.

Esta idea, razoable e intuitiva ao non existir fontes de contaminación lumínica que puidesen tapar a inmensidade de puntos refulxentes do ceo, está ademais apoiada por numerosos achados arqueolóxicos. Tal é o caso dunha táboa de marfil atopada nunha cova de Geissenklösterle, Alemaña que data de fai 325 séculos e contén unha representación da constelación de Orión, “o Cazador”. Máis preto de aquí, na cova de El Castillo, en Cantabria, achamos unha representación da constelación de Corona Borealis, do ano 12000 a.C. [1]

En Galicia atopáronse petroglifos como o de Mogor en Marín, o da Ferradura en Amoeiro ou o de Gargamala en Mondariz con orientacións solsticiais que farían deles indicadores das estacións do ano. [2] Dando un salto de complexidade, antigas representacións de animais salvaxes nas paredes de distintas covas de Europa e Asia interpretarían eventos concretos tomando de referencia a posición dos astros no ceo. É o caso do santuario de Göbekli Tepe, no sueste da actual Turquía, que a través de inscricións en pedra situaría as constelacións que se atopaban no ceo cando a chuvia de cometas que impactaron contra a Terra provocaron o arrefriamento climático coñecido como “Dryas Recente”, do cal o santuario sería un memorial. Representacións similares noutras covas da Europa Continental como a de Lascaux, en Francia, dan a entender que o ser humano comprendía a precesión dos equinoccios moito antes de que a describisen os gregos clásicos. [3]

Agora ben, deixando a un lado os achados prehistóricos, non sería ata o II milenio a.C, no Antigo Exipto, cando atopamos o primeiro calendario solar da historia. Este estaba

baseado nunha repartición do ceo en 36 grupos de estrelas, coñecidos como “decanos”, cuxo orto representaba as horas. Como cada 10 días un novo decano aparece na bóveda celeste o ano estaba conformado por 36×10 días + 5 días adicionais (chamados epagómenos) conformando así o ano solar de 365 días (o desfase de 6h respecto ao ano sidéreo facía que o ciclo sotíaco ou aparición de Sirio o primeiro día do ano se restaurase cada 1460 anos). Os decanos aparecen en numerosas mostras de arte exipcio, especialmente en sarcófagos e noutras pezas funerarias, se ben non podemos dicir que constituísen un catálogo astronómico formal. [4]

Para atopar as primeiras efemérides astronómicas debemos dar un salto temporal dun milenio e viaxar a Babilonia, pois foi aquí que no s.XII a.C. se redactou o primeiro catálogo estelar coñecido como *Three Stars Each* (Tres estrelas cada unha). Dito compendio, escrito en táboas de arxila, listaba un total de 36 estrelas, 3 por mes. [5] Unha evolución deste catálogo foi o *MUL.APIN*, dous séculos posterior e que incluía 71 estrelas agrupadas en constelacións, con varias zodiacais. Ademais tamén figuraban outros astros como a Lúa, o Sol, algúns planetas xunto ao seu percorrido e mesmo un calendario solar. [6]

Porén, a gran importancia das efemérides babilónicas non só está na cantidade de coñecemento sobre o ceo que amosaban, senón en ser os precursores dos vindeiros catálogos ao establecer constelacións que reutilizarían os astrónomos gregos séculos máis tarde e entre as que atopamos as precursoras das zodiacais.

Outras efemérides de especial relevancia ao formar parte do primeiro catálogo estelar con autor coñecido atopámolo en China, no s. IV a.C. Coñecido co nome de *Gan Shi Xing Jing* e escrito polos astrónomos Gan De e Shi Shen. Dita obra contaba cun total de 121 estrelas listadas e os seus autores foron recoñecidos ademais como os primeiros en rexistrar manchas solares (se ben foron interpretadas como eclipses nun primeiro momento) ademais de por realizar as primeiras observacións das catro maiores lúas de Xúpiter a ollo ceibe. [7] [8]

Volvendo de novo a Europa, Hiparco de Nicea elaborou no s. II a.C un catálogo no que describía un total de 850 estrelas clasificándoas segundo unha escala que comprendía do 1 ao 6, de máis a menos luminosas sendo 6 o límite de visibilidade do ollo e introducindo así o concepto de magnitude aparente. Esta escala séguese empregando hoxe en día cunha serie de modificacións:

- Pasou de ser discreta a continua.
- Unha estrela de magnitude 1 é 100 veces máis brillante que unha de magnitude 6.
- Aplícase a todo tipo de astros, non só a estrelas.
- Estendeuse por ambos extremos puidendo tomar ademais números negativos.

Así por exemplo o Sol ten unha magnitude aparente de -26,74; mentres que a de Sirio A (α CMa A) é de -1,44. Porén a magnitude aparente de Neptuno no punto da súa órbita que está máis preto da Terra é 7,78, maior que 6 pois non é visible ao ollo humano. [9]

Seguindo os pasos de Hiparco, Claudio Ptolomeo escribe, no século II d.C. o *Almagesto*, un conxunto de trece volumes que contén o catálogo de estrelas máis completo ata entón, xunto con outros textos onde trataba e discutía sobre o sistema xeocéntrico, a lonxitude do ano, un método para predicir eclipses ou a traxectoria dos planetas. O *Almagesto* distribuíase da seguinte forma:

- **Libro I:** Cosmoloxía aristotélica e defensa do sistema xeocéntrico.
- **Libro II:** Movemento diurno e trigonometría esférica.
- **Libro III:** Movemento do Sol: lonxitude do ano, solsticios, equinoccios, etc.
- **Libro IV-V:** Movemento da Lúa: distancia, tamaño e mes sinódico.
- **Libro VI:** Eclipses solares e lunares.
- **Libro VII-VIII:** Catálogo de estrelas baseado no de Hiparco.
- **Libro IX-XIII:** Movemento dos planetas: movemento retrógrado e cálculo das traxectorias dos cinco planeta visibles (Mercurio, Venus, Marte, Xúpiter e Saturno).

A obra de Ptolomeo foi sen dúbida unha das máis influíntes da Antigüidade, o cal visualízase na cantidade de traducións que se fixeron do *Almagesto*. Os primeiros en traducilo serían Ishaq ibn Hunain e Thabit ibn Qurra no s.IX a.C ao árabe, seguidos de Gerardo de Cremona (1175 d.C.) ao latín, o cal permitíu introducilo en Europa. Nicolás Halma publicaría a súa tradución ao francés en dous volumes (1813 e 1816) e Johan L. Heiberger faría o mesmo para o grego (1898 e 1903) sendo esta a obra referente para outras traducións futuras. Karl Manitius traduciu ao alemán tamén en dous libros (1912 e 1913) e a edición inglesa chegaría da man de Gerald J. Toomer en 1984. Máis recentemente, no ano 2000, Fernando Tomás de Gorocica realizaría a tradución ao castelán. [10] [11]

Abandonando a Idade Antiga e entrando na Media os protagonistas por moito pasarían a ser os astrónomos árabes. Mencionamos en primeiro lugar o *Kitab suwar al-kawakib al-thabita* (Libro das estrelas fixas) de Abd Al-Rahman Al Sufi do s.X onde revisaba moitos dos resultados amosados no *Almagesto* de Ptolomeo, especialmente relacionados co brillo das estrelas, mencionando ademais galaxias como a de Andrómeda ou a galaxia anana Gran Nube de Magallanes ás que describía como pequenas nubes. [12]

Tamén compre destacar as *Zīj-i Īlkhānī* ou Táboas Iljaníes (s. XIII) de Nasir al-Din al-Tusi e colaboradores que describían con moita precisión os movementos dos planetas. Agora ben, a obra culme da civilización musulmá foron sen lugar a dúbidas as *Zīj-i Sultānī*

ou Táboas Sultanianas (s.XV) creadas por astrónomos do Observatorio de Samarcanda onde non só revisaron os resultados do *Almagesto* senón tamén as dúas obras anteriores conformando así o catálogo astronómico máis extenso ata a época cun total de 1019 estrelas. Ademais calcularon a lonxitude do ano cun erro de 58 segundos e a oblicuidade da eclíptica en $23,52^\circ$, valor que está en consonancia co empregado actualmente. [13]

Finalmente nesta época e na península Ibérica destacaron as Táboas Toledanas (Azarquiel e colaboradores, s. XI) baseadas no sistema de Ptolomeo e que serviron de base para as Táboas Alfonsíes (s.XIII) fomentadas por Alfonso X o Sabio.

Estas últimas táboas, que proporcionaban datos para calcular as posicións do Sol, Lúa e dos planetas, supoñían unha mellora das Toledanas corrixindo erros de cálculo e incorporando unha parte destinada a facilitar as conversións dos tempos entre diferentes tipos de calendarios.

Os seus autores principais foron Yehuda Ibn Moshé e Isaac Ibn Sid que as realizaron baseándose, como as anteriormente comentadas, no modelo xeocéntrico de Ptolomeo a través de observacións levadas a cabo en Toledo entre os anos 1263 e 1270. Así mesmo tomaban como base a Era Alfonsí, que tiña o seu inicio en 1252 (data de coronación do monarca).

A versión en latín das Táboas Alfonsíes tivo unha gran acollida no resto de Europa, especialmente en París onde os astrónomos da capital francesa adaptáronas ao meridiano local sentando as bases de táboas astronómicas posteriores. [14]

Capítulo 2

Os catálogos modernos

Coa chegada da Idade Moderna produciuse unha auténtica revolución en todos os eidos da ciencia. De feito, o termo “revolución” comezouse a empregar con esta connotación a raíz da obra de Nicolás Copérnico, *Revolutionibus Orbium Coelestium* (Sobre as revolucións das orbes celestes, 1543) dado o seu carácter perigosamente rompedor coa teoría xeocéntrica detallada por Ptolomeo no Almagesto, defendida por Aristóteles e convertida posteriormente en dogma pola Igrexa Católica. [15]

2.1. Da *Uranometría* á fotometría

Precisamente sería durante esta Revolución Copernicana que se publica o que podemos considerar como o primeiro catálogo astronómico moderno, a *Uranometría* de Johann Bayer, en 1603. Dito catálogo sería ademais o primeiro en cubrir toda a esfera celeste, xa que logo os anteriores só amosaban as constelacións máis representativas do hemisferio norte. Ademais diso Bayer introduciu un sistema de nomenclatura de estrelas, que segue en uso hoxe en día e que leva o seu nome. Este método de denominación estelar asigna a cada estrela un nome dado por unha letra grega ordenada segundo o brillo dentro da súa constelación (α se é a máis brillante, β se é a segunda, etc...) seguida do xenitivo latino da constelación á que pertence. Así por exemplo Sirio sería α Canis Majoris, Hadar sería β Centauri, etc...

Esta designación presentaba varios problemas, por un lado a orde por magnitude non era sempre a correcta e por outro había constelacións con máis estrelas que letras gregas (Hydra, por exemplo, é a constelación máis grande no ceo e está formada por 238 estrelas). [16]

A pesares diso o catálogo de Bayer sentará a base para os sistemas de nomenclatura estelar futuros xa que non só permitiu establecer unha designación xerarquizada das estre-

las xa coñecidas do firmamento senón tamén darlle nome a moitas outras que non a tiñan ata entón. Hai que ter en conta que os nomes propios só foron outorgados ás estrelas máis refulxentes do ceo. Algúns eran de orixe babilónico ou grego pero a meirande parte eran termos en árabe derivados das traducións e revisións do *Almagesto* levadas a cabo durante a Idade Media.

Ademais o emprego de nomes propios carrega diversos problemas como a falta de estandarización, que da lugar a ambigüidades e incluso á repetición dun nome para máis dunha estrela. Tal é así que a día de hoxe a *International Astronomical Union* (IAU) desaconsella o seu uso e prioriza sistemas de nomenclatura derivados do de Bayer, como por exemplo o de John Flamsteed (fundador do Observatorio de Greenwich), en cuxo *Atlas Coelestis* (1729) no canto de letras gregas, emprega números diante de cada constelación. [17] [15] Poucos anos despois dos catálogos estelares de Bayer e Flamsteed aparecerá en escena o primeiro catálogo astronómico de obxectos do espazo profundo. Será o *Catalogue des Nébulieuses et des amas d'Étoiles, que l'on découvre parmi les Étoiles fixes sur l'horizon de Paris*, máis coñecido como Catálogo Messier por mor do apelido do seu creador Charles Messier.

Publicado por primeira vez en 1774, Messier e o seu axudante Pierre Mechain decidiron elaborar un catálogo para facilitar a labor da súa principal ocupación, a de cazadores de cometas. Crearon entón unha listaxe de obxectos difusos do ceo profundo que poderían ser confundidos por cometas nas súas observacións. [18] Deste xeito elaboraron un catálogo con 110 obxectos, que van desde M1 ata M110 e de natureza moi variada pois nel atopamos:

- **Nebulosas:** Como M1 a Nebulosa do Cangrexo, M42 a Nebulosa de Orión ou M57 a nebulosa anular de Lira.
- **Cúmulos:** Abertos como M6, o cúmulo da Bolboreta ou globulares como M15 ou gran cúmulo de Pegaso.
- **Galaxias:** Espirais como M31 ou galaxia de Andrómeda, M104 ou galaxia do Sombreiro ou M51, a galaxia do Remuíño; lenticulares como M86; elípticas como M87 ou irregulares como M82, a galaxia do Cigarro.

Se ben e como vimos elaborar un catálogo divulgativo non era o obxectivo de Messier, a súa publicación constitúe a día de hoxe un dos catálogos máis famosos, sendo especialmente popular entre os astroaficionados polo seu gran interese de cara á observación astronómica e astrofotografía de ceo profundo.

Aínda que agora seguimos a traballar con esta clasificación, compre ter en conta que na época de Messier a única galaxia coñecida era a nosa, polo que el só diferenciaba entre nebulosas e cúmulos.

218

DATE des OBSERVATIONS.	Nombres des Séances	ASCENSION DROITE.		DECLINATION.		Diamètre en degrés & min.	
		En Temps.	En Degrés.				
		H. M. S.	D. M. S.	D. M. S.	D. M.		
1758. Sept. 12	1.	5. 20. 2	80. 0. 33	21. 45. 27 B			
1760. Sept. 11	2.	21. 21. 8	320. 17. 0	1. 47. 0 A	0. 4		
1764. Mai. 3	3.	13. 31. 35	202. 51. 19	27. 32. 57 B	0. 3		
	8	4. 16. 9. 8	242. 16. 56	25. 35. 40 A	0. 2 1/2		
	23	5. 15. 6. 36	226. 39. 4	2. 57. 16 B	0. 3		

229

1784.

N.^o
des
Nébul.

Détails des Nébuleuses & des amas d'Étoiles.
Les positions sont rapportées ci-contre.

1. Nébuleuse au-dessus de la corne méridionale du Taureau, ne contient aucune étoile; c'est une lumière blancheâtre, alongée en forme de la lumière d'une bougie, découverte en observant la Comète de 1758. Voyez la Carte de cette Comète, *Mém. Acad. année 1759, page 188*; observée par le Docteur Bévís vers 1731. Elle est rapportée sur l'*Atlas céleste* anglois.
2. Nébuleuse sans étoile dans la tête du Verseau, le centre en est brillant, & la lumière qui l'environne est ronde; elle ressemble à la belle Nébuleuse qui se trouve entre la tête & l'arc du Sagittaire, elle se voit très-bien avec une lunette de deux pieds, placée sur le parallèle de α du Verseau. M. Messier a rapporté cette nébuleuse sur la Carte de la route de la Comète observée en 1759. *Mém. Acad. année 1760, page 464*. M. Maraldi avoit vu cette nébuleuse en 1746, en observant la Comète qui parut cette année.
3. Nébuleuse découverte entre le Bouvier & un des Chiens de Chasse d'Hévélius, elle ne contient aucune étoile, le centre en est brillant & sa lumière se perd insensiblement, elle est ronde; par un beau ciel on peut la voir avec une lunette d'un pied: elle sera rapportée sur la Carte de la Comète observée en 1779. *Mémoires de l'Académie de la même année. Revue le 29 Mars 1781*, toujours très-belle.
4. Amas d'étoiles très-petites; avec une faible lunette on le voit sous la forme d'une nébuleuse; cet amas d'étoiles est placé près d'*Antaris* & sur son parallèle. Observé par M. de la Caille, & rapporté dans son Catalogue. Revu le 30 Janvier & le 22 Mars 1781.
5. Belle Nébuleuse découverte entre la Balance & le Serpent, près de l'étoile du Serpent, de sixième grandeur, la cinquième suivant le Catalogue de Flamsteed: elle ne contient aucune étoile; elle est ronde, & on la voit

U

Figura 2.1: Coordenadas ecuatoriais en ascensión recta (α) e declinación (δ) para a época de observación dos obxectos M1 a M5 xunto a unha descrición de cada un. Catálogo Messier. Terceira edición (1781). [19]

O seguinte catálogo de obxectos nebulosos chegaría da man de William Herschel, descubridor do planeta Urano, dos movementos orbitais nos sistemas binarios e da luz infravermella ademais de ser o maior construtor de telescopios da historia (un dos máis potentes que construíría sería para o Real Observatorio de Madrid, se ben foi destruído durante a invasión napoleónica). Porén moitas destas fazañas atribuídas directamente a Herschel non serían posibles sen a axuda da súa irmá Caroline Herschel, a primeira astrónoma profesional da historia.

Tras recibir un Catálogo Messier como agasallo dun amigo, William comezouse a interesar polos obxectos do espazo profundo e coa axuda de Caroline agruparía preto de 2500 nebulosas e cúmulos estelares. Esta colección sería ampliada a 5000 polo fillo de William, John Herschel, publicándose en 1864 o *General Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars* (GC).

Pouco despois, en 1880, Johan Ludvig Emil Dreyer preparou o *New General Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars* (NGC). Na elaboración de dito catálogo empregaría as observacións dos Herschel engadindo dous suplementos, os Index Catalogue I e II, recompilando un total de 7840 nebulosas, galaxias e cúmulos. [15]

Ao igual que no catálogo Messier os obxectos aparecen referenciados polas iniciais do catálogo e un número (ao que nos referiremos de agora en diante como “número de catálogo”). Así a galaxia de Andrómeda (M31 no Catálogo Messier) será NGC224, a nebulosa de Orión (M42) é NGC1976. Por suposto moitos outros non aparecen no Messier como NGC97, unha galaxia elíptica descuberta por W. Herschel en 1828, NGC346 un cúmulo aberto descuberto por James Dunlop en 1826, etc... Análogamente os obxectos dos dous índices veñen numerados por “IC número”.

Volvendo ás estrelas, dous dos catálogos estelares máis completos antes da chegada do s.XX serían dunha banda o *Bonner Durchmusterung* (Compilación de Bonn) publicado no ano 1859 por tres astrónomos alemáns, Friedrich Wilhelm Argelander, Adalbert Krüger e Eduard Schönfeld; incluíndo 324 345 estrelas cuxo número de catálogo comezaría por BD e estarían ordenadas pola súa ascensión recta para a época 1855.0. [20]

Doutra temos o *The Draper Catalogue of Stellar Spectra* (1890) cun número de estrelas inicial de 10 347 (se ben incrementouse cos anos e na actualidade conta con 360 000) ata magnitude $V = 9$ e ordenadas por ascensión recta para a época 1900.0. [21]

A principal novidade deste catálogo foi a de incluír datos espectroscópicos para cada estrela. Comezouno o médico astroaficionado Henry Draper clasificando as estrelas observadas en 16 tipos espectrais coas letras A, B, C, D... Isto débese a que se analizamos o espectro da luz dunha estrela observando as liñas de absorción (bandas escuras dentro do espectro da luz emitida que representan a absorción da luz de determinadas lonxitudes de onda por átomos presentes nela) e a súa intensidade podemos saber que elementos están presentes na estrela, e estudando o conxunto destas liñas en tanto á súa abundancia relativa podemos coñecer a temperatura da súa fotosfera. Os tipos espectrais serán códigos que representen estes conxuntos. [22]

Tras a súa morte a súa muller, Mary Anna Draper, tamén unha gran astroaficionada, donou unha importante cantidade de cartos á Universidade de Harvard onde o catálogo continuou sendo compilado polo equipo de Edward C. Pickering composto por Annie Jump Canon, Williamina Fleming e colaboradoras.

Canon sería a que introduciría os tipos espectrais que empregamos hoxe en día consistentes nunha letra (O B A F G K M) ordenada de maior a menor temperatura e un número do 0 ao 9 para afinar a clasificación. Deste xeito o noso Sol é unha estrela de tipo G2, Sirio (α CMa) a máis refulxente do ceo é de tipo A1, etc... [23] O Catálogo Henry Draper séguese empregando a día de hoxe e o número de catálogo das súas estrelas comeza por HD.

Ademais do HD, Pickering publicaría en 1884 o *Harvard Photometry Catalog*, un catálogo fotométrico con máis de 4000 estrelas. Máis tarde, en 1908, editaría o *Harvard Revised*

Photometry Catalog ou HR. Nel aparecían 9000 estrelas ata $V = 6,5$, medidas entre 1879 e 1906 cubrindo toda a esfera celeste.

Para tomar os valores fotométricos de cada estrela Pickering adoptou a escala Pogson reducindo as magnitudes aparentes aos seus valores no zenit e, tomando a λ -Ursa Minor como referencia (ou σ -Octantis no hemisferio sur), ía comparando o brillo de cada estrela con esta última mediante dous fotómetros meridianos deseñados por el. Tamén incluía o seu tipo espectral. [24]

Outro catálogo fotométrico importante elaborado na mesma época pero noutro continente foi a *Uranometría Nova Oxoniensis* (1885) de Charles Pritchard, astrónomo da Universidade de Oxford e que recompilaba información fotométrica de 3000 estrelas desde o polo norte celeste ata $\delta = -10^\circ$. [22]

Na mesma época comezaría a elaboración do *Astrographic Catalogue* (AC) e da *Carte du Ciel*, as dúas partes nas que se dividía o primeiro proxecto cooperativo a grande escala da historia da astronomía. Tiña como obxectivo obter un mapa fotográfico do ceo completo ata magnitude 11 e 14, respectivamente. Nel participaron unha veintena de observatorios de todo o mundo (o Observatorio de San Fernando entre eles) encargados de tomar exposicións en placas de vidro, cada un dunha banda de declinación asignada.

Por desgraza o proxecto, iniciado en 1887, remataría en 1962 por problemas cuantitativos (o número de fotografías que tomaran os observatorios non resultaba suficiente) e cualitativos (cando se iniciou a fotografía estaba lonxe de ser madura). Aínda así o AC será empregado no s. XX cruzando as posicións das súas estrelas coas doutros catálogos máis modernos e completos ademais de sentar un precedente de colaboración científica entre países. [75]

2.2. BSC

O seguinte catálogo de carácter fotométrico que compre mencionar é o *Catalogue of Bright Stars* coñecido polas súas siglas YBS ou BSC. Publicado en 1930 por Frank Schlesinger sería un sucesor do HR polo que as súas 9110 entradas (das cales 9095 serían estrelas, 11 novas e supernovas e 4 cúmulos) conservan os números de catálogo da obra de Pickering. Porén, os datos sobre cada entrada foron extendidos e actualizados respecto do HR e de cada unha das cinco edicións que tivo o BSC en 1930, 1940, 1964, 1982 e 1991, ano da publicación da quinta e última versión: o BSC5.

Nesta última edición, elaborada por Offleit, D. e Warren, Jr., W.H., inclúese para cada estrela os seus identificadores noutros catálogos; o carácter dobre ou triple da estrela de telo e o número de compoñentes, separación e diferencias de magnitudes de ser o caso; as súas

coordenadas ecuatoriais para as épocas B1900.0 e J2000.0; coordenadas galácticas; datos fotoeléctricos no sistema UBVR_I; tipo espectral no sistema Morgan-Keenan; movementos propios para a época J2000.0 e a súa paralaxe. [25]

Sobre esta última variable o propio Frank Schlesinger implementaría métodos novidosos para a optimización do seu cálculo, xunto a diversas achegas ao estudo das estrelas binarias espectroscópicas. [22]

2.3. SAO

Cun enfoque máis astrométrico que os anteriores atopámonos no ano 1966 co *Smithsonian Astrophysical Observatory Star Catalog* ou SAO, elaborado polos astrónomos do observatorio homónimo baseándose en catálogos anteriores como o FK3, o FK4, o GC, AGK1 e AGK2 entre outros (ver subsección 2.8.1).

Tiña un volume de 258 997 estrelas ata $V = 9$. Para cada unha delas aportaba a posición e movemento propio para a época B1950, magnitudes, tipos espectrais e erros admisibles para cada medición. As entradas están ordenadas seguindo unha clasificación en 18 bandas de 10° de declinación, en orde descendente comezando desde o polo norte e dentro de cada banda por orde crecente de ascensión recta. [26]

2.4. GSC

Dúas décadas despois, en 1989, o *Space Telescope Science Institute* (STScI) publicaría o *Guide Star Catalogue* ou GSC, un catálogo froito dun proxecto de dixitalización de miles de placas Schmidt obtidas tras un escaneo do ceo desde telescopios ubicados nos dous hemisferios. A misión principal deste compilado era apoiar o guiado e alineación do *Hubble Space Telescope* (HST) no caso de estrelas fora de eixo.

A súa primeira versión (GSC 1.0) contería uns 19 millóns de estrelas con $V \in [6, 15]$. Os escaneos cubriron toda a esfera celeste e realizáronse mediante placas Schmidt posteriormente dixitalizadas. Os do hemisferio norte foron tomados co *Samuel Oschin Telescope* (1,24m de apertura) desde o Observatorio de Palomar (California, EUA) mentres que as do sur foron produto do *Southern Sky Atlas* do Consello de Investigación en Ciencia e Enxeñería do Reino Unido e tomadas mediante o *UK Schmidt Telescope* no Observatorio Astronómico Australiano (1,22m de apertura).

Para cada lámina incluíaase información posicional, fotométrica e clasificativa (sobre se o obxecto era estelar ou non estelar, xa que logo este último tipo non era adecuado á hora de conformar un sistema de guiado para o HST). [27] [28]

O GSC 1 tería dúas versións posteriores, o GSC 1.1 e o GSC 1.2.

Na primeira correxíronse diversos erros nas estrelas máis brillantes do catálogo ($V < 8$) que aparecían sobre-expostas ou directamente como áreas en branco ($V < 3$). Estes erros solucionáronse combinando o GSC co Hipparcos/Tycho ao conter este último datos moito mellores para estrelas de ata $V = 11$. Erros na nomenclatura e clasificación dos obxectos observados tamén foron arranxados nesta versión.

Para o GSC 1.2. foi crucial a colaboración co *Astromisches Rechen-Institut* (Instituto de Cálculo Astronómico) de Heidelberg.

Nesta nova revisión solventábanse problemas que aínda presentaba o GSC 1.1. como a aparición de erros de tipo sistemático no cálculo das posicións e magnitudes pois estes aumentaban a medida que a imaxe do obxecto se alonxaba do centro da placa. [29]

O GSC 2 chegaría no 2008 e ao igual que o GSC 1 tería a misión de dar soporte ao Hubble, pero tamén ao James Webb, GAIA e ao LAMOST (*Large Sky Area Multi-Object Fibre Spectroscopic Telescope*). Foi elaborado tamén a partir dos mapeos dixitalizados do *STScI* pero mediante telescopios tecnoloxicamente superiores aos empregados no seu predecesor como son o Galileo, Gemini ou o VLT (*Very Large Telescope*). Proporciona datos de de 945 592 683 obxectos ata $V = 20$ en dúas épocas e 3 rangos de lonxitude de onda (B, R e I).

Para cada obxecto o GSC 2 aporta datos sobre a súa posición, movemento propio, clasificación e magnitude en cada unha das 3 bandas. [30]

Na data de publicación deste traballo a versión máis recente é a 2.3.4.

2.5. USNO, UCAC, URAT e NOMAD

O *United States Naval Observatory* (USNO) publicou no ano 2003 o USNO-B1.0. Un catálogo completo ata $V = 21$ coas posicións, movementos propios, magnitudes en varias lonxitudes de onda (B, R e I) e clasificación de 1 042 618 261 obxectos para dúas épocas nos dous hemisferios. Para que un obxecto fose introducido no catálogo tiña que aparecer en polo menos dous dos nove escaneos que se levaron a cabo a través de 7435 placas Schmidt entre os anos 1949 e 2002. O erro para as posicións era de 200 milisegundos de arco (mas). As láminas foron escaneadas empregando dous sensores CCD e aplicando diferentes valores de exposición. [31]

En 2009 chegaría o seu sucesor natural, o *USNO CCD Astrograph Catalog* ou UCAC, froito de observacións realizadas entre 1998 e 2004. O proxecto buscaría elaborar un catálogo cunha alta densidade estelar en todo o ceo. Se ben na súa primeira versión restrinxíriase ao hemisferio austral como primeiro paso para obter un escaneo completo.

Deste xeito o UCAC1 recollería 27 millóns de estrelas de declinación negativa con $V \in [8, 16]$, proporcionando para cada unha delas a posición, movemento propio e magnitude no rango 579-642 nm de lonxitude de onda. En tanto á precisión o erro é de 20 mas para estrelas con $V \in [9, 14]$ e de 70 mas se $V = 16$. No caso dos movementos propios oscilaría entre 1 e 35 mas/ano. [32]

No UCAC2 a cobertura estenderíase a parte do hemisferio norte ($\delta \in [-90^\circ, 40^\circ]$) e as posicións estandarizaríanse no ICRS (*International Celestial Reference System*) para a época J2000.0. Ademais arranxáronse diversos erros sistemáticos no CCD e mellorouse a precisión dos movementos propios ao combinar os datos do UCAC cos doutros catálogos. Como estrelas de referencia tomáronse as do Tycho-2 (ver 2.6). [33]

Finalmente coa publicación do UCAC3 completárase o mapeo de todo o ceo, obxectivo do proxecto, sumando un total de 100 766 420 estrelas. Os parámetros astrométricos entregados de cada unha serían os mesmos que no UCAC2 pero cunha mellora no erro das compoñentes de posición que oscilaría entre 15 e 20 mas. Nesta versión tamén perfeccionáronse os resultados fotométricos nas tres bandas (B, R e I), os relativos aos movementos propios e a resolución de sistemas binarios. [34]

Na cuarta versión, publicada en 2012, o UCAC4 ampliaría o UCAC3 a 113 780 093 obxectos ata $V = 16$. Varios erros na versión anterior resolveríanse e a fotometría melloraría a cinco bandas. Ademais, para estrelas extremadamente brillantes o catálogo recurriría ao FK6 (ver subsección 2.8.1) e a outros 140 catálogos para aliviar a precisión astrométrica das posicións e movementos propios; a gran mellora respecto ao UCAC3. [35]

Para os parámetros fotométricos o UCAC apoiábase no 2MASS, siglas de *Two Micron All-Sky Survey*. Un proxecto levado a cabo pola Universidade de Massachusetts e entidades colaboradoras (IPAC, NASA e NSF) entre 1997 e 2003 co obxectivo de crear un atlas dixital de todo o ceo en tres bandas do infravermello próximo (J (1, $25\mu m$), H (1, $65\mu m$) e K (2, $17\mu m$)) ata $V \approx 14$. O resultado foron tres catálogos: un fotográfico, con 4 millóns de imaxes; outro con 300 millóns de estrelas e outros obxectos puntuais; e un terceiro cun millón de galaxias e outros obxectos difusos. [36]

Volvendo ao USNO, o herdeiro do UCAC aparecería en 2015. Sería o *USNO Robotic Astrometric Telescope*, máis coñecido como URAT. Para a súa elaboración empregouse o mesmo telescopio que para o UCAC4 pero cun mosaico de 4 CCDs de última tecnoloxía que tomaría ata 29 000 imaxes entre 2012 e 2014 con diferentes tempos de exposición. A diferenza do proxecto UCAC o URAT abarca maioritariamente o hemisferio norte ($\delta \in [-15^\circ, 89^\circ]$) pero cun maior número de estrelas brillantes ($V \in [-3; 18, 5]$).

Deste xeito o volume do catálogo ascendía a un total de 228 millóns de obxectos para a época J2013.5 cun erro nas compoñentes da posición de entre 10 e 30 mas e entre 5 e 7

mas/ano no caso dos movementos propios. [37]

Outra creación do USNO que compre mencionar é o *Naval Observatory Merged Astrometric Dataset* ou NOMAD, un catálogo froito da combinación dos datos astrométricos e fotométricos do Hipparcos, Tycho, UCAC2 e USNO-B1.0; ademais do 2MASS para a fotometría no infravermello próximo.

Deste xeito o NOMAD proporcionaba, para 1000 millóns de estrelas ata $V = 20$, os mellores datos relativos á posición (en coordenadas ecuatoriais e galácticas), movementos propios e magnitudes nas bandas B, V, R, J, H e K (as tres primeiras procedentes dos catálogos principalmente astrométricos e as tres últimas do 2MASS). [38]

2.6. Hipparcos/Tycho

Tras o Hubble, a ESA lanzou ao espazo en 1989 o satélite Hipparcos (*High Precision Parallax Collecting Satellite*) que mediría as posicións, movementos propios e paralaxes de 2,5 millóns de estrelas a menos de 150 parsecs (pc) da Terra. Os produtos primarios de dita misión orixinarían o Catálogo Tycho con 1 058 332 estrelas ata $V = 11,5$ medidas cunha precisión de 25mas e indicando para cada unha a súa posición, movemento propio e magnitudes nas bandas B e V (época J2000). [39]

Doutra banda temos o Catálogo Hipparcos (1997) que sería un produto final con 118 218 estrelas (3 por grao cadrado) cunha magnitude límite de $V = 12,4$ e unha precisión de 1mas marcando unha gran mellora en precisión respecto a calqueira catálogo ata esa data. Isto conseguiuase lendo cada estrela entre 100 e 150 veces.

Para cada obxecto simple o catálogo proporciona a súa posición, movemento propio e paralaxe xunto a datos fotométricos básicos como a magnitude nas bandas B e V.

No caso de sistemas binarios o catálogo ofrece máis parámetros ademais dun anexo, o *Double and Multiple Systems Annex*, onde se detallan, para cada sistema, os datos astrométricos e fotométricos de cada compoñente. Noutro anexo, o *Hipparcos Variability Annex*, preséntase unha clasificación espectral e un estudo da variabilidade fotométrica. [40]

Pouco despois, no ano 2000, publicaríase o Tycho-2 baseado nas mesmas observacións que os anteriores pero presentando máis de 2,5 millóns de estrelas (ata $V \approx 11,5$) cunha densidade media de 150 estrelas por grao cadrado e unha precisión media de 7mas cando $V < 9$ e 60mas para o resto. [41]

O identificador para os obxectos rexistrados polo Hipparcos é da forma “HIP número”.

2.7. Gaia

En Decembro de 2013 iniciouse a misión espacial Gaia, a máis ambiciosa da nosa era. Entre os seus obxectivos está o de elaborar un mapa tridimensional da Vía Láctea, permitíndonos coñecer moito mellor a súa formación e historia, así como a dinámica e composición das estrelas (especialmente prometedores os resultados que poderemos obter dos sistemas binarios dada a gran precisión da instrumentación). Estes últimos tamén son especialmente explotables na procura e detección de exoplanetas, asteroides ou mesmo doutras galaxias. A primeira liberación de datos (Gaia DR1) chegaría en Agosto de 2016, ofrecendo información dun total de 1 142 679 764 obxectos ata $V = 20,7$.

Ás cinco compoñentes usuais sumábase unha sexta, a velocidade radial (v_r). O erro habitual para as posicións era de 0,3 mas, para os movementos propios de 1 mas/ano, e 0,6 mas no caso das paralaxes. As entradas cruzadas con outros catálogos como o Hipparcos, Tycho, UCAC ou URAT presentaban erros moito menores para cada compoñente. En tanto á fotometría amosábanse valores de magnitude para unha banda e a v_r obtíñase mediante espectrometría. [42]

A Gaia DR2 revelárase en Abril do 2018 ofrecendo máis de 1300 millóns de estrelas ($V \in [3, 21]$) cunha precisión de ata 0,04 mas no cálculo das paralaxes e de 0,06 mas/ano nos movementos propios. A v_r presentaría un erro mínimo de 200-300 m/s e a V de 1 milimagnitude (mmag). Tamén ofrece información da temperatura efectiva, extinción, radio e luminosidade das estrelas en base ás lecturas fotométricas obtidas delas. [43]

En Decembro de 2020 publicouse o Gaia EDR3 aumentando o número de fontes a 1468 millóns no mesmo rango de magnitude. Os mellores erros para posición eran de 0,01 mas, de 0,02 mas para as paralaxes e de 0,02 mas/ano para os movementos propios. As velocidades radiais e a información física de cada estrela mantíñanse constantes. O seguinte *dataset*, o Gaia DR3, agárdase para o primeiro semestre de 2022. [44]

2.8. Catálogos especiais

Nesta sección abordaremos catálogos que non destacan polo volume de obxectos que conteñen mais sí por ser fundamentais no estudo de certos tipos de astros.

2.8.1. Catálogos de Estrelas Fundamentais

Un Catálogo Fundamental consiste nunha listaxe de estrelas cuxa posición e movemento propio son coñecidos cun alto grao de precisión. A importancia deste tipo de catálogos non radica no número de estrelas que conteñen (en comparación aos anteriormente vistos é

máis ben escaso) senón en establecer un sistema de referencia que permite describir os movementos do resto de corpos, tanto dos planetas do sistema solar como doutras estrelas.

Os primeiros catálogos elaborados con este propósito serían os *Fundamental Katalog*, cuxa orixe comeza no *Fundamental Catalog of the Northern Sky* ou FC elaborado en 1879 por Arthur Auwers, astrónomo alemán do Observatorio de Königsberg. O FC contiña as posicións e os movementos propios de 539 estrelas fundamentais do hemisferio norte.

En 1907 Peters J. crearía o *Neuer Fundamentalkatalog*, unha ampliación do FC de Auwers con 925 estrelas abarcando tamén o hemisferio sur e mellorando a precisión das posicións e movementos propios das anteriores. A continuación, en 1937, August Kopff elaboraría o *Dritter Fundamentalkatalog* ou FK3 (cunha segunda parte publicada en 1938). Dito catálogo contiña 1535 estrelas, por unha parte froito de engadir novas estrelas fundamentais e pola outra de eliminar dos anteriores estrelas dobres, xa que polo seu carácter non puntual non son adecuadas para conformar un sistema de referencia.

Baseándose no sistema de coordenadas establecido polo FK3, a *Astronomische Gesellschaft* (Sociedade Astronómica de Alemania) impulsa o AGK2, a segunda versión do *Astronomische Gesellschaft Katalog* que recollería 180 000 estrelas. Sería en 1938 cando finalmente a IAU decidiría na Asamblea Xeral adoptar o FK3 como o catálogo fundamental que por convenio establecería o sistema de coordenadas estándar a partir de entón.

O *Fourth Fundamental Catalogue* ou FK4 chegaría en 1963 da man de Fricke, W., Kopff, A. et al. e incluíría as 1535 estrelas do seu antecesor nunha primeira versión con precisión mellorada para a época 1950. Este número veríase incrementado a 1987 estrelas mediante un suplemento (o FK4S) co obxectivo de aumentar a densidade de estrelas fundamentais en certas áreas do ceo que se atopaban en branco.

O FK5 chegaría en 1988 compilado por Fricke, W., Schwan, H., Lederle, T. et. al. A nova versión supoñería unha fonda revisión do FK4 mellorando sustancialmente a precisión nas posicións e movementos propios das 1535 estrelas fundamentais e introducindo o sistema de constantes astronómicas da IAU presentado en 1976. En 1991 o FK5 ampliaríase a 3117 estrelas. [45]

O último catálogo desta serie publicaríase en 1999 por R. Wielen, H. Schwan et al. Esta versión (FK6(I)) contiña 878 estrelas que se verían ampliadas a 3272 a través dunha actualización no ano 2000 (FK6(III)).

A diferenza dos anteriores catálogos fundamentais elaborados a través de posicións observadas desde a Terra, o FK6 presentaba unha importante novidade: era froito da combinación dos datos calculados no FK5 e dos produtos obtidos durante a misión espacial Hipparcos. A vantaxe de cruzar os datos de ambas fontes era que o resultado ofrecido en tanto ás posicións e movementos propios era moito máis preciso que en calquera dos dous catálogos por

separado. Por exemplo, mentras que o Hipparcos presenta un erro medio nos movementos propios de 2,21 mas/ano o do FK6 é de tan só 0,5 mas/ano.

O feito de que combinar os datos do Hipparcos cos obtidos moito antes no FK5 mellora os resultados do primeiro débese a que mentres que os movementos propios obtidos polo satélite foron produto de lecturas espaciadas por un curto espazo de tempo (uns 3 anos) as obtidas no FK5 foron froito de observacións espalladas ao longo de 200 anos, dando lugar a uns datos máis representativos. [46]

Esta debilidade do Hipparcos adquiría unha maior importancia no caso das estrelas binarias astrométricas, xa que pola súa natureza presentan unha oscilación no movemento propio do seu centro de masas, a cal dificulta o calculo preciso desde último se as observacións son realizadas nun intervalo curto de tempo.

Deste xeito outro avance que presenta o FK6 é considerar o caso de estrelas binarias que poidan ser confundidas con estrelas simples. A raíz diso para cada estrela o FK6 presenta 3 solucións ou modos:

- Modo simple (*Single-star mode* ou SI)
- Modo de predición a longo prazo (*Long-term prediction mode* ou LTP)
- Modo de predición a curto prazo (*Short-term prediction mode* ou STP)

O modo SI corresponde ao habitual cando tratamos con estrelas simples mentres que o LTP e o STP son aproximacións límite da posición de dita estrela en función de se a diferenza entre a época consultada coa época media empregada polo Hipparcos (1991.25) é maior de 10-20 anos ou menor respectivamente. [47]

Co último dos catálogos da serie alemá podemos ver que se ben a tarefa de elaborar un sistema de referencia celestial pasou a ser misión dos satélites artificiais, a aportación de observacións feitas desde a Terra por diferentes observatorios ao longo dos últimos séculos seguiu a ser crucial á hora de calcular con precisión as posicións e movementos propios de cada estrela como obxecto individual.

2.8.2. Catálogos de Estrelas Dobres

Dedicaremos esta sección a abordar os catálogos máis importantes de estrelas dobres e múltiples, sistemas conformados por dúas ou máis estrelas ligadas gravitacionalmente que orbitan en torno ao centro de masas. En función da técnica de resolución podemos diferenciar tres tipos:

- **Visuais:** Cando a separación pódese observar mediante instrumentos ópticos.

- **Espectroscópicas:** Se a duplicidade se deduce das variacións da v_r a través do efecto Doppler-Fizeau.
- **Eclipsantes:** Detectadas a través de variacións na magnitude provocadas pola eclipse producida ao pasar unha compoñente por diante da outra. [48]

WDS

Administrado polo USNO desde 1965 o *Washington Double Star Catalogue* (WDS) foi elaborado tomando como partida o IDS (*Index Catalogue of Visual Double Stars*) creado no Observatorio Lick (Universidade de California) 2 anos antes.

Constánteamente actualizado contén, a data 3 de xuño 2021, parámetros de 154 042 sistemas dobres e múltiples proporcionando: posicións (J2000), identificador do descubridor, número de compoñentes, número de observacións coa data da primeira e a última, ángulos de posición, separación, magnitudes das compoñentes, tipos espectrais, movementos propios e identificadores do obxecto noutros catálogos ademais dun histórico de órbitas e as reseñas bibliográficas correspondentes a cada sistema. [49]

A día de hoxe é o catálogo de estrelas dobres máis amplo e importante, sendo a fonte de moitos outros catálogos de estrelas dobres así como a principal referencia para a investigación deste tipo de sistemas debido ao seu volume e completitude.

Na seguinte imaxe podemos ver a órbita aparente de Castor no WDS, calculada por Docobo, Andrade, Campo e Ling no ano 2016 no OARMA.

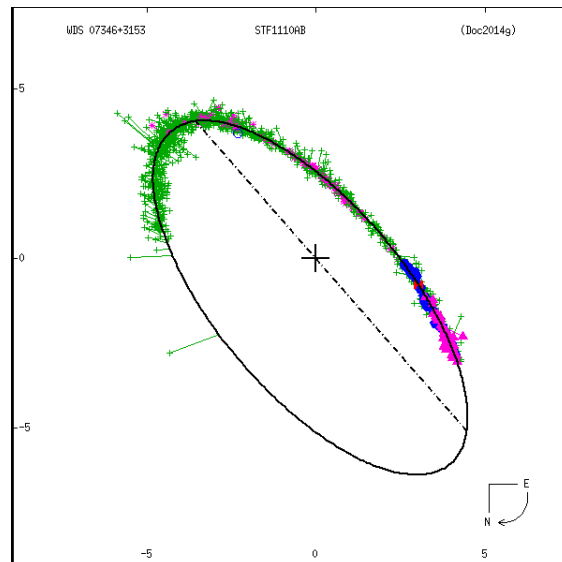


Figura 2.2: Órbita do WDS calculada por Docobo, Andrade, Campo e Ling no 2016. [50]

ORB6

O *Sixth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars* (ORB6) como indica o nome é a sexta versión dunha serie de catálogos de estrelas dobres iniciada en 1930 por William Finsen e continuada por Charles E. Worley (1963), Finsen e Worley (1970), Worley e Wulif Heintz (1983) e William I. Hartkopf, Brian D. Mason e Worley (2001). Actualmente é administrada polo USNO.

Esta última versión iniciada por Hartkopf et. al. no ano 2006 inclúe as posicións (J2000), identificadores noutros catálogos (WDS, HD, ADS, HIP), identificador do descubridor e magnitude das compoñentes así como os seguintes elementos orbitais:

- Lonxitude do nodo (ω) e equinoccio ao cal se refire este
- Inclinação da órbita (i)
- Lonxitude do periaastro (w)
- Semieixo maior (a)
- Excentricidade (e)
- Período (P)
- Tempo de paso polo periaastro (T)

Todos estes parámetros están dispoñibles para 9898 órbitas de 3335 sistemas dobres (a 2 de xuño de 2021), así como outras prestacións: unha escala de fiabilidade de cada órbita (do 1 ao 5 sendo 1 moi fiable e 5 indeterminada) baseada no número de observacións e na experiencia dos investigadores, órbitas aparentes e reseñas bibliográficas. [51]

Cabe destacar que o Observatorio Astronómico Ramón María Aller participou notablemente no ORB6 cun gran número de órbitas. As activas a Xuño de 2021 son: Doc (246), Lin (47), Tam (7) ou Ana (6). Sendo “Doc” o código do catálogo que fai referencia a Docobo, J.A., “Lin” a Ling, J.F., “Tam” a Tamazian, V.A. e “Ana” a Andrade, M. indicando que estes foron os primeiros autores (coautores aparte).

INT4

O INT4 ou *Fourth Catalog of Interferometric Measurements of Binary Stars* iniciárase en 1982 na Universidade Estatal de Georgia por William I. Hartkopf (USNO), Brian D. Mason (USNO) e Harold A. McAlister (Universidade Estatal de Georgia), resolvendo ata a súa derradeira actualización (9 de xaneiro de 2018) 66 225 estrelas detectadas mediante técnicas de interferometría *speckle* entre outras, que combinando con outros catálogos (Tycho, HIP, Hubble...) proporciona datos astrométricos de 163 066 estrelas dobres resoltas. [52]

OARMAC

Simultaneamente á elaboración do ORB5 (*Fifth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars* publicábase no Observatorio Astronómico Ramón María Aller (OARMA) outro catálogo de estrelas dobres visuais que aunaba á vez tanto as órbitas como as súas efemérides. Este sería o *OARMA Catalog* (OARMAC) publicado en 2001 para logo ser mantido nunha versión online por Docobo, J.A., Ling, J.F. e Campo, P.P. e que continuaba coa longa tradición no estudo dos sistemas binarios na astronomía galega iniciada un século antes polo profesor D. Ramón María Aller e continuado polo profesor Docobo desde 1981 (ver <https://www.usc.gal/astro/catalogo.htm>).

O OARMAC comezou compilando 1545 órbitas de 1208 sistemas que se foron incrementando a 2225 órbitas de 1817 sistemas na súa última (por cuestións de persoal), ata o momento, actualización o 24 de abril de 2013.

Para cada sistema binario o OARMAC proporciona a súa posición (J2000.0), número de catálogo ADS e HIP, paralaxe, elementos orbitais, magnitudes e tipos espectrais das súas compoñentes e información cualitativa sobre a súa órbita en tanto ás probabilidades que ten o sistema de ter unha, o seu tipo (astrométrica, espectroscópica ou eclipsante), as súas efemérides, existencia doutras compoñentes ou posibilidade de que sexa un par óptico entre outras. [53] [54]

SB9

Finalizamos esta sección sobre estrelas dobres co *Catalogue of Spectroscopic Binary Orbits*. Este catálogo, centrado nos sistemas binarios espectroscópicos e iniciado por Alan H. Batten et. al. no ano 1969, foi administrado polo *Dominion Astrophysical Observatory* (DAO) ata a súa oitava versión (SB8, Batten et. al., 1989) pois no 2000 a IAU creou un grupo de traballo (a Comisión 30) que se encargaría de xestionalo.

Neste contexto, no ano 2004 Pourbaix D., Tokovinin A.A, Batten A.H., Fekel F.C., Hartkopf W.I., Levato H., Morell N.I., Torres G. e Udry S. publicaron o *The Ninth Catalogue of Spectroscopic Binary Orbits* ou SB9 que a diferenza dos seus predecesores está dispoñible en Internet (<https://sb9.astro.ulb.ac.be/>), abandonando o formato en papel.

Para rastrexar unha órbita no SB9, que a día de hoxe (xuño de 2021) contén 5042 órbitas de 4021 sistemas, podemos empregar o identificador da estrela en calquera catálogo coñecido (HD, SAO, HIP, etc...), un *bibcode* ou a súa posición.

Como parámetros, para cada sistema o SB9 amosa as súas coordenadas, identificadores, magnitudes e tipos espectrais de cada compoñente así como os seus elementos orbitais e

unha escala de calidade.

Finalmente preséntanse unha serie de notas explicando como se realizou o descubrimento e unha curva de velocidades radiais se estas están dispoñibles así como as referencias bibliográficas pertinentes. [55]

2.8.3. Catálogos de Estrelas Variables

Para rematar este capítulo consideramos necesario, por completitude, incluír unha sección tamén sobre catálogos de estrelas variables. Podemos definir estas como aquelas estrelas que amosan grandes variacións na súa magnitude en períodos de tempo humanos. En función dos procesos físicos que dan lugar a estes cambios no brillo da estrela podemos diferenciar entre:

- **Eruptivas:** Os cambios prodúcense por procesos violentos nas capas máis externas da estrela.
- **Pulsantes:** A luminosidade varía por mor de contraccións e expansións das capas externas.
- **Rotantes:** Debido á propia rotación da estrela combinada coa falta de uniformidade da súa superficie.
- **Cataclísmicas:** Por violentos procesos de combustión nuclear ou intercambio de material entre compoñentes se se trata dunha estrela binaria.
- **Eclipsantes:** Por eclipse dunha compoñente ao pasar por diante da outra. [56]

GCVS

O *Obtjtyk Katalog Peremennyk Zvezd* (OKPZ) ou *General Catalogue of Variable Stars* (GCVS) é un catálogo de estrelas variables elaborado en 1948 pola Academia de Ciencias da URSS.

Na súa última versión (GCVS 5.1) listan un total de 57 247 estrelas variables, algunhas incluso externas á Vía Láctea. A información proporcionada para cada variable é: posicións para as épocas 1950 e 2000, constelación e identificador, tipo, magnitude máxima e mínima, tipo espectral e período. [57]

Catalog of Binary UV Ceti Type Flare Stars

Dentro das estrelas variables eruptivas existe un subtipo, as estrelas fulgurantes. Estas variables, de brillo moi feble, expulsan chamaradas extremadamente fortes que fan que a

súa magnitude se incrementa bruscamente en todo o espectro electromagnético, para logo volver ao seu estado orixinal lentamente.

As variables fulgurantes, tamén coñecidas como variables UV Ceti (por ser este o nome dunha das primeiras estrelas deste tipo coñecidas) son o obxecto do *Catalog of Binary UV Ceti Type Flare Stars* ou Catálogo de Estrelas Binarias UV Ceti, unha recompilación desta clase de estrelas tan particular realizada por Vakhtang Tamazian (OARMA) e Oleg Malkov (Academia de Ciencias de Rusia) no ano 2014.

Neste catálogo lístanse 138 sistemas binarios situados a unha distancia non superior a 25pc da Terra nos que polo menos unha das compoñentes é de tipo UV Ceti, presentándose para cada entrada unha primeira táboa coa seguinte información: coordenadas (J2000), identificador no WDS e do descubridor, magnitudes (aparentes e absolutas) de cada compoñente así como tipo espectral da principal e da secundaria cando é coñecida, paralaxe e un código indicando se a compoñente que ten o carácter fulgurante é a principal, a secundaria ou ambas. Por último, inclúese unha segunda táboa cos sete elementos orbitais extraídos do ORB6. [58]

CEV

Un catálogo que tampouco pode faltar nunha sección dedicada ás estrelas variables é o *Catalogue of Eclipsing Variables* de Malkov et. al.

Na súa primeira versión (2006) xa era o principal catálogo de estrelas deste tipo, recompilando un total de 6330 variables eclipsantes a partir do GCVS. No ano 2013 unha nova edición saíu á luz con 7196 sistemas para os que o catálogo ofrece identificadores, clasificación, magnitudes máximas e mínimas, tipos espectrais, tipo morfolóxico das curvas de luz, eclipses, a súa duración e referencias xunto a outras notas de interese. [59]

Outros catálogos de estrelas variables que podemos atopar na literatura

- *New Catalogue of Suspected Variable Stars* (NSV): Tamén creado na Academia de Ciencias da Unión Soviética lista 14 811 estrelas sospeitosas de tratarse de variables antes de 1980, se ben moitas delas fóronse desmentindo como tal posteriormente. [60]
- *K2 Variable Catalog* (K2VC): Elaborado pola Universidade de Warwick a partir dos produtos da misión K2 contén o identificador, tipo de variable, magnitude máxima e mínima e semiamplitude de 8395 estrelas. [61]
- *ASAS Catalogue of Variable Stars* (ACVS): Publicado polo Observatorio Astronómico da Universidade de Varsovia, o ACVS inclúe 10 000 eclipsantes, 8000 pulsantes periódicos e 31 000 irregulares (pulsantes non periódicos e eruptivos). [62]

Capítulo 3

Os anuarios

Neste capítulo abordaremos un dos tipos de catálogos máis importantes na actualidade, tanto no eido da investigación como no da divulgación. Por suposto estamos a falar dos anuarios e efemérides astronómicas.

Os anuarios son publicacións (como indica o seu nome, anuais) que realizan os observatorios astronómicos máis importantes de cada país. Nestas publicacións reséñanse os fenómenos astronómicos que acontecerán no ano en curso, como eclipses, tránsitos, ocultacións e oposicións. Así mesmo tamén figuran datos actualizados sobre a composición e estrutura do Sol, a Lúa, dos planetas, satélites e doutros obxectos menores do sistema Solar xunto coas súas efemérides, ortos e ocasos para cada día do ano e para un lugar concreto.

Debido ás numerosas aplicacións que tiña a astronomía en tanto á millora da navegación marítima numerosas monarquías, repúblicas e imperios de todo o mundo comezaron a financiar a construción dos seus propios observatorios astronómicos.

3.1. Os primeiros anuarios

O observatorio máis antigo que se atopa aínda en funcionamento é o Observatorio de París. Fundado no ano 1667 baixo o reinado de Luís XIV e construído por Claude Perrault deu lugar á maioría de descubrimentos astronómicos do s. XVII.

Dirixido durante un longo período por Giovanni Cassini, tanto el como os seus des-

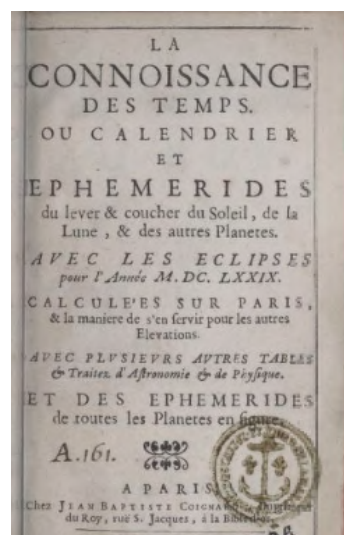


Figura 3.1: Portada da primeira edición de La Connaissance des temps. 1679. [64].

cendentes conformaron unha dinastía de astrónomos que dirixirían o observatorio durante máis dun século. Cassini calculou a distancia da Terra a Marte, o período de rotación de Xúpiter, describiu por primeira vez a mancha vermella da súa superficie (que non é outra cousa que unha xigantesca tormenta que segue sendo visible ata o día de hoxe) e a separación entre os aneis de Saturno (bautizada posteriormente como división de Cassini). [63]

Neste contexto de proliferación científica publicaríase en 1679 o que podemos considerar o primeiro Anuario astronómico, *La connoissance des temps. Ou calendrier et ephemeris du lever et coucher du Soleil, de la Lune et des autres Planetes. Avec les eclipses por l'Année M.DC.LXXIX* ou simplemente *Connaissance des Temps* da man de Jean Picard, fundador da cartografía e xeodesia modernas [64]. Nel Messier publicaríase a versión final do seu catálogo. Este anuario, publicado ininterrompidamente ata a actualidade estaba dividido orixinalmente en dúas partes:

- Na primeira amosábanse efemérides do Sol, a Lúa e os planetas, indicando os ortos e os ocasos para cada día do ano en París, así como as fases da Lúa e os eclipses (Figura 3.2)
- Na segunda describíanse os métodos que permitían calcular ditas efemérides e como usalas, os sistemas de coordenadas, táboas con escalas de tempos e artigos de astrónomos famosos da época sobre diferentes temas (Figura 3.3)

Outro Observatorio do que compre falar á hora de facer unha revisión histórica da información astronómica é do Observatorio Real de Bélxica, fundado en 1826 por Guillermo I, rei dos Países Baixos, a petición do matemático belga Adolphe Quetelet.

Ademais da súa labor en astronomía, Quetelet foi pioneiro en aplicar a probabilidade e a estadística no eido da socioloxía, desenvolvendo grandes traballos sobre a influencia de diferentes variables cuantificables como o nivel económico, analfabetismo e clima con outras como a obesidade ou a taxa de crime, sendo un dos pais fundadores da criminoloxía como ciencia. Por mor disto foi tamén un matemático moi controvertido e obxecto de críticas polos seus colegas científicos. [66]

Porén, isto non evitou que publicase unha extensa obra á vez que dirixía o Observatorio Real de Bélxica. Sería en 1834 que publicaríase a primeira edición do *Annuaire de l'Observatoire Royal de Bruxelles*, un anuario astronómico que a día de hoxe continua sendo emitido por esta institución cada ano. Nas primeiras edicións, moi sinxelas, relatábanse as eclipses visibles desde Bruselas, o inicio das estacións, efemérides cos ortos e ocasos do Sol, da Lúa e dos planetas máis algún artigo divulgativo (Figura 3.4. e Figura 3.5.).

JUN.	Com- menc. du Crep.	Lever du Soleil.	Cou- cher du Soleil.	Fin du Crepus- cule.	LONGITUDE DU SOLEIL.
	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	S. D. M. S.
1	Je. Oct. Fils-Dieu.	0. 57. 4.	1. 7. 55.	11. 6.	2. 11. 7. 59
2	Vendr. S. Photin.	0. 53. 4.	1. 7. 56.	11. 10.	2. 12. 5. 25
3	Sams. S. Clotilde.	0. 49. 4.	1. 7. 57.	11. 14.	2. 13. 2. 50
4	Dim. S. Oron.	0. 45. 4.	1. 7. 58.	11. 17.	2. 14. 0. 14
5	Lundi S. Boniface.	0. 39. 4.	1. 7. 58.	11. 24.	2. 14. 57. 38
6	Mardi S. Claude.	0. 34. 4.	1. 7. 59.	11. 31.	2. 15. 55. 1
7	Mer. S. Norbert.	0. 28. 4.	1. 7. 59.	11. 37.	2. 16. 52. 25
8	Jendi S. Melard.	0. 22. 4.	1. 8. 0.	11. 43.	2. 17. 49. 44
9	Vendr. S. Libore.	0. 15. 4.	0. 8. 0.	11. 50.	2. 18. 47. 5
10	Samedi S. Landri.	0. 8. 3.	0. 52. 8.	1. 11. 57.	2. 19. 44. 23
11	Dim. S. Barnabe.	0. 1. 3.	0. 50. 8.	1. 12. 0.	2. 20. 41. 45
12	Lundi S. Ruffide.	0. 0. 3.	0. 50. 8.	1. 12. 0.	2. 21. 38. 59
13	Mardi S. A. de P.	0. 0. 3.	0. 51. 8.	1. 12. 0.	2. 22. 36. 16
14	Mercur. S. Rufin.	0. 0. 3.	0. 51. 8.	1. 12. 0.	2. 23. 33. 32
15	Jendi S. Vinc. M.	0. 0. 3.	0. 52. 8.	1. 12. 0.	2. 24. 30. 48
16	Vendr. S. Farguez.	0. 0. 3.	0. 52. 8.	1. 12. 0.	2. 25. 28. 4
17	Sams. S. Avir. Abbe.	0. 0. 3.	0. 52. 8.	1. 12. 0.	2. 26. 25. 18
18	Dim. S. Marine.	0. 0. 3.	0. 52. 8.	1. 12. 0.	2. 27. 22. 31
19	Lundi S. G. S. P.	0. 0. 3.	0. 52. 8.	1. 12. 0.	2. 28. 19. 44
20	Mardi S. Silvere.	0. 0. 3.	0. 52. 8.	1. 12. 0.	2. 29. 16. 57
21	Mercur. S. Lucius.	0. 0. 3.	0. 52. 8.	1. 12. 0.	3. 0. 14. 9
22	Jendi S. Paulin.	0. 0. 3.	0. 52. 8.	1. 12. 0.	3. 1. 11. 20
23	Vendr. Sigle-Jeune.	0. 0. 3.	0. 52. 8.	1. 12. 0.	3. 2. 8. 31
24	Sa. Nati. J. J. B.	0. 0. 3.	0. 52. 8.	1. 12. 0.	3. 3. 5. 42
25	Dim. S. Agard.	0. 0. 3.	0. 52. 8.	1. 12. 0.	3. 4. 2. 54
26	Lun. S. Jean B. P.	0. 0. 3.	0. 52. 8.	1. 12. 0.	3. 5. 0. 7
27	Mardi S. Inende.	0. 0. 3.	0. 52. 8.	1. 12. 0.	3. 5. 57. 20
28	Mer. Sigle-Vieille.	0. 0. 3.	0. 52. 8.	1. 12. 0.	3. 6. 54. 34
29	Jendi S. Pien. S. P.	0. 0. 3.	0. 52. 8.	1. 12. 0.	3. 7. 51. 45
30	Vendr. Comm. S. P.	0. 0. 3.	0. 52. 8.	1. 12. 0.	3. 8. 48. 57

Jours croissant du 1 au 21 de 8' 40" le mat. & de 8' 10" le soir.
Et décroissant du 22 au 30 de 1. 45. le mat. & de 2. 3. le soir.

(a) Figura 3.2: Táboa onde se indica (para París) o comezo do crepúsculo, o orto, o ocaso e a fin do crepúsculo para cada día de Xuño. 1769. [65]

149 1769.

EXPLICATION ET USAGE DES TABLES.

DE L'OBLIQUITE DE L'ECLIPTIQUE.

Page 3.

L'ECLIPTIQUE, la route apparente du Soleil, ou plutôt l'orbite annuelle de la Terre, fait avec l'Equateur un angle qui sera au commencement de cette année 1769, de $23^{\circ} 28' 11''$, la quantité moyenne décroît annuellement d'environ une minute par siècle, en vertu de l'action des Planètes sur la Terre. Il y a encore une inégalité de 9 secondes, qui résulte de la nutation de l'axe de la Terre lorsque le noeud de la Lune est dans l'équinoxe du Printemps, l'angle de l'Ecliptique & de l'Equateur augmente de 9 secondes, & il diminue d'autant lorsque le noeud est dans la Balance. C'est d'après ces considérations, que l'on a calculé de trois en trois mois l'obliquité de l'Ecliptique.

COMMENCEMENT DU CREPUSCULE.

3.^e colonne de la première page de chaque mois.

LA lumière que le Soleil répand dans l'atmosphère, ne disparoit totalement vers le couchant, que lorsqu'il est descendu sous l'horizon

N. 113

(b) Figura 3.3: Explicación e uso das táboas. Descripción da inclinación da eclíptica. 1769. [65]

Na actualidade o anuario inclúe, ademais da información anterior en francés e neerlandés, as constantes astronómicas máis importantes revisadas cada ano, as oposicións, conxuncións e elongacións dos planetas do sistema solar así como a súa visibilidade, ocultacións e tránsitos. Finalmente tamén son nomeados e descritos outros obxectos menores como os satélites, asteroides, planetas ananos e cometas (Figura 3.6.).

Outro anuario do que é preciso falar por completitude son as *Effemeridi di Milano* (Efemerides de Milán) publicadas polo Observatorio Astronómico de Brera entre 1774 e 1874 baixo iniciativa da emperatriz María Teresa de Austria.

O Observatorio de Brera foi fundado en 1764 nun colexio xesuíta e a súa dirección foi encomendada nun primeiro lugar ao matemático Joseph-Louis Lagrange, de sobra coñecido polas súas aportacións á matemática moderna e en particular á mecánica celeste. Neste eido abordou o problema dos tres corpos e por extensión os sistemas secular e xoviano.

Porén, a fama deste observatorio débese a quen o dirixiu entre 1862 e 1900, Giovanni Virginio Schiaparelli, que en 1877 descubriría as famosas “canles” de Marte que manterían

(17)

Jours du mois.	Passage de la LUNE au Méridien tems m.		LEVER de la Lune, tems moyen.		COUCH. de la Lune, tems moyen.		Jours du mois.	LEVER des Planètes, tems moyen.		COUCHER des Planètes, tems moyen.		Passage des Planètes au Méridien tem. m.			
	H.	M.	H.	M.	H.	M.		H.	M.	H.	M.	H.	M.		
1	11.	5	40	3.	Soir.	7	25	♂ MERCURE.							
2				4.	17	8.	0	1	8.	21	6.	22	1.	22	
3	0.	30	5.	32	8.	26	1	8.	21	6.	22	1.	22		
4	1.	19	6.	49	8.	47	11	7.	47	6.	43	1.	15		
5	2.	6	8.	5	9.	2	21	6.	45	5.	46	0.	15		
6	2.	51	9.	23	9.	20	♀ VÉNUS.								
7	3.	37	10.	42	9.	35	1	8.	48	7.	25	2.	7		
8	4.	24			9.	51	11	8.	28	7.	56	2.	12		
9	5.	12			10.	8	21	8.	8	8.	26	2.	17		
10	6.	5	1.	27	10.	30	♂ MARS.								
11	7.	0	2.	52	11.	0	1	7.	18	3.	43	11.	30		
12	8.	0	4.	14	11.	39	11	6.	59	3.	46	11.	23		
13	9.	3	5.	28	0.	36	21	6.	40	3.	51	11.	15		
14	10	6	6.	27	1.	48	♂ JUPITER.								
15	11.	7	7.	9	3.	9	1	1.	34	5.	59	9.	47		
16	0.	55	8.	2	5.	59	11	0.	52	5.	17	9.	4		
17	1.	43	8.	20	7.	18	21	0.	7	4.	35	8.	22		
18	2.	28	8.	35	8.	35	♂ SATURNE.								
19	3.	12	8.	49	9.	49	1	0.	10	4.	35	8.	22		
20	3.	55	9.	4	11.	2	♂ SATURNE.								
21	4.	38	9.	19			1	0.	21	10.	39	0.	51		
22	5.	23	9.	37		0.	13	11.	42	10.	0	4.	30		
23	6.	10	10.	0		1.	24	11.	5	9.	21	4.	11		
24	6.	57	10.	27		2.	34	21	11.	2	0	4.	11		
25	6.	57	10.	27		2.	34	♂ SATURNE.							
26	7.	48	11.	2	3.	37	♂ URANUS.								
27	8.	39	11.	50	4.	35	1	8.	22	6.	25	1.	23		
28	9.	31	0.	50	5.	22	11	7.	44	5.	48	0.	46		
29	10.	22	1.	59	6.	0	21	7.	5	5.	12	0.	8		

P. L. le 2. à 7 h. 7' du soir. N. L. le 16. à 8 h. 35' du soir.
D. Q. le 10. à 2 h. 9' du mat. P. Q. le 24. à 0 h. 3' du mat.

2.

(a) Figura 3.4: Efemerides para os días do mes de febreiro (filas) coas culminacións, ortos, ocasos da Lúa e dos planetas (columnas). Edición 1836. [67]

(38)

SUR LA MESURE DU TEMPS.

Les principales mesures du temps sont : l'année, le mois, le jour. La durée de l'année dépend du temps employé par la Terre à faire une révolution autour du Soleil, et la durée du jour dépend du temps employé par la Terre à tourner sur son axe. Quant au mois, sa durée semble avoir été fixée primitivement d'après le temps employé par la Lune à faire une révolution autour de la Terre.

Comme on peut estimer une révolution entière par rapport à différens points, il doit exister différentes espèces d'années, de mois et de jours. On distingue particulièrement quatre espèces d'années.

L'année tropique est le temps qui s'écoule entre deux retours successifs de la Terre à l'équinoxe du printemps; sa valeur est de 365,24225894. Si la ligne équinoxiale ne se déplaçait pas, l'année tropique serait de même longueur que l'année sidérale, qui est le temps du retour de la Terre à sa même place, par rapport à une étoile fixe. Comme l'équinoxe se déplace peu à peu, et de 50',1 par an environ, en avançant de l'orient vers l'occident, c'est-à-dire, en allant au devant de la Terre, l'année tropique est un peu plus courte que l'année sidérale.

L'année sidérale est de 365,256384. On estime le mouvement moyen en divisant la valeur de la circonférence 360 par ce temps. On trouve ainsi que le mouvement moyen de la Terre est de 59' 8",3.

(b) Figura 3.5: "Sobre a medida dos tempos". Artigo da mesma edición onde se definen e establecen as diferenzas entre ano trópico, sidéreo e anomalístico xunto aos seus valores calculados. [67]

absortos aos astrónomos durante un século ao semellar precisamente construcións artificiais para transportar auga. Máis adiante comprobaríase que non eran senón unha ilusión óptica debida ás aberracións cromáticas dos refractores da época en conxunción co alineamento dalgúns cráteres e accidentes da superficie marciana.

En relación aos refractores, precisamente Schiaparelli empregaría un de 220mm de apertura para dedicarse durante décadas ao estudo das estrelas dobres efectuando, na época na que foi director, un total de 11 776 medicións de sistemas binarios.

Volvendo agora ao Anuario Astronómico publicado por este observatorio, as Efemerides de Milán estaban ao igual que as súas compañeiras divididas en dúas partes: a primeira constituíase dunha serie de táboas coa posición prevista polo Sol, a Lúa e os planetas coa idea de ser empregada polos astrónomos nas súas observacións. A segunda contiña unha selección de artigos científicos elaborados por astrónomos e científicos da época.

A publicación do anuario duraría un século xa que coa chegada da contaminación lumínica as labores de observación do observatorio de Brera serían trasladadas ao observatorio

VISIBILITÉ DES PLANÈTES
ZICHTBAARHEID VAN DE PLANETEN

Planète Planest	Mercur Mercurius	Vénus Venus	Mars Mars	Jupiter Jupiter	Saturne Saturnus	Uranus Uranus	Neptune Neptunus
Mois Maand 2021							
Janvier Januari	■	■	■	■	■	■	■
Février Februari			■			■	■
Mars Maart			■	■	■	■	
Avril April			■	■	■	■	
Mai Mei	■	■	■	■	■	■	■
Juin Juni		■	■	■	■	■	■
Juillet Juli	■	■	■	■	■	■	■
Août Augustus		■	■	■	■	■	■
Septembre September		■	■	■	■	■	■
Octobre October	■	■	■	■	■	■	■
Novembre November	■	■	■	■	■	■	■
Décembre December	■	■	■	■	■	■	■

Les conditions de visibilité des différentes planètes (éventuellement à l'aide d'un télescope), peuvent être déduites du graphique de la page précédente.

Pour Mercure et Vénus, une apparition matinale a lieu au voisinage de leur plus grande élongation occidentale, une apparition en soirée autour de leur plus grande élongation orientale. La durée de leur visibilité est la plus longue au voisinage du milieu de chaque apparition. La visibilité de Mercure dépend fortement de l'angle que fait l'écliptique avec l'horizon.

Les planètes extérieures redeviennent visibles le matin après leur conjonction avec le Soleil. Comme elles se lèvent chaque jour un peu plus tôt, leur période de visibilité, qui est d'abord courte, s'allonge progressivement, d'abord après minuit, ensuite également dans la soirée. En période d'opposition, elles demeurent visibles toute la nuit. Après, comme elles se couchent de plus en plus tôt le matin, leur période de visibilité se raccourcit. Progressivement, ces planètes ne seront plus visibles que le soir pendant des périodes de plus en plus courtes jusqu'à ce qu'elles disparaissent dans le crépuscule du soir. Elles ne sont pas visibles en période de conjonction avec le Soleil.

La planète est:

visible le matin
visible avant et après minuit
visible le soir
invisible

De planeet is:

's morgens zichtbaar
voor en na middernacht zichtbaar
's avonds zichtbaar
niet zichtbaar

Uit het diagram van de vorige bladzijde kan men afleiden wanneer welke planeten zichtbaar zijn (eventueel met behulp van een kijker).

Voor Mercurius en Venus heeft een ochtendverschijning plaats nabij de grootste westelijke elongatie, een avondverschijning rond de grootste oostelijke elongatie. De zichtbaarheidsduur is het grootst in de buurt van het midden van elke verschijning. De zichtbaarheid van Mercurius is sterk afhankelijk van de hoek die de ecliptica maakt met de horizon.

De buitenplaneten zijn, na hun conjunctie met de zon, eerst korte tijd 's ochtends zichtbaar. Ze komen elke dag wat vroeger op en worden steeds langer zichtbaar, eerst gedurende de tweede helft van de nacht, later ook 's avonds. Rond hun oppositie zijn ze de hele nacht waarneembaar. Daarna gaan ze steeds vroeger in de morgen onder, waardoor de duur van hun zichtbaarheid afneemt. Geleidelijk zijn ze alleen nog 's avonds zichtbaar. Dit wordt steeds korter, tot ze in de avondschemering verdwijnen. Rond hun conjunctie met de zon zijn ze niet waarneembaar.

Figura 3.6: Descripción da visibilidade dos planetas desde a latitude de Bruselas para o ano 2021 en francés e neerlandés. Edición 2021. [68]

de Merate, en Bérghamo. [69] [70]

O último dos anuarios que imos mencionar neste traballo antes de abordar os máis locais serán as Efemérides Astronómicas do Observatorio Astronómico da Universidade de Coímbra (EAOAUC). Dito observatorio foi fundado en 1772 (se ben a súa construción non rematou ata 1799) no marco da Reforma Universitaria ou Reforma Pombalina, baixo o reinado de Xosé I. Como podemos apreciar a diferenza dos observatorios antes reseñados, este naceu no seno da universidade o cal marcaría a súa folla de ruta alternando os seus obxectivos entre a ensinanza e, especialmente, a investigación.

As EAOAUC comezáronse a publicar en 1802 baixo a iniciativa de José Monteiro de Rocha, director do Observatorio, e terían un gran recoñecemento na época. Nas primeiras edicións estas efemérides incluían dunha banda información sobre as épocas principais, abreviaturas e constantes astronómicas ademais de *Folhas Mensais* ou efemérides para cada mes do ano e un catálogo estelar das estrelas principais. Doutra banda e ao igual que os anuarios anteriores dábase lugar a un espazo onde se publicaban artigos científicos

sobre diferentes temas como a determinación de eclipses (1804 e 1807), efemérides de Marte (1804), determinación de lonxitudes xeográficas de diferentes portos, cabos e illas da Terra (1804-1805), métodos de interpolación (1808-1809), etc...

Tradicionalmente as EAOAUC elaborábanse a partir de táboas astronómicas máis básicas calculadas mediante predicións teóricas e afinadas a través de observacións empíricas. Nas primeiras edicións empregábanse como base as *Tables Astronomiques* de Lalande e máis adiante as de Delambre. Porén, en 1813 Monteiro de Rocha crearía unhas propias, as *Taboas Astronómicas ordenadas a facilitar o Cálculo das Ephemerides da Universidade de Coimbra* incluído as posicións do Sol e a Lúa para o meridiano do Observatorio e máis adiante as dos planetas. [71]

3.2. O Real Instituto e Observatorio da Armada

Tal e como adiantábamnos na introdución do capítulo a astronomía e a navegación sempre estiveron íntimamente relacionadas. Esta ligazón cristalizou na Idade Moderna coa necesidade de resolver un dos grandes problemas da náutica: o cálculo da lonxitude en alta mar.

Numerosos imperios de todo o mundo premiarían ao primeiro en atopar unha solución nesta cuestión tan desafiante. O primeiro en facelo sería Felipe III en 1598, seguido por Holanda, Francia e o Imperio Británico coa fundación do *Board of Longitudes* ofrecendo un premio de 10 000 libras a quen resolvese o problema cun grao de precisión.

Esta carreira científica evidenciou a necesidade da astronomía na formación marítima e a importancia de que cada país contase con observatorios astronómicos propios de cara a aumentar o seu poder marítimo, tanto no militar como no comercial.

Paralelamente, no século XVI e inicios do XVII as grandes dimensións do Imperio Español contrastaban co seu poderío naval, menor que o dos seus competidores que xa contaban cun exército permanente e escolas de oficiais cunha maior formación teórica e práctica en diversas ciencias aplicadas á navegación. Isto motivou a creación en 1717 da *Academia de Guardias Marinas* de Cádiz co obxectivo de equiparar o grao de formación dos cadetes co dos seus veciños ingleses, franceses e portugueses, máis adiantados nesta época.

Por suposto a matemática e a astronomía serían materias clave na formación teórica ofrecida na Academia, impartíndose aulas desde aritmética básica e trigonometría ata a cosmografía e o estudo da esfera.

Sería Jorge Juan y Santacilia, un enxeñeiro naval entre cuxas fazañas estaba a de medir o meridiano terrestre probando que a Terra non é unha esfera perfecta pois está achatada,

reformularía a Academia desde as súas bases fortalecendo o plano científico da formación impartida nela.

Sería en 1749 que Jorge Juan lle propoñería ao Marqués da Ensenada a creación dun observatorio astronómico que apoiase as necesidades formativas da Academia no eido matemático e astronómico, moi modestas e atrasadas incluso para a época. Deste xeito sería o propio Jorge Juan o que iría a Londres a mercar a instrumentación necesaria para dispoñer dun arsenal experimental que puidera equipararse co doutros observatorios europeos, pois a meirande parte do material científico que estes tiñan era tamén inglés. En canto á estrutura organizativa do observatorio tomaríase ao de Greenwich como modelo da nova institución.

Co material e o edificio para o seu aloxamento dispostos, o Observatorio de Cádiz comezaría a funcionar en novembro de 1753, con Louis Godín, exmembro da Academia de Ciencias de París que editara o *Connaissance des Temps* entre 1730 e 1734 e fora xefe da expedición xeodésica *Le Condamine* na que participara Jorge Juan, como director.

Pola súa ubicación tratábase do observatorio con máis días de ceo despexado ao ano de Europa, motivo polo que a súa posta en funcionamento non pasou desapercibida entre a comunidade astronómica internacional. O propio Delisle, entón director do Observatorio da Academia de San Petersburgo, solicitaría á institución a observación da eclipse de Sol de outubro de 1753.

Vinte anos despois, o 2 de outubro de 1773, o observatorio tomaría fama internacional coa observación da ocultación do anel de Saturno da man de Vicente Tofiño e José Varela de Ulloa. No mesmo ano Tofiño e Varela comezarían co primeiro programa de observacións periódica do Observatorio no que se incluía a determinación da hora, observacións de tránsitos polo cuadrante mural (construído por John Bird e instrumento insignia do centro), posicións de estrelas, ocultacións e eclipses entre moitos outros.

Varela, nado en 1739 en Palas de Rei, Lugo, ademais das observacións científicas que realizou xunto a Tofiño era mestre de matemáticas na Academia e posteriormente pasou anos embarcado en numerosas expedicións xeodestas e cartográficas, como a determinación da latitude e lonxitude na Illa Trinidad ou os límites do Reino Español e Portugués en América do Sur.[73]

Tras case medio século desde a súa fundación o Observatorio xa era punteiro á hora de formar aos oficiais en materia astronómica pero a súa infraestrutura non era a máis adecuada para o desempeño das diversas funcións de investigación que se lle ían sumando co paso dos anos, entre elas a da Oficina de Efemérides. Por mor disto no ano 1793 o Observatorio de Cádiz trasladaríase á Illa de León, actual San Fernando.

3.2.1. O Almanaque Náutico e as Efemérides Astronómicas

Ata este momento os mariños españois tomaban de referencia para a navegación as táboas de efemérides contidas no *Connaissance des Temps* francés ou no *Nautical Almanac* inglés. Non obstante, no contexto de proliferación científica no que se atopaba o Observatorio e por cuestións prácticas como eran as de ter unhas efemérides en lingua española e calculadas para o meridiano gaditano xunto a outras de carácter político e nacionalista ao deixar de depender de potencias extranxeiras comezou a medrar o interese en ter unhas efemérides propias.

Sería baixo o comandazgo de Mazarredo (Comandante das *Compañías de Guardias Marinas*) e a dirección de Vimercati, que en 1791 imprimírase no Observatorio o *Almanaque Náutico y Efemérides Astronómicas para el año bisiesto de 1792, calculadas de orden de S.M. para el Observatorio Real de Cádiz*, o primeiro anuario astronómico español.

Este primeiro exemplar contiña, ademais da lista do persoal do observatorio e un prólogo do director (Cipriano Vimercati), táboas de efemérides organizadas máis as auxiliares, que explicaban o correcto uso das primeiras.

As efemérides constaban de 12 páxinas por cada mes e contiñan:

- Festividades do mes.
- Fases da Lúa.
- Ocultacións de planetas e estrelas de $V \leq 4$ pola Lúa e o Sol.
- Conxuncións da Lúa con estrelas de $V \leq 4$, dos planetas entre sí e coas estrelas.
- Eclipses solares, lunares e estelares.
- lon_{Sol} , α_{Sol} , δ_{Sol} e a Ecuación do Tempo calculados para cada mediodía.
- $lon_{Lúa}$, $lat_{Lúa}$, $\alpha_{Lúa}$, $\delta_{Lúa}$, hora do seu paso polo meridiano, o seu semidiámetro e paralaxe.
- Posición dos planetas.
- Eclipses dos satélites de Xúpiter observables desde Cádiz e a súa posición.
- Distancias lunares.
- Efemérides do planeta Urano (daquela aínda chamado *Georgium Sidus*)

Tal e como mencionamos o *Almanaque* confeccionábase cun dobre propósito: astronómico e náutico. E isto visibilizábase nos datos ofrecidos nel:

As eclipses solares e lunares permitían calcular a lonxitude en alta mar así como corrixir as táboas de distancias lunares. A lonxitude solar é un dato necesario para moitos cálculos

astronómicos e a súa ascensión recta para obter o tempo verdadeiro. A declinación solar serve para atopar a latitude e a ecuación do tempo é fundamental para o uso de cronómetros mariños. As eclipses dos satélites de Xúpiter facilitaban o cálculo da lonxitude e latitude xeográficas, etc...

As táboas non calculadas no Observatorio (como as das efemérides solares) extraíanse do *Nautical Almanac* e reducíanse ao meridiano gaditano, mais co tempo todos estes cálculos pasarían a ser plenamente orixinais do Observatorio de San Fernando así como a integración das táboas auxiliares e das efemérides do mesmo volume. Isto conlevaba ter unha gran cantidade de persoal propio traballando no cálculo de ditas efemérides.

Este problema solucionaríase coa creación da Oficina de Efemérides en 1794 o cal permitiría que para os vindeiros anos as efemérides do Sol, da Lúa, dos satélites de Xúpiter e dos planetas fosen calculadas directamente para o meridiano de San Fernando, cunha antelación de ata 3 anos e sen que o resto de funcións do Observatorio quedasen desatendidas. Ademais, a partir de 1804 comezaríanse a incluír artigos sobre as observacións e descubrimentos realizados na institución.

Ao inicio do s.XIX comézaronse a introducir diversas modificacións no *Almanaque* como as implantadas por Sánchez Cerquero de incluír columnas que permitisen a conversión do tempo medio en tempo sidéreo, detalle de gran utilidade para os que empregasen as efemérides cun propósito mariño; así como novos métodos e fórmulas que melloraban as predicións.

A partir deste punto e, paralelamente á elaboración do *Almanaque*, comezaría tamén no Observatorio a produción do Calendario Civil para o cal o centro sería por lei o único editor (ata 1855) o que o dotaría de financiación propia.

Máis reformas chegarían na segunda metade do s.XIX entre as que compre destacar a tabulación de $\alpha_{Lúa}$ e $\delta_{Lúa}$ hora a hora e as distancias lunares referidas a Venus, Marte, Xúpiter e Saturno. Se ben a máis importante de todas elas viría a raíz da histórica decisión tomada no Congreso de Washington de 1884 de considerar ao meridiano de Greenwich como o Meridiano Cero en detrimento do de París. Deste xeito, en 1910 as táboas de efemérides do *Almanaque Náutico* pasarían a estar calculadas para dito meridiano adaptándose así ao novo estándar internacional.

Tamén nesta época comezaría o proxecto *Carte du Ciel*, comentado no Capítulo 2, do que o Observatorio de San Fernando formaría parte.

En 1911, no marco da Conferencia de Efemérides de París, os observatorios máis destacados de Europa tomarían a decisión de cooperar na produción dunhas efemérides colaborativas. Así, os centros que daban vida ao *Connaissance des Temps*, *Nautical Almanac*, *The American Ephemeris*, *Berliner Astronomisches Jahrbuch* ou (Libro do Ano Astronó-

mico de Berlín), *Almanaque Náutico*, o Observatorio de Pulkovo e o de Turín, uniríanse na elaboración dun anuario internacional para o cal os astrónomos de San Fernando encargaríanse de calcular as posicións de 350 estrelas. Esta conferencia tamén foi moi fructífera en tanto á estandarización das constantes astronómicas.

A Guerra Civil Española e a Segunda Guerra Mundial (IIGM) conlevaron, como sería de esperar, diversas trabas neste proxecto, especialmente no relativo á cooperación co *Astronomische Rechen-Institut*. A pesares diso a elaboración destas efemérides continuaría tras repartirse as labores encomendadas ao observatorio alemán entre os restantes centros.

Tras a IIGM e co auxe dos primeiros ordenadores, as calculadoras electrónicas non tardarían en acomodarse ao inventario astronómico de San Fernando, sendo en 1946 que a Oficina de Efemérides comezaría a empregar calculadoras para a elaboración do *Almanaque*.

En 1961, unha reforma que se fora xestando un século atrás chegou a materializarse. O *Almanaque* dividiríase en dous: dunha banda publicaríase o *Almanaque Náutico*, coa información crucial e relativa á navegación e pola outra banda as *Efemerides Astronómicas de San Fernando* máis enfocadas en contido e forma ás labores astronómicas. Xa entrados na segunda metade do século, en 1962, o Observatorio participaría noutra labor cooperativa: a confección do FK3. Para isto fóronlle asignadas o cálculo de 390 das 1535 estrelas fundamentais que o compoñerían.

A finais do século os ordenadores volveron a ser os protagonistas, dominando os sistemas de navegación mentras relegaban pouco a pouco aos tradicionais métodos empregados ata ese momento. Deste xeito as *Efemerides* e o *Almanaque* iríanse adaptando para o seu uso en ordenador.

Así, en 1979, publícase o *Almanaque Náutico para uso con máquinas de calcular* e, en 1998, o *Almanaque para PC* comezaríase a distribuír. [72] [74] [75]



Figura 3.7: Portada do Almanaque Náutico para PC. [76]

3.3. O Real Observatorio de Madrid

Tras participar activamente na fundación do Observatorio de Cádiz, Jorge Juan suxeriu a Carlos III en 1770 a construción doutro observatorio en Madrid. Este último respondería afirmativamente á iniciativa en 1785 mais non sería ata 1790, xa baixo o reinado de Carlos IV, que comezaría a construción do observatorio baixo as ordes do arquitecto Juan de Villanueva, máximo expoñente do neoclasicismo español, feito que se palparía no edificio que construíría para o Observatorio no *Cerrillo de San Blas*, nun dos extremos do Parque

do Retiro.

A diferenca do marcado obxectivo práctico que tivo a fundación do Observatorio de Cádiz, inspirado como mencionamos no de Greenwich, o de Madrid tiña un propósito máis académico e intelectual, centrado no progreso científico e na investigación, sendo máis similar nisto ao de París.

O primeiro director do novo centro sería o matemático Salvador Jimenez Coronado, que mentres finalizaba a construción do novo edificio crearía unha *Escuela de Astronomía* destinada a formar aos futuros traballadores do Observatorio. Máis tarde crearíase tamén un *Taller de Instrumentos* que tería como obxectivo producir os aparellos necesarios para a labor dos astrónomos, abandonando a necesidade de importalos de constructores ingleses.

En 1795 no Real Observatorio comezáronse a realizar labores meteorolóxicas á par que no 1796 se encargou a construción dun telescopio a W. Herschel. Este fabricaría un reflector de 60cm de diámetro que se remataría de fabricar en 1802 para logo ser trasladado a Madrid, sendo o millor telescopio da época. Por desgraza no ano 1808, durante a invasión Napoleónica, os franceses establecerían unha posición defensiva no *Cerro de San Blas* e o telescopio de Herschel, construído en madeira de carballo inglés, converteríase en leña.

Tras isto o Observatorio, como é natural, pasou por unha época moi difícil coa que tiveron que lidiar dous directores galegos, José Rodríguez e Domingo Fontán.

O primeiro, coñecido polos alcumes de “Matemático Rodríguez” ou “O Matemático de Bermés” naceu en Bermés, parroquia de Lalín, no ano 1770. Rodríguez pode ser considerado como o primeiro científico galego. Pasou varios anos viaxando por Londres, París e Gotinga onde tería un gran recoñecemento polas súas aportacións á xeodesia e por impulsar o Sistema Métrico Decimal obtendo o respecto de grandes matemáticos da época como Laplace e Gauss. En 1817 traería de París numerosos instrumentos para o departamento de Física da Universidade de Santiago de Compostela (USC) e logo mudaríase a Madrid para ocupar o posto de Director do Real Observatorio (1819). Durante os anos que ocupa dito posto reorganizaría o Observatorio, maltreito pola guerra, comercializando a través del distintos Calendarios para Galicia os anos 1822, 1823 e 1824 cos ortos e ocasos do Sol, eclipses e festividades para cada mes do ano. [78] [79]

Dos seus discípulos o que sen dúbida máis destacou foi Domingo Fontán, nado en Portas, Pontevedra, no ano 1788. Fontán, formado na USC, comezou en 1817 (sen dúbida influido por Rodriguez) a elaboración da Carta Xeométrica de Galicia, a súa maior obra á cal lle dedicou 17 anos da súa vida estando considerada como o primeiro mapa elaborado mediante cálculos e medicións matemáticas de España. Rematada a Carta ocuparía igual que o seu mentor o posto de Director no Observatorio madrileño no ano 1834. [80]

En 1851 reconstruíronse as instalacións agregando unha biblioteca que a día de hoxe

conta con máis de 10 000 volumes, sendo a colección en materia astronómica máis importante do Estado Español.

3.3.1. O Anuario

En decembro de 1859 comeza a publicación do *Anuario del Real Observatorio de Madrid* baixo a suxerencia do Comisario Rexio Antonio Gil de Zarate de ter un anuario propio a través do cal difundir os estudos realizados no Observatorio “importantes pola súa utilidade inmediata, ou polo pracer que o ánimo sente ao adquirilo” tomando como modelo o *Annuaire du Bureau des Longitudes* de Paris.

Deste xeito a estrutura dos primeiros *Anuarios* dividíase en tres grandes partes:

- Efemérides e datos astronómicos.
- Datos e táboas complementarias.
- Artigos divulgativos.

A primeira incluía un prólogo do Director do Observatorio; un calendario coas festividades, ortos e ocasos do Sol e a Lúa; os fenómenos astronómicos máis reseñables de cada mes; as eclipses de Sol e Lúa do ano en cuestión coas súas franxas de visibilidade; ocultacións de estrelas e planetas pola Lúa; datos sobre os obxectos coñecidos do Sistema Solar como os planetas e os asteroides descubertos ata a data.

Nuns inicios (1860-1921) tamén se incluían resumos de observacións meteorolóxicas ata que nos anos vinte do século pasado esta ciencia deixa de ser tarefa do Observatorio, que pasaría a dedicar todos os seus esforzos á astronomía.

Na segunda parte preséntanse táboas auxiliares para converter os tempos nos que se producían os eventos anteriores para outras partes do Estado; as coordenadas xeográficas doutros Observatorios do mundo; das capitais de provincia; conversións entre o sistema métrico decimal e outros; conversións entre moedas e táboas con correccións.

En canto á terceira parte e para servir ao propósito de non só proporcionar unhas táboas de efemérides senón tamén difundir o coñecemento da astronomía e doutras áreas relacionadas como a meteoroloxía e a xeofísica, cada volume do *Anuario* remataba cunha serie de artigos científicos con propósito divulgativo elaborados polos astrónomos e astrónomas do Observatorio.

Ata a data lévanse publicados 133 exemplares do *Anuario* de maneira constante salvo algunha interrupción esporádica, sendo a máis importante de 1881 a 1907, coincidente co traspaso da administración do Observatorio da Universidade ao *Instituto Geográfico Nacional* (IGN). Desde entón a súa publicación sería ininterrumpida, incluso durante a Guerra Civil.

A partir de 1908 as efemérides deixaríanse de calcular para o meridiano de Madrid pasándose a empregar, ao igual que aconteceu co *Almanaque*, o meridiano de Greenwich. Complementariamente ao *Anuario* comezouse a emitir a partir de 1932 o *Boletín Astronómico*. Publicación máis regular con datos e resumos das observacións que de tardar un ano en ser publicadas perderían interese (incluía así mesmo artigos científicos). Deixouse de editar en 2003. [77] [81] [82]

Na actualidade o *Anuario del Observatorio Astronómico* séguese publicando impreso estando á venda no *Centro Nacional de Información Geográfica* (CNIG). A última edición (2021) conta co seguinte índice:

	9	10	
Índice temático			
Fenómenos astronómicos:		Catálogos:	
Resumen	13	Constelaciones	278
Visibilidad de los planetas	18	Estrellas:	288
Ocultaciones por la Luna	33	Brillantes	293
Fenómenos día a día	37	Dobles	298
Eclipses de Sol y de Luna	63	Variables	301
Calendarios y tiempos:		Relación entre magnitud y brillo	305
Calendarios	79	Conversión de distancias en la Vía Láctea	306
Tiempos	93	Vía Láctea:	
Escalas de tiempo	94	Características de la Vía Láctea	308
Husos horarios	102	Cúmulos estelares	310
Tablas de tiempos	108	Nebulosas	312
Efemérides astronómicas:		Catálogo de Messier de objetos difusos	317
El Sol:		Objetos extragalácticos	321
Datos solares	123	La Tierra:	
Efemérides	128	Datos físicos, geodésicos y cartográficos:	339
Fórmulas, ortos, ocasos, etc	142	Elipsoides de referencia	339
La Luna:		Posiciones geográficas de ciudades	342
Datos lunares	155	Posiciones geográficas de observatorios	344
Efemérides	159	Tablas complementarias:	
Fórmulas, ortos, ocasos, etc	173	Corrección de coordenadas astronómicas:	
Los planetas:		Tablas y fórmulas de precesión	350
Datos planetarios	180	Fórmulas de nutación y aberración	353
Efemérides de los planetas	186	Corrección de refracción atmosférica	354
Fórmulas, ortos, ocasos, etc	202	Tablas de constantes físicas y astronómicas	356
Satélites naturales:		Interpolación numérica	358
Datos de los satélites	209	Moléculas interestelares	362
Satélites de Júpiter	228	Artículos de divulgación:	
Tabla de equivalencias para distancias	234	Marte: una ventana al pasado	
Objetos menores del sistema solar:		por <i>Tomás Alonso</i>	369
Planetas enanos	236	Astronomía en tiempos de pandemia	
Asteroides	245	por <i>Rafael Bachiller</i>	399
Cometas	260	Midiendo el tamaño del universo	
Meteoros y lluvias de meteoros	265	por <i>Miguel Querejeta</i>	415
Efemérides estelares:		Índice alfabético	433
Estrella Polar	267		
Mínimos de Algol y β Lyr	272		
Máximos de variables tipo Mira	273		

Figura 3.8: Índice do Anuario do Observatorio de Madrid (2021). [83]

Como podemos apreciar ten agora 7 partes ben diferenciadas:

- **Fenómenos astronómicos:** Onde se reseñan os fenómenos astronómicos máis importantes do ano mes a mes, así como as eclipses dese ano.
- **Calendarios e tempos:** Onde se comentan os tipos de calendarios, do gregoriano

ao musulmán, máis empregados, así como as escalas de tempos.

- **Efemérides astronómicas:** Cunha revisión dos datos astronómicos coñecidos do Sol, Lúa, planetas, satélites naturais, planetas ananos, asteroides e cometas así como as súas efemérides, ortos, ocasos, etc.
- **Catálogos:** Onde se amosan as constelacións e as estrelas con nome propio así como as máis cercanas e as máis brillantes dando para cada unha delas os parámetros habituais de posición (J2000.0), magnitude, distancia e tipo espectral. O mesmo para as estrelas dobres de $V_1 > 5$ sendo V_1 a magnitude da compoñente principal.
- **A Terra:** Que presenta información xeofísica actualizada do noso planeta así como as coordenadas xeográficas das capitais de provincia e dos observatorios astronómicos no Estado Español.
- **Táboas complementarias:** Con actualizacións corrixidas das constantes astronómicas máis empregadas e outros datos como as moléculas detectadas en medio inter-estelar así como as fórmulas e factores de conversión de maior interese práctico.
- **Artigos de divulgación:** Na seguinte táboa presentamos unha recompilación cos traballos de divulgación publicados no *Anuario* nos últimos 25 anos. [83]

Título	Autor	Ano
<i>Marte: una ventana al pasado</i>	Tomás Alonso	2021
<i>Astronomía en tiempos de pandemia</i>	Rafael Bachiller	2021
<i>Midiendo el tamaño del Universo</i>	Miguel Querejeta	2021
<i>El Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid</i>	Pere Planesas	2020
<i>Nuestros orígenes cósmicos</i>	Belén Tercero	2020
<i>Astronomía y literatura</i>	Miguel Santander	2019
<i>Ondas gravitacionales, mensajeras de un universo oculto</i>	Rafael Bachiller	2019
<i>La Biblioteca del Observatorio Astronómico de Madrid</i>	Pere Planesas	2018
<i>Planetas Extrasolares</i>	Julio Solís García	2018
<i>Luchas de titanes: interacciones y fusiones de galaxias</i>	Almudena Alonso Herrero	2017
<i>Discos circunestelares: la cuna de los planetas</i>	Tomás Alonso Albi	2017
<i>Una aproximación a la Astronomía del antiguo Egipto desde diversas perspectivas</i>	José Lull	2016
<i>¿Cuál es el destino de la vía Láctea?</i>	Santiago García Burillo	2016
<i>La sorprendente fuerza del agua: Los Tsunamis</i>	Juan V. Cantavella Nadal	2015
<i>Las atmósferas de los planetas del Sistema Solar</i>	Julio Solís García	2015

Título	Autor	Año
<i>El coloquio de las nebulosas</i>	Valentín Bujarrabal	2014
<i>La expansión acelerada del Universo</i>	Mario Tafalla	2014
<i>La hora oficial en España y sus cambios</i>	Pere Planesas	2013
<i>Impactos sobre la Tierra</i>	Pablo de Vicente Abad	2013
<i>Crónica de una erupción submarina. La crisis sismo-volcánica de El Hierro 2011-2012</i>	Carmen López Moreno	2013
<i>La atmósfera y las estrellas. Las relaciones entre Meteorología y Astronomía</i>	Alberto Cansado Auría	2012
<i>El agua en el Universo</i>	Asunción Fuente	2012
<i>Apuntes sobre 20 años de actuaciones en el ROM</i>	Jesús Gómez González	2012
<i>La medida del tiempo</i>	Pablo de Vicente Abad	2011
<i>Apuntes sobre 30 años de Radioastronomía en España</i>	Jesús Gómez González	2011
<i>Arte y Astronomía</i>	Montserrat Villar Martín	2010
<i>El lado oscuro de la luz</i>	Francisco Colomer Sanmartín	2010
<i>El Sol: nuestra estrella, nuestra energía</i>	Rafael Bachiller	2009
<i>El medio molecular en galaxias con brotes de formación estelar y en galaxias activas</i>	Antonio Usero	2009
<i>A la caza de las grandes ondas</i>	Javier Alcolea	2008
<i>El Observatorio Espacial Herschel</i>	Pere Planesas e Javier Graciá	2008
<i>La astronomía en la España del primer tercio del siglo XVII</i>	Mariano Esteban Piñeiro	2007
<i>La idea del planeta a lo largo de la historia</i>	Pere Planesas	2007
<i>La astronomía prehispánica en México</i>	Jesús Galindo Trejo	2006
<i>Navegación interplanetaria con VLBI, usando las estrellas como referencia</i>	María José Rioja Capellán	2006
<i>Retos y proyectos de la radioastronomía actual</i>	Rafael Bachiller	2005
<i>El eclipse anular de sol del 3 de oct. de 2005 en España</i>	Pere Planesas	2005
<i>Las primeras medidas gravimétricas en Madrid y en España</i>	Enrique Rodríguez Pujol	2005
<i>250 años del Real Instituto y Observatorio de la Armada</i>	Rafael C. Boloix	2004
<i>La arqueoastronomía en España</i>	Cesar Esteban	2003
<i>Ondas de densidad y evolución de galaxias</i>	Santiago García Burillo	2003
<i>La evolución de las galaxias</i>	Pere Planesas	2002

Título	Autor	Ano
<i>¿Cómo nació el Sol?</i> <i>La formación de estrellas de tipo solar</i>	Mario Tafalla	2002
<i>El gran interferómetro de ondas milimétricas de Atacama</i>	Rafael Bachiller	2001
<i>Evolución estelar tardía y nacimiento de las nebulosas planetarias</i>	Valentín Bujarrabal	2000
<i>Nebulosas planetarias. Una mirada nueva sobre unos objetos viejos</i>	Rafael Bachiller	2000
<i>El eclipse total de Sol del 11 de ago. de 1999</i>	Pere Planesas	1999
<i>Algunas precisiones y curiosidades sobre los eclipses</i>	Pere Planesas	1999
<i>La Red Europea de Interferometría</i>	Francisco Colomer	1998
<i>El descubrimiento de planetas alrededor de otros soles</i>	Francisco Colomer	1998
<i>La riqueza molecular del cometa C/Hale-Bopp</i>	Pere Planesas e Rafael Bachiller	1998
<i>Hyakutake, la química de los cometas y el origen de la vida</i>	Rafael Bachiller	1997
<i>El origen de la vida</i>	Jesús Martín-Pintado	1997
<i>José Celestino Mutis, astrónomo</i>	Pere Planesas	1996
<i>Viaje a un agujero negro</i>	Pablo de Vicente Abad	1996
<i>Viaje al centro de la Vía Láctea</i>	Pablo de Vicente Abad	1996

[84]

Como apéndice presentamos no Anexo A unha serie de cálculos que eximplifican algunhas das aplicacións das táboas do Anuario.

Capítulo 4

Bases de Datos Online

O nacemento da Internet nos anos 80 supuxo un antes e un despois na colaboración científica internacional. Cando en 1969 Michel Elie conseguiu conectar o seu PC desde o UCLA (Universidade de California) a outro do SRI (Instituto de Investigación de Stanford) estaba a dar o primeiro paso do que sería unha longa excursión de sendeirismo que aínda prosegue nos nosos días. E é que a Internet permite compartir datos e desenvolver proxectos entre centros de investigación de calquera parte do mundo sen prexuízo da distancia que os poida separar.

Adicionalmente, desde o nacemento das primeiras computadoras, radiotelescopios e sensores de IR creados no contexto da IIGM a tecnoloxía comezou a mellorar exponencialmente dando entrada á era espacial.

Esta evolución tecnolóxica continuou ata o punto de que a día de hoxe contamos con telescopios, terrestres ou espaciais, no visible pero tamén no infravermello, ultravioleta, radio..., sensores, medidores, sondas e satélites cos que fai un século apenas poderíamos soñar.

Deste xeito a figura do astrónomo que observa por un telescopio a medida que debuxa o que ve nun caderno de notas foi substituída pola do investigador que captura imaxes astronómicas desde un gran observatorio (ás veces incluso desde outro punto do globo) obtendo, nunha sóa lectura, suficientes datos como para traballar meses.

Isto, sumado ao auxe das misións espaciais protagonizadas por telescopios e sondas que pasan anos e incluso décadas escaneando o Universo, fixo necesario un sistema para almacenar, clasificar e ordenar toda esta información.

Deste xeito naceron as bases de datos astronómicas. Estas, ademais da almacenaxe e catalogación da información astronómica permitiron, en combinación coa consolidación da Internet e da arquitectura WWW (*World Wide Web*), mellorar a cooperación entre astrónomos de todo o mundo. Todos os investigadores poden acceder á mesma base de

datos, puidendo consultar a información que precisen para a súa investigación obtida antes por outro científico, no canto de ter que consumir tempo de observación nun gran telescopio. [85]

Doutra banda, nos catálogos vistos no Capítulo 2, os obxectos catalogábanse a través dun número de catálogo ou identificador. Deste xeito buscar un obxecto era relativamente sinxelo, pero o problema atopámolo ao buscar un mesmo obxecto en diferentes catálogos pois o identificador variará dun ao outro así como outros parámetros como a posición (se, por exemplo, foi medida en épocas diferentes).

As bases de datos tamén poñen solución a este problema ao permitir realizar pesquisas mediante identificadores cruzados, posibilitándonos procurar todas as aparicións dun obxecto en catálogos diferentes a través de calquera dos seus identificadores, coordenadas, etc... ou mesmo restrinxir a busca a varios obxectos que cumplan unha ou varias condicións como ter unha determinada paralaxe, estar a certa distancia ou ser dun tipo concreto.

Neste capítulo presentamos as bases de datos online máis importantes no eido da astronomía.

4.1. SIMBAD

O SIMBAD ou *Set of Identifications, Measurements and Bibliography for Astronomical Data* é unha base de datos administrada polo *Centre de Données Astronomiques de Strasbourg* (CDS) ubicado no *Observatoire Astronomique de Strasbourg*, en Francia.

O SIMBAD nacería en 1972 como a fusión do *Catalog of Stellar Identifications* (CSI), elaborado á súa vez como unión do SAO, HD, AGK3 e outros catálogos estelares; e o *Bibliographic Star Index* (BSI). Co paso dos anos foise expandindo, engadindo constantemente obxectos (tanto estelares como, máis adiante, non estelares) doutros catálogos. Na actualidade o SIMBAD contén 12 116 850 obxectos, dos cales sobre 5 800 000 son estrelas e 5 500 000 son obxectos do ceo profundo como galaxias, nebulosas, cúmulos ou supernovas entre outros. En calquera caso astros alleos ao sistema solar.

A busca dun obxecto no SIMBAD (<http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>) pódese realizar por identificador (*query by identifier*), por coordenadas (*query by coordinates*) ou polo seu código bibliográfico (*query by bibcode*).

Unha vez procurado o obxecto, o SIMBAD proporciónanos:

- **Imaxe do obxecto:** A través do *Aladin Sky Atlas*, un atlas de imaxes astronómicas dixitalizadas integrado no SIMBAD que nos permite ver, se está dispoñible, unha imaxe do obxecto de interese en diversas lonxitudes de onda.

- **Datos básicos:** Onde se amosan o tipo de obxecto; coordenadas nos sistemas ICRS, FK5, FK4, coordenadas galácticas, supergalácticas e eclípticas; movementos propios; velocidades radiais no caso de estrelas ou o *redshift* no caso de galaxias e cuasares; paralaxes; magnitudes no sistema UBV; tipo espectral (clasificación MK ou HD) ou morfolóxico no caso de galaxias, así como a dimensión destas últimas (logaritmo do semieixo maior a , logaritmo do ratio a/b sendo b o semieixo menor e o ángulo de orientación).
- **Identificacións cruzadas:** Cos números de catálogo dos máis de 3 000 catálogos empregados como fonte para o SIMBAD.
- **Datos observacionais:** Diámetro estelar, distancia, indicadores de variabilidade como magnitudes máxima e mínima e información de cada compoñente (A e B) no caso de sistemas binarios, así como do sistema como obxecto (AB).

Finalmente cada entrada da base de datos inclúe as referencias bibliográficas relacionadas co obxecto procurado. [86]

Nas seguintes dúas imaxes (ambas de <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>) amósase un exemplo de busca por identificador de Sirio, inserindo a súa denominación de Bayer (1) e premendo “submit id” (2):

SIMBAD: Query by identifiers

other query modes : Identifier query Coordinate query Criteria query Reference query Basic query Script submission TAP Output options Help

Query an identifier

Identifier : (1)

Examples: sirius, M31, MCG+02-60-010
How to write an identifier can be found in the [dictionary of nomenclature](#)
IAU format can also be used, with the following format:
iau [J][B]1234+08 [* enlarging-factor] [= Object-type]

you can choose to query :

around the object, define a radius :

(2)

Query a list of identifiers

Enter the name of an ASCII file produced by a text editor containing one identifier per line:

Ningún archi...seleccionado

☒ list display ☐ full display

Available data : Basic data • Identifiers • Plot & images • Bibliography • Measurements • External archives • Notes • Annotations

Basic data :

*** alf Cma -- Spectroscopic binary**

Other object types: * (*,BD,...), PM* (Ci,LFT,...), ** (**,ADS,...), IR (AKARI,IRAS,...), UV (CEL,TD1), SB* (SBC7,SBC9), V* (NSV)

ICRS coord. (ep=J2000) : 06 45 08.91728 -16 42 58.0171 (Optical) [11.70 10.90 90] A 2007A&A...474..653V

FK4 coord. (ep=B1950 eq=1950) : 06 42 56.72452 -16 38 45.4080 [11.70 10.90 90]

Gal coord. (ep=J2000) : 227.23029126 -08.89028121 [11.70 10.90 90]

Proper motions mas/yr : -546.01 -1223.07 [1.33 1.24 0] A 2007A&A...474..653V

Radial velocity / Redshift / cz : V(km/s) -5.50 [0.4] / z(~) -0.000018 [0.00001] / cz -5.50 [0.40]
A 2006A&L...32..759G

Parallaxes (mas): 379.21 [1.58] A 2007A&A...474..653V

Spectral type: A0mAlVa C 2003AJ...126.2048G

Fluxes (8) :

U	-1.51	[~]	C 2002yCat.2237....00
B	-1.46	[~]	C 2002yCat.2237....00
V	-1.46	[~]	C 2002yCat.2237....00
R	-1.46	[~]	C 2002yCat.2237....00
I	-1.43	[~]	C 2002yCat.2237....00
J	-1.36	[~]	C 2002yCat.2237....00
H	-1.33	[~]	C 2002yCat.2237....00
K	-1.35	[~]	C 2002yCat.2237....00

SIMBAD with radius arcmin

Interactive AladinLite view

06 45 8.917 -16 42 58.02

FeV: 1.76°

2MASS DSS SDSS

VizieR photometry viewer

Search within radius arcsec

4.2. VizieR

Tal e como introducimos ao inicio deste capítulo a era espacial marcou un novo episodio no coñecemento astronómico, dispoñendo de máis información sobre o Universo nunhas poucas décadas que en toda a Historia.

Debido a isto a produción de catálogos astronómicos sufriu un incremento drástico, así como o tamaño destes, que poden ir desde 100 entradas ata varios centos de millóns. Neste novo contexto fíxose necesario crear bases de datos ordenando non só os obxectos astronómicos contidos nos catálogos senón os propios catálogos en sí.

Con este propósito o CDS crearía en 1996 o VizieR (<https://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>), a biblioteca de catálogos astronómicos máis importante do mundo con máis de 20 965 catálogos dispoñibles.

Existen dúas formas principais de crear unha busca no VizieR (os seguintes pantallazos desta sección son capturas de <https://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>):

■ Por catálogo

Inserimos o nome do catálogo, por exemplo o Hipparcos (1), puidendo expandir a busca a todos aqueles relacionados (2), e dámoslle a “Find Catalog” (3):

The screenshot shows the VizieR search interface. At the top, there are navigation links: Portal, Simbad, VizieR, Aladin, X-Match, Other, and Help. The main section is titled 'VizieR' and contains several search options. The 'Find catalogs among 20967 available' section is highlighted with a red circle (1). Below this, there is a text input field for search criteria, which contains 'Hipparcos' (2). To the right of the input field is a 'Find...' button. Below the input field, there is a section for 'Search by Position across 23030 tables' with fields for 'Target Name (resolved by [Sesame](#)) or Position', 'J2000', 'Target dimension', and 'Go!'. There is also a 'Radius' and 'Box size' option. To the right of the search criteria section, there are dropdown menus for 'Wavelength', 'Mission', and 'Astronomy'. The 'Find Catalogs' button is highlighted with a red circle (3). Below the search criteria section, there is a 'Tools related to VizieR' section with links to 'Catalogue collection', 'CDS Portal', 'Spectra, images in VizieR', 'Photometry viewer', 'TAP VizieR', and 'CDS cross-match service'. At the bottom, there is a footer with the text '© Université de Strasbourg/CNRS'.

Na seguinte pantalla aparecerán os catálogos e as táboas compatibles coa pesquisa. Seleccionamos as que nos interesan, por exemplo o *The Hipparcos and Tycho Catalogues (ESA 1997)* (4) e para buscar dentro do catálogo prememos en “Query selected Catalogs” (5):

The screenshot shows the VizieR search results page. At the top, there are navigation links: Portal, Simbad, VizieR, Aladin, X-Match, Other, and Help. The main section is titled 'Catalog' and contains a table of search results. The table has columns for 'Reset All', 'Show table details', and 'Query selected Catalogs' (5). The table lists various catalogs, including 'Hipparcos Input Catalogue, Version 2 (Turun+ 1993)', 'Tycho Input Catalogue, Revised version (Egret+ 1992)', 'Southern Hemisphere Catalogue of Bordeaux (Rousseau+ 1996)', 'The Hipparcos and Tycho Catalogues (ESA 1997)' (4), 'The AC2000 Catalogue (Urban+ 1997)', 'Visual Double Stars in Hipparcos (Dommanget+, 2000)', 'Second Cape Photographic Catalogue (CPC2) (Zacharias+, 1999)', 'The AC 2000.2 Catalogue (Urban+ 2001)', and 'Hipparcos, the New Reduction (van Leeuwen, 2007)'. The entry 'The Hipparcos and Tycho Catalogues (ESA 1997)' is highlighted with a red circle (4). The interface also shows search criteria and a list of catalogs truncated to 100.

Unha vez dentro do catálogo de interese podemos buscar o obxecto que desexemos polo seu nome/identificador, posición (6) ou empregando restricións (*constraints*) (7), función clave do VizieR:

The screenshot shows the VizieR web interface. On the left, there's a 'Search Criteria' panel with 'Keywords' and 'Tables' sections. The 'Tables' section shows a list of tables including 'I/239/hip_main'. The 'Preferences' section has options for 'max' (50) and 'HTML Table'. The main area is titled 'Simple Target' and 'List Of Targets'. It shows a search for 'J2000' with a 'Target dimension' of '2' and 'arcmin'. Below this, there's a table of results for 'I/239/hip_main' showing 'The Hipparcos Main Catalogue' with '118218 rows'. A red box (6) highlights the search criteria section. Another red box (7) highlights the table of results. At the bottom, there's a 'Simple Constraint' section with a table of constraints. A red box (8) highlights the 'Vmag < 6' constraint. A red box (9) highlights the 'Plx > 100' constraint. A red box (10) highlights the 'Submit' button.

Esta permítenos, como vemos na imaxe, filtrar todos os obxectos do catálogo que cumplan uns valores determinados. Por exemplo aquelas con < 6 de magnitude (as visibles a ollo ceibe) (8) e > 100 mas de paralaxe (9). Dámoslle a “Submit” (10):

The screenshot shows the VizieR web interface after applying constraints. The 'Simple Constraint' section is visible, showing a table of constraints. A red box (8) highlights the 'Vmag < 6' constraint. A red box (9) highlights the 'Plx > 100' constraint. A red box (10) highlights the 'Submit' button. The table of results shows the following constraints:

Show	Sort	Column	Constraint	Explain (UCD)
☐	☐	recno		Record number assigned by the VizieR team. Should Not be used for identification. (meta.record)
☒	☐	HIP		(i) Identifier (HIP number) (H1) (meta.id:meta.main)
☐	☐	Proxy	(char)	[HT] Proximity flag (Note H2) (meta.code)
☒	☐	RAhms	(char)	Right ascension in h m s, ICRS (J1991.25) (H3) (pos.eq.ra)
☒	☐	DEdms	(char)	Declination in deg ' ", ICRS (J1991.25) (H4) (pos.eq.dec)
☒	☐	Vmag	< 6	(a) Magnitude in Johnson V (H5) (phot.mag:gm.opt.V)
☐	☐	VarFlag		(a) [1,3] Coarse variability flag (Note H6) (meta.code:src.var)
☐	☐	r_Vmag	(char)	[GHT] Source of magnitude (Note H7) (meta.ref:pos.frame)
☒	☐	RAICRS	deg	(n)(i) alpha, degrees (ICRS, Epoch=J1991.25) (Note H8) (pos.eq.ra)
☒	☐	DEICRS	deg	(n)(i) delta, degrees (ICRS, Epoch=J1991.25) (Note H9) (pos.eq.dec)
☐	☐	AstroRef	(char)	[*+A-Z] Reference flag for astrometry (Note H10) (meta.bib)
☐	☐	Reset All		(n) indicates a possible blank or NULL column (i) indexed column
☒	☐	Plx	> 100	(a)(i) Trigonometric parallax (H11) (pos.parallax.trig)
☒	☐	pmRA	mas/yr	(a) Proper motion mu_alpha.cos(delta), ICRS(H12) (for J1991.25 epoch) (Note) (pos.pm:pos.eq.ra)
☒	☐	pmDE	mas/yr	(a) Proper motion mu_delta, ICRS (H13) (for J1991.25 epoch) (Note) (pos.pm:pos.eq.dec)
☐	☐	e_RAICRS	mas	(a) Standard error in RA*cos(DEdeg) (H14) (at epoch J1991.25; for different epochs, the actual mean error must take into account the proper motion uncertainties) (Note) (stat.error:pos.eq.ra)
☐	☐	e_DEICRS	mas	(a) Standard error in DE (H15) (at epoch J1991.25; for different epochs, the actual mean error must take into account the proper motion uncertainties) (Note) (stat.error:pos.eq.dec)

E preséntansenos todos os obxectos do catálogo que cumplan as dúas características solicitadas. Para ver os datos detallados dun calquera prememos no número correspondente da columna “Full” (11) como vemos nas seguintes dúas imaxes:

The screenshot shows the VizieR web interface. On the left, there's a 'Search Criteria' panel with 'Keywords' and 'Tables' sections. The 'Keywords' section has 'I/239/hip_main' selected. The 'Tables' section has 'hip_main', 'h_dm_com', 'hip_dm_o', and 'hip_va_1' listed. The 'Constraints' section has 'Vmag < 6' and 'Ptx > 100' selected. The 'Preferences' section has 'max: 50' and 'HTML Table' selected. The 'Mirrors' section has 'CDS, France' selected. The main panel shows the search results for 'I/239/hip_main' with the title 'The Hipparcos and Tycho Catalogues (ESA 1997)'. It indicates '118218 rows' and provides links for 'start AladinLite', 'plot the output', and 'query using TAP/SQL'. A table of data is displayed with columns: Full, RAJ2000, DEJ2000, HIP, RAhms, DEdms, Vmag, RAICRS, DEICRS, Ptx, pmRA, pmDE, e Ptx, B-V, Notes, and RA. The first row of data is highlighted in red.

The screenshot shows the VizieR web interface with a detailed table of astronomical data. The table has columns for 'Column' and 'Value'. The 'Column' column lists various parameters like RAJ2000, DEJ2000, RAJ1950, DEB1950, Glon, Glat, recno, HIP, Proxy, RAhms, DEdms, Vmag, VarFlag, r_Vmag, RAICRS, DEICRS, and AstroRef. The 'Value' column provides the corresponding values for these parameters. The 'Explain (UCD)' column provides detailed explanations for each parameter, including their units and the catalogues they are derived from. For example, RAJ2000 is 'Right ascension (FK5, Equinox=J2000.0) at Epoch=J2000, proper motions taken into account (pos.eq.ra)'. The table is sorted by HIP number, and the first row is highlighted in red.

■ Por obxecto

O VizieR permítenos, ademais de buscar dentro dun catálogo, facelo arredor dun obxecto cuxo nome e/ou posición coñezamos. Por exemplo a galaxia de Andrómeda (M31) (12) puidendo filtrar por palabras clave, por se queremos que os catálogos conteñan galaxias en lonxitudes de onda infravermella (13). Dámoslle a “*Find Catalogs*” (14) e xa temos todos os catálogos que conteñan a información buscada, puidendo ordenalos por nome, tamaño, popularidade (15) así como unha descrición estandarizada dos mesmos (16):

The screenshot shows the VizieR web interface. At the top, there's a navigation bar with links: Portal, Simbad, VizieR, Aladin, X-Match, Other, and Help. Below this, the main heading is "VizieR". On the left, there's a "Search Criteria" sidebar with "Preferences" (max: 50, HTML Table, All columns, Compute) and "Mirrors" (CDS, France). The main area has two sections: "Find catalogs among 20967 available" and "Search by Position across 23030 tables". The first section has a "Clear" button, a "Find..." button, and a "Expand search" checkbox. The second section has a "Target Name (resolved by [Sesame](#)) or Position:" field with "M31" entered, a "Target dimension:" field with "2" and "arcmin" selected, and a "Go!" button. Below these fields, there's a note: "NB: The epoch used for the query is the original epoch of the table(s)". To the right of the search fields, there's a table with columns "Wavelength", "Mission", and "Astronomy". The "Wavelength" column has options: Radio, Millimeter, IR, optical, UV, EUV, X-ray. The "Mission" column has options: AKARI, ANS, ASCA, BeppoSAX, CGRO, Chandra, COBE. The "Astronomy" column has options: Exoplanets, Extinction, Galaxies, Galaxies:Markarian, Galaxies:spectra, Globular_Clusters, Gravitational_lensing. Below the search fields, there's a "More about VizieR" link. To the right of the search fields, there's a "Find Catalogs" button. Below the search fields, there's a "Tools related to VizieR" section with links: "Catalogue collection", "CDS Portal", "Spectra, images in VizieR", "Photometry viewer", "TAP VizieR", and "CDS cross-match service". At the bottom, there's a footer with "Thanks for acknowledging the VizieR Service" and "© Université de Strasbourg/CNRS".

The screenshot shows the VizieR web interface displaying search results. At the top, there's a navigation bar with links: Portal, Simbad, VizieR, Aladin, X-Match, Other, and Help. Below this, the main heading is "Catalog". On the left, there's a "Search Criteria" sidebar with "Keywords" (IR, Galaxies, M31) and "Preferences" (max: 50, HTML Table, All columns, Compute). The main area shows "56 catalogs found having potential matches (41 really found)". Below this, there's a table with columns: "Reset All", "Show table details", "or", "Query selected Catalogs". The table lists 11 catalogs with their names, descriptions, and links to "ReadMe" and "Similar Catalogs". The first catalog is "PHAT X. UV-IR photometry of M31 stars (Williams+, 2014)" with a link to "2014ApJS...215...9W" and a "ReadMe" link. The second catalog is "Spitzer photometry of ~1million stars in M31 & 15 gal. (Khan, 2017)" with a link to "2017ApJS...228...5K" and a "ReadMe" link. The third catalog is "M31 and M33 UVBRI photometry (Massey+, 2006)" with a link to "2006AJ...131.2478M" and a "ReadMe" link. The fourth catalog is "UBVRI phot. in seven Local Group dwarfs galaxies (Massey+, 2007)" with a link to "2007AJ...133.2393M" and a "ReadMe" link. The fifth catalog is "Revised LGGs UVBRI photometry of M31 and M33 stars (Massey+, 2016)" with a link to "2016AJ...152...62M" and a "ReadMe" link. The sixth catalog is "Herschel/PACS Point Source Catalogs (Herschel team, 2017)" with a link to "2020yCat.8106...0H" and a "ReadMe" link. The seventh catalog is "Cepheids in M31 - PAndromeda Cepheid sample (Kodric+, 2018)" with a link to "2018AJ...156.130K" and a "ReadMe" link. The eighth catalog is "Survey of M31 with Spitzer (Mould+, 2008)" with a link to "2008ApJ...687.230M" and a "ReadMe" link. The ninth catalog is "An updated catalog of M31 globular-like clusters (Fan+, 2010)" with a link to "2010ApJ...725.200F" and a "ReadMe" link. The tenth catalog is "Red supergiants in M31 (Massey+, 2009)" with a link to "2009ApJ...703.420M" and a "ReadMe" link. The table also includes a "Similar Catalogs" link for each catalog. At the bottom, there's a footer with "Thanks for acknowledging the VizieR Service" and "© Université de Strasbourg/CNRS".

Outra opción moi interesante e útil é a de obter todos os datos dun obxecto extraídos dos catálogos almacenados no VizieR na mesma pantalla. Para facelo inserimos o seu nome ou posición (17) puidendo acotar “*Target dimension*” a 1min (18) (de xeito que obteñamos de resultados a todos os obxectos con ese nome/posición e os que se atopen dentro dun radio de 1min de arco) e premendo en “*Go*” (19) como vemos nas seguintes capturas:

por comodidade dos científicos, para que estes se puideran poñer ao día pois a cantidade de *papers* publicados sobre o seus temas de investigación comezaba a ser inabordable.

Deste xeito, no ano 1987, presentouse a idea de crear dito sistema na *Conference on Astronomy from Large-Data bases* en Garching, Alemaña, e ao ano seguinte saíra á luz a versión preliminar do *SAO/NASA Astrophysics Data System* (ADS) financiado pola NASA e administrado polo SAO.

No 1993 conectaríase co SIMBAD, permitindo aos investigadores consultar todas as publicacións relacionadas cun obxecto de interese e no 1994 implantaríase na *World Wide Web* facilitando que científicos de todo o mundo accedesen a ela desde os seus ordenadores.

Na actualidade o ADS (<https://ui.adsabs.harvard.edu/>) proporciona acceso directo a máis de 15 millóns de documentos divididos en tres coleccións: astronomía/astrofísica, física e ciencia xeral. Os documentos subidos ao ADS clasifícanse nunha desas tres bibliotecas, sendo a base de datos de astronomía a máis popular. [89]

En tanto ás revistas de astronomía o ADS contén todos os artigos desde o primeiro ata o máis actual das máis importantes. A listaxe destas pode verse no Anexo B.

En tanto ao motor de búsqueda o ADS ten 3 modos:

- **Classic form:** Que dispón unha interface con distintos campos de busca segundo o dato que queiramos introducir na procura.
- **Modern form:** No que o motor de búsqueda simplifícase a un só campo, no que debemos introducir os parámetros adecuados seguindo unha certa sintaxe.
- **Paper form:** Que como cuxo nome indica permítenos buscar directamente mediante referencias bibliográficas.

Como exemplo veremos nas seguintes imaxes (capturas de pantalla de <https://ui.adsabs.harvard.edu/>) como atopar unha publicación coñecendo algúns dos autores e a data de publicación. Comezamos escribindo o autor/autores e o ano de publicación (1) empregando as etiquetas de busca correspondentes, ben tecleándoas a man ou clicando nelas no “*Quick Field*” situado enriba do buscador (2). Prememos na lupa (3):

astrophysics data system

Classic Form Modern Form Paper Form

QUICK FIELD: Author First Author Abstract Year Fulltext All Search Terms

author:"Docobo, J.A." author:"Ling, J.F." year:2001

Recommendations

Search examples

author author:"huchra, john"

first author author:"^huchra, john"

abstract + title abs:"dark energy"

year year:2000

year range year:2000-2005

full text full:"gravity waves"

publication bibstem:ApJ

citations citations(author:"huchra, j")

references references(author:"huchra, j")

reviews reviews("gamma-ray bursts")

refereed property:refereed

astronomy database:astronomy

OR abs:(planet OR star)

Desta maneira chegamos a unha xanela con todos os resultados que coinciden cos parámetros introducidos (4). Na columna da esquerda (5) temos unha serie de filtros que nos permitirán afinar máis a nosa pesquisa, engadindo outros autores, publicación ou palabras clave. Para abrir a *preview* dunha publicación clicaremos nela:

ads

Feedback ORCID About Sign Up Log In

QUICK FIELD: Author First Author Abstract Year Fulltext All Search Terms

author:"Docobo, J.A." author:"Ling, J.F." year:2001

Your search returned 6 results

Go To Bottom

1 2001AcA...51..353D 2001/12 cited: 12
Catalog of Orbits and Ephemerides of Visual Double Stars
Docobo, J. A.; Ling, J. F.; Prieto, C. and 3 more

2 2001IAUS.145....1D 2001/10
New orbits for WDS 00546+1911, WDS 02398+0009, WDS 06393+4200, WDS 11308+4117 WDS 20216+1930.
Docobo, J. A.; Ling, J. F.

3 2001IAUS.144R...1D 2001/06
New orbits for WDS 07043-0303, WDS 11047-0413, WDS 15370+6426, WDS 19039+2642.
Docobo, J. A.; Ling, J. F.

4 2001IAUS.144...3D 2001/06
Announcement of the R. M. Aller Observatory Catalogue of Orbits and Ephemerides

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

Obtemos finalmente o resumo ou *abstract* do artigo (6), así como datos sobre a súa publicación (7) e ligazóns para acceder ao *paper* completo en PDF ben do publicador, dunha revista ou do arXiv (8):

The screenshot shows the ADS website interface. At the top, there's a search bar with the query "author:'Docobo, J.A.' author:'Ling, J.F.' year:2001". Below the search bar, there are tabs for "QUICK FIELD: Author First Author Abstract Year Fulltext All Search Terms". The main content area displays the search results for the "Catalog of Orbits and Ephemerides of Visual Double Stars" by Docobo, J. A.; Ling, J. F.; Prieto, C.; Costa, J. M.; Costado, M. T.; and Magdalena, P. The article is from Acta Astronomica, v.51, pp. 353-356, (2001), published in December 2001. The Bibcode is 2001AcA....51..353D. The keywords are BINARIES; VISUAL; CATALOGS. On the right side, there are links for "FULL TEXT SOURCES" (ADS, Publisher) and "DATA PRODUCTS" (SIMBAD (1)).

O arXiv.org, creado por Paul Ginsparg en 1991 e administrado pola Universidade de Cornell e a *National Science Foundation*, é unha base de datos ou repositorio de preimpresións científicas (isto é, *papers* que aínda non pasaron o proceso de revisión por pares antes de ser publicados nunha revista científica) nos eidos da matemática, física (na que destaca a astrofísica), informática, bioloxía cuantitativa, finanzas cuantitativas, estadística, enxeñaría electrónica e economía. Á súa vez estas oito áreas desglósanse en 153 subcategorías o cal facilita que cada investigador poida acceder só á información que lle interesa. [91]

Na actualidade contén preto de 2 millóns de artigos nesas áreas (cun ritmo de subida no 2020 de 16 000 publicacións cada mes) [92], se ben non só permite descargar publicacións xa que, como plataforma aberta, faculta aos investigadores para enviar as súas prepublicacións, sendo os moderadores que seleccionan cales subir ao repositorio e en que área deben ser aloxados, voluntarios profesionais do campo que teñen asignado.

A lista de moderadores de cada área é pública o cal facilita a transparencia do proceso de selección e publicación no arquivo. [93] Por mor disto moitos científicos empregan o arXiv como unha plataforma a través da que compartir as súas investigacións de maneira que outros as poidan ler e revisar gratuitamente, sen ter que pagar polo acceso a unha revista de pago. Seguramente o exemplo máis famoso desta forma de uso sexa o do matemático Grigori Perelman, que o 11 de novembro de 2002 publicaría no arXiv o primeiro de tres artigos cos que demostrou a Conxectura de Poincaré, un dos sete problemas do milenio e polo que lle ofreceron a medalla Fields, a cal el rexeitou. [94]

Para finalizar con está merecida mención ao arXiv.org compre dicir que non só o ADS amosa ligazóns ás preimpresións deste cando están dispoñibles para un *paper* senón que tamén o arXiv.org está conectado co ADS como podemos ver na seguinte imaxe (*).

Mathematics > Differential Geometry

[Submitted on 11 Nov 2002]

The entropy formula for the Ricci flow and its geometric applications

Grisha Perelman

We present a monotonic expression for the Ricci flow, valid in all dimensions and without curvature assumptions. It is interpreted as an entropy for a certain canonical ensemble. Several geometric applications are given. In particular, (1) Ricci flow, considered on the space of riemannian metrics modulo diffeomorphism and scaling, has no nontrivial periodic orbits (that is, other than fixed points); (2) In a region, where singularity is forming in finite time, the injectivity radius is controlled by the curvature; (3) Ricci flow can not quickly turn an almost euclidean region into a very curved one, no matter what happens far away. We also verify several assertions related to Richard Hamilton's program for the proof of Thurston geometrization conjecture for closed three-manifolds, and give a sketch of an eclectic proof of this conjecture, making use of earlier results on collapsing with local lower curvature bound.

Comments: 39 pages
 Subjects: **Differential Geometry (math.DG)**
 MSC classes: 53C
 Cite as: arXiv:math/0211159 [math.DG]
 (or arXiv:math/0211159v1 [math.DG] for this version)

Download:

- PDF
- PostScript
- Other formats (license)

Current browse context: **math**

< prev | next >
 new | recent | 0211

References & Citations

- NASA ADS (*)
- Google Scholar
- Semantic Scholar

42 blog links (what is this?)

Export BibTeX Citation

Bookmark

(<https://arxiv.org/abs/math/0211159>)

Olló!, o ADS facilita gratuitamente o *abstract* de todos os *papers* indexados nel, pero para acceder ao texto completo nalgúns casos é preciso estar suscrito á revista que o publicou salvo que esta sexa antiga (polo xeral cando é anterior a 1995).

Noutro exemplo pesquisaremos as publicacións que conteñan certa palabra clave no título e cuxo primeiro autor sexa coñecido (9).

ads

QUICK FIELD: Author First Author Abstract Year Fulltext All Search Terms

Start New Search

title:"eclipsing binaries" *Malkov (9)

Your search returned 13 results with 63 total citations

(10)

Authors: Malkov, O. (13), Oblak, E. (6), Avvakumova, E. (3), Torra, J. (2), Debray, B. (1)

Collections: astronomy (13), physics (2)

REFEREED: non-refereed (8), refereed (5)

1 2007A&A...465..549M 2007/04 cited: 27
 A procedure for the classification of eclipsing binaries
 Malkov, O. Yu.; Oblak, E.; Avvakumova, E. A. and 1 more

2 2003A&A...402.1055M 2003/05 cited: 22
 Eclipsing binaries and the mass-luminosity relation
 Malkov, O. Yu.

3 2011AIPC.1346..134M 2011/07 cited: 9
 Binary star database and classification of eclipsing binaries
 Malkov, O.; Oblak, E.; Debray, B.

4 2008ASPC..394..381M 2008/08 cited: 2
 Data Mining in Astronomy: Classification of Eclipsing Binaries
 Malkov, O.; Kalinichenko, L.; Kazanov, M. D. and 1 more

Citation Count

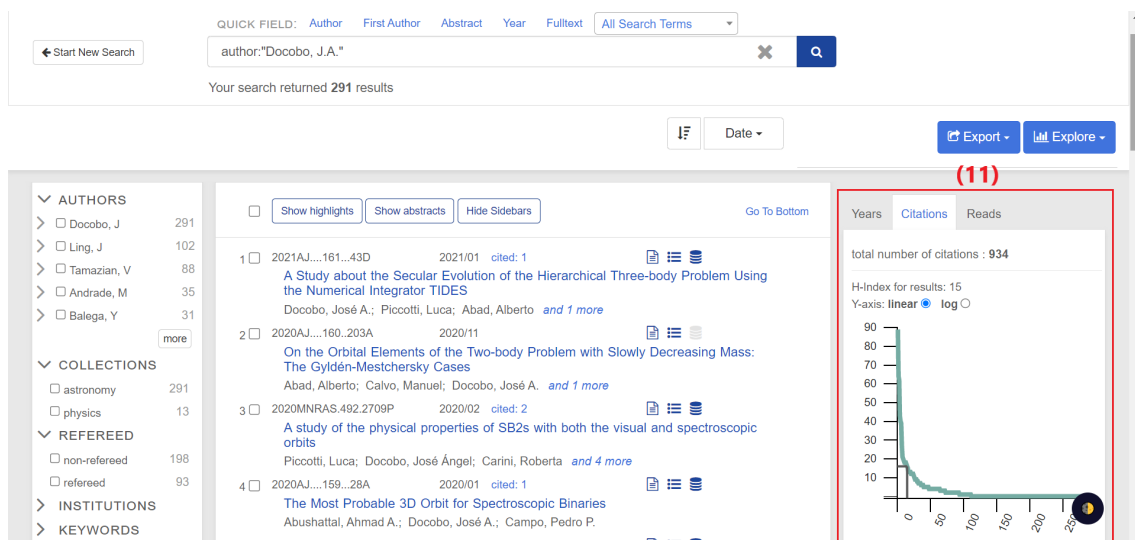
total number of citations : 63

H-index for results: 3

Y-axis: linear log

Puidendo ordenar os resultados por data, número de citacións, calificación relativa, etc... no desplegable que se atopa debaixo do buscador (10).

Outra opción moi interesante é poder ver o índice h de calquera autor, ademais do número de citacións e lecturas dos artigos que teña publicados (11):



[90]

4.4. NASA Exoplanet Service

Exoplaneta é o nome que lle damos en termos xerais aos planetas que orbitan arredor doutras estrelas diferentes ao Sol, se ben poden existir exoplanetas illados.

A súa existencia, observada por primeira vez no ano 1992 polo astrónomo polaco Aleksander Wolszczan, suscita un gran interese á comunidade científica ante a posibilidade de que, ao igual que a Terra, alberguen vida.

Porén, a diferenza das estrelas, son obxectos moi pequenos e fríos que non emiten luz propia, polo que a súa detección é un desafío que se aborda maioritariamente por métodos indirectos. Os dous principais son:

- **Método dos tránsitos:** Detectando mediante instrumentos fotométricos de alta precisión as eclipses que produce o exoplaneta ao pasar “por diante” da súa estrela.
- **Método das velocidades radiais:** Dado que realmente nun sistema estrela-planeta o segundo non xira arredor da estrela senón que ambos xiran entornando ao baricentro do sistema, pódense atopar exoplanetas detectando as variacións resultantes da estrela no seu movemento orbital.

Tal e como se pode apreciar estes métodos, chamados indirectos porque o que se observa non é o exoplaneta senón a estrela, dependen en gran medida do nivel tecnolóxico da instrumentación astronómica. É por iso que a medida que esta foi mellorando nas primeiras dúas décadas do século XXI o número de exoplanetas confirmados aumentou rapidamente, de

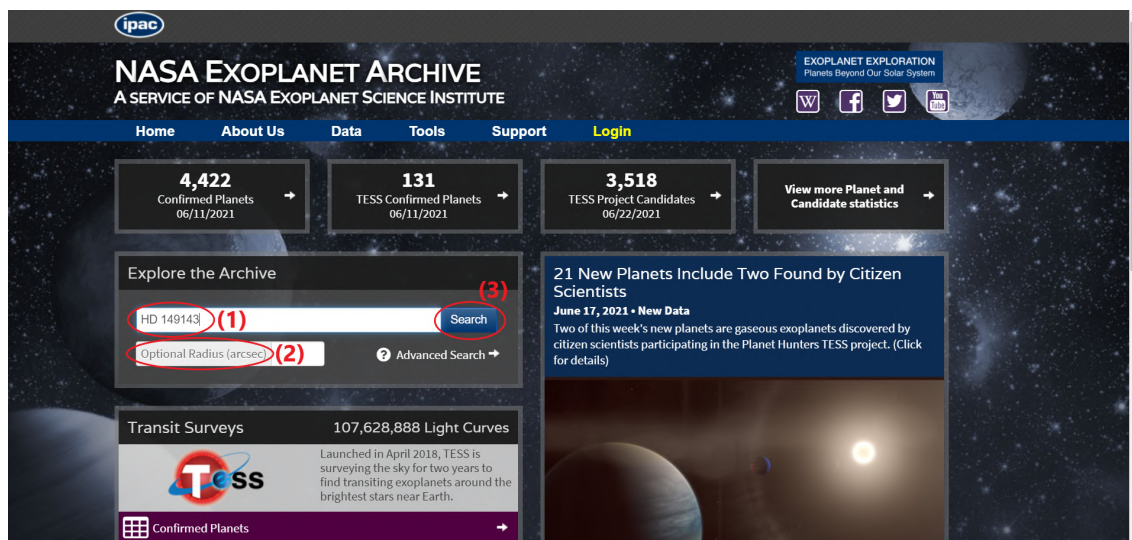
342 descubertos no 2009 a 4422 na actualidade (Xuño de 2021), sen contar aos exoplanetas candidatos. [95]

Con esta motivación a NASA creou o *NASA Exoplanet Archive* (<https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/>) administrado polo *NASA Exoplanet Science Institute* (NExScI) no *California Institute of Technology* (Caltech).

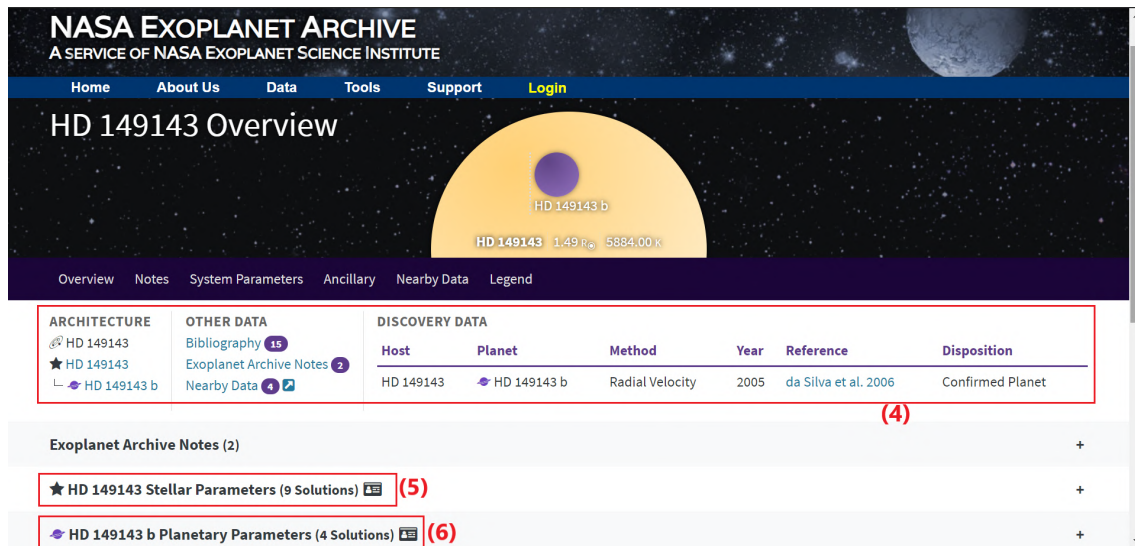
Trátase dunha base de datos de exoplanetas e das súas estrelas asociadas que contén a todos os planetas extrasolares descubertos mediante os métodos anteriores e outros (micro-lentes gravitacionais, detección visual directa, astrometría, etc...) tanto desde observatorios terrestres como misións espaciais (Kepler, CoRoT).

Para cada busca dun exoplaneta a base de datos proporciona parámetros da súa estrela asociada como as súas coordenadas en diversos sistemas, distancia, magnitudes, temperatura... e datos sobre o exoplaneta e o seu descubrimento como as curvas de velocidade radial, curvas de luz, imaxes e espectrografía. [96]

Para procurar un sistema inserimos no campo de busca o nome ou a posición da estrela ou do exoplaneta que nos interese (1), puidendo acotar a busca a un radio determinado (2). Por exemplo introducimos a estrela Rosalíadecastro (HD149143) e prememos “Search” (3): (As seguintes imaxes son pantallazos de <https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/>)



Rematada a busca o *Exoplanet Archive* amosaranos un resumo da estrela buscada xunto co seu planeta Ríosar (HD149143b) asociado, o ano do seu descubrimento, o método empregado e ligazóns ás referencias bibliográficas (4). Tamén poderemos acceder a toda a información estelar e planetaria (5)(6) contida no arquivo como vemos nas seguintes imaxes:



NASA EXOPLANET ARCHIVE
A SERVICE OF NASA EXOPLANET SCIENCE INSTITUTE

Home About Us Data Tools Support Login

HD 149143 Overview

Overview Notes System Parameters Ancillary Nearby Data Legend

ARCHITECTURE	OTHER DATA	DISCOVERY DATA												
HD 149143 ★ HD 149143 HD 149143 b	Bibliography (15) Exoplanet Archive Notes (2) Nearby Data (4)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Host</th> <th>Planet</th> <th>Method</th> <th>Year</th> <th>Reference</th> <th>Disposition</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HD 149143</td> <td>HD 149143 b</td> <td>Radial Velocity</td> <td>2005</td> <td>da Silva et al. 2006</td> <td>Confirmed Planet</td> </tr> </tbody> </table>	Host	Planet	Method	Year	Reference	Disposition	HD 149143	HD 149143 b	Radial Velocity	2005	da Silva et al. 2006	Confirmed Planet
Host	Planet	Method	Year	Reference	Disposition									
HD 149143	HD 149143 b	Radial Velocity	2005	da Silva et al. 2006	Confirmed Planet									

(4)

Exoplanet Archive Notes (2) +

★ HD 149143 Stellar Parameters (9 Solutions) (5) +

HD 149143 b Planetary Parameters (4 Solutions) (6) +

Overview Notes System Parameters Ancillary Nearby Data Legend						
★ HD 149143 Stellar Parameters (9 Solutions) (5)						
RA 16h32m51.04s	ECLIPTIC LATITUDE 23.73392 deg	TOTAL PROPER MOTION 87.2392449±0.0693084 mas/yr	PHOTOMETRY m_V 7.89±0.03	TOOLS IRSA Finding Chart		
DEC +02d05m04.04s	ECLIPTIC LONGITUDE 246.09724 deg	PROPER MOTION (RA) -9.328150±0.115035 mas/yr	m_{TESS} 7.3185±0.0060			
DISTANCE 73.2801 ^{+0.3623} _{-0.3588} pc	GALACTIC LATITUDE 31.48148 deg	PROPER MOTION (DEC) -86.7391000±0.0686015 mas/yr	m_J 6.759±0.020			
PARALLAX 13.6179000±0.0666393 mas	GALACTIC LONGITUDE 17.5164 deg		m_H 6.535±0.038			
			m_Ks 6.434±0.026			
			m_{W1} 6.430±0.086			
			m_{W2} 6.386±0.025			
			m_{W3} 6.428±0.017			
			m_{W4} 6.417±0.063			
			m_{Gaia} 7.74081±0.00029			
			m_B 8.482±0.000			
Source	TICv8	Ment et al. 2018	Gaia DR2	Stassun et al. 2017	Ghezzi et al. 2010	Fischer et al. 2006
T_{eff} (K)	5856.000 ^{+103.166} _{-112.635}	5856	5823.0 ^{+53.0} _{-41.0}	6013±47	5892±50	5884±50
L_* ($(\log_{10}(L_{\odot}))$)	0.50364812 ^{+0.01351372} _{-0.01089596}	0.35±0.05	0.50614565 ^{+0.00272760} _{-0.00274484}	---	0.276±0.088	0.378
Metallicity (dex)	0.28±0.10 [M/H]	0.29 [Fe/H]	---	0.36 [Fe/H]	0.32±0.04 [Fe/H]	0.26±0.05 [Fe/H]
Age (Gyr)	---	4.28±0.68	---	---	4.0 ^{+0.5} _{-1.0}	4.0±1.4
M_* ($M_{\odot}$)	1.0600000 ^{+0.1755780} _{-0.0901413}	1.20±0.20	---	1.73±0.21	1.20±0.10	1.21±0.10
R_* ($R_{\odot}$)	1.7349000 ^{+0.0803352} _{-0.0637352}	1.44±0.08	1.7596726 ^{+0.0250441} _{-0.0316004}	1.63±0.04	1.32±0.14	1.49±0.10

Source	Ment et al. 2018	Stassun et al. 2017	Fischer et al. 2006	da Silva et al. 2006
T_p (days)	2463199.12±0.20	---	2453483.9±1.2	2453588.0±0.4
ω (deg)	217±17	---	0	42±35
$M_p \sin i$ ($M_{\oplus}$)	423±48	537±44	422.70	432
$M_p \sin i$ (M_{Jup})	1.33±0.15	1.69±0.14	1.33	1.36
e	0.0167±0.0040	0.02±0.01	0.016±0.01	0.080±0.040
P (days)	4.07182±0.00001	4.07200±0.00700	4.072±0.70	4.088±0.006
K (m/s)	150.30±0.65	149.6±3.0	149.6±3.0	163±8
a (au)	0.0530±0.0029	0.050±0.000	0.053	0.052

Se no buscador da primeira pantalla prememos en “*Advanced Search*” teremos tres modos de busca máis clásicos:

- **Object by Name:** Introducindo o nome/identificador da estrela ou exoplaneta do sistema de interese.
- **Single Location/Object:** Como o que utilizamos antes coa estrela Rosalíadecastro. Ademais do nome do obxecto tamén nos permite introducir unhas coordenadas en un radio arredor do que buscar.
- **Location/Object List:** Permite ao usuario subir unha lista de obxectos e posicións e o sistema vai rastrexando un a un.

[97]

Ademais do motor de busca o *NASA Exoplanet Archive* conta con varias ferramentas que nos facilitan o traballo cos datos almacenados no seu servidor e que podemos consultar no apartado “*Work with data*” da páxina principal.

Entre elas a máis destacada é *Planetary Systems Composite Data* ou PSCompPars, unha táboa interactiva que nos permite visualizar nun cadro os exoplanetas confirmados por filas e a estrela asociada, parámetros planetarios, estelares e orbitais por columnas. Estes últimos froito de combinar todas as referencias existentes para cada exoplaneta de xeito que non falte ningún parámetro de interese.

NASA EXOPLANET ARCHIVE
NASA EXOPLANET SCIENCE INSTITUTE

Home About Us Data Tools Support Login

Select Columns Download Table Plot Table View Documentation User Preferences Data may not be self-consistent if drawn from multiple sources. (Learn more)

Planetary Systems Composite Data

Planet Name	Host Name	Number of Stars	Number of Planets	Discovery Method	Discovery Year	Discovery Facility	Controversial Flag	Orbital Period [days]	Orbit Semi-Major Axis [au]	Planet Radius [Earth Radius]
11 Com b	11 Com	2	1	Radial Velocity	2007	Xinglong Station	0	326.03±0.32	1.29±0.05	12.1
11 UMi b	11 UMi	1	1	Radial Velocity	2009	Thuringer Lande	0	516.21997±3.20000	1.53±0.07	12.3
14 And b	14 And	1	1	Radial Velocity	2008	Okayama Astroph	0	185.84±0.23	0.83	12.9
14 Her b	14 Her	1	2	Radial Velocity	2002	W. M. Keck Obser	0	1773.40002±2.50000	2.93±0.08	12.9
16 Cyg B b	16 Cyg B	3	1	Radial Velocity	1996	Multiple Observat	0	798.50000±1.00000	1.66±0.03	13.5
18 Del b	18 Del	2	1	Radial Velocity	2008	Okayama Astroph	0	993.3±3.2	2.6	12.5
1RXS J160929.1-210524 b	1RXS J160929.1-	1	1	Imaging	2008	Gemini Observat	0		330	18.647
24 Boo b	24 Boo	1	1	Radial Velocity	2018	Okayama Astroph	0	30.3506 +0.0078 -0.0077	0.190 +0.012 -0.009	13.9
24 Sex b	24 Sex	1	2	Radial Velocity	2010	Lick Observatory	0	452.8 +2.1 -4.5	1.333 +0.004 -0.009	13.4
24 Sex c	24 Sex	1	2	Radial Velocity	2010	Lick Observatory	0	883.0 +32.4 -13.8	2.08 +0.05 -0.02	13.9
2MASS J01033563-5515561 AB b	2MASS J0103356	2	1	Imaging	2013	Paranal Observat	0		84	12.3
2MASS J01225093-2439505 b	2MASS J0122506	1	1	Imaging	2013	W. M. Keck Obser	0		52±6	11
2MASS J02192210-3925225 b	2MASS J0219221	1	1	Imaging	2015	Cerro Tololo Inter-	0		156±10	16.1±0.3

Showing records 1 to 28 of 4422 (4422 total) DOI 10.26133/NEA13

Clear Checked Check All Reset Filters

O seu carácter interactivo facilita o filtrado dos sistemas que nos interesa que presenten uns determinados valores para certos parámetros. Por exemplo os sistemas compostos por unha estrela (7) e dous planetas (8) que fosen descubertos mediante o método das velocidades radiais (9) este ano (10): [98]

NASA EXOPLANET ARCHIVE
NASA EXOPLANET SCIENCE INSTITUTE

Home About Us Data Tools Support Login

Select Columns Download Table Plot Table View Documentation User Preferences Data may not be self-consistent if drawn from multiple sources. (Learn more)

Planetary Systems Composite Data

Planet Name	Host Name	Number of Stars	Number of Planets	Discovery Method	Discovery Year	Discovery Facility	Controversial Flag	Orbital Period [days]	Orbit Semi-Major Axis [au]	Planet Radius [Earth Radius]
HD 110113 c	HD 110113	1	2	Radial Velocity	2021	La Silla Observat	0	6.744 +0.008 -0.009	0.068 +0.001 -0.002	3.23
HD 13808 b	HD 13808	1	2	Radial Velocity	2021	La Silla Observat	0	14.1815±0.0015	0.10519 +0.00093 -0.00110	3.35
HD 13808 c	HD 13808	1	2	Radial Velocity	2021	La Silla Observat	0	53.753 +0.000 -0.002	0.2554 +0.0026 -0.0023	3.13
HD 145675 c	14 Her	1	2	Radial Velocity	2021	Multiple Observat	0	25000 +24000 -9200	16.4 +9.3 -4.3	12.8
HD 156668 c	HD 156668	1	2	Radial Velocity	2021	Multiple Observat	0	811.3 +5.2 -5.3	1.570±0.017	6.17
HD 24040 c	HD 24040	1	2	Radial Velocity	2021	Multiple Observat	0	515.4 +12.2 -2.5	1.300 +0.021 -0.022	9.35
HD 5278 c	HD 5278	1	2	Radial Velocity	2021	Paranal Observat	0	40.87 +0.18 -0.17	0.2416±0.0027	4.49
HD 66428 c	HD 66428	1	2	Radial Velocity	2021	Multiple Observat	0	39000 +56000 -18000	23.0 +19.0 -7.6	11.9
HD 68988 c	HD 68988	1	2	Radial Velocity	2021	Multiple Observat	0	16000 +11000 -3500	13.2 +5.3 -2.0	12.3
HD 95735 c	GJ 411	1	2	Radial Velocity	2021	Multiple Observat	0	3190 +200 -170	3.10 +0.13 -0.11	4.44
TOI-1444 c	TOI-1444	1	2	Radial Velocity	2021	W. M. Keck Obser	0	16.066±0.024		3.46

Showing records 1 to 11 of 11 (4422 total) DOI 10.26133/NEA13

Clear Checked Check All Reset Filters

Conclusións

O obxectivo deste traballo era realizar unha revisión bibliográfica dos diferentes catálogos astronómicos que podemos atopar ao longo da historia. Paralelamente realizamos un completo estudo da información astronómica e da súa evolución.

Sen dúbida o eixo e desafío principal da elaboración deste texto foi a busca e recompilación de bibliografía que levei maioritariamente a cabo a través da base de datos ADS reseñada ao final do traballo, pero tamén mediante libros e enciclopedias de astronomía que me proporcionaron unha visión xeral deste campo.

No primeiro capítulo comentamos as primeiras inscricións primitivas de estrelas que, lonxe de ter un propósito científico, empregábanse cunha finalidade decorativa e astrolóxica. Despois vimos como os exipcios aproveitaron a regularidade que amosaban estes puntíños ao aparecer e desaparecer no horizonte para elaborar o primeiro calendario solar da historia, algo que na actualidade representa a base arredor da cal organizamos o noso día a día. Máis adiante presentamos o primeiro catálogo estelar formal na Antiga Mesopotamia (*Three Stars Each*) e o *MUL.APIN* o cal clasificábaas nas constelacións que sentaron a base das que empregamos actualmente. Na segunda metade comentamos os avances que realizaron os gregos en base ao legado visto, como clasificar as estrelas visibles en función do seu brillo definindo o concepto de magnitude, moi importante na astronomía moderna, ou modelizar matematicamente por primeira vez o movemento aparente dos astros arredor da Terra mediante o sistema xeocéntrico de Ptolomeo. Rematamos o capítulo presentando aos astrónomos árabes máis importantes, cuxos aportes á matemática e á astronomía impulsaron tanto o avance destas ciencias que moitos dos nomes das estrelas (Altair, Deneb) ou termos astronómicos (Zenit, Nadir) empregados hoxe en día proveñen do árabe.

Os primeiros catálogos modernos como a *Uranometria* ou o Catálogo Messier, amplamente usado na actualidade por astroaficionados de todo o mundo, son comentados no capítulo segundo. A medida que avanzamos nel imos mencionando novos catálogos por orde cronolóxica e cun volume de obxectos cada vez maior, debido aos avances en instrumentación óptica así como ao aumento do coñecemento en matemáticas e física, que permitiron descubrir e calcular novos parámetros como o tipo espectral ou movemento propio. Despois

presentamos os catálogos máis empregados actualmente reseñando o seu contido, funcionalidades e evolución a través das súas diferentes versións, algúns deles produto das últimas misións espaciais. Finalmente dedicamos un espazo a catálogos máis específicos para o estudo de obxectos concretos como as estrelas fundamentais, dobres e variables. Deste xeito, e ante a inmensa cantidade de catálogos astronómicos existentes, neste traballo realizamos unha selección dos máis importantes de maneira que poida servir de guía para calquera persoa interesada en mergullarse na astronomía desde outros ámbitos relacionados como a matemática, física ou enxeñería.

Os anuarios máis importantes, claves para proporcionar aplicacións directas da astronomía (como a navegación, pois foron as estrelas o “GPS” que existiu durante milenios) e divulgar esta ciencia entre a poboación xeral, son o obxecto do terceiro capítulo. Para isto tomamos como eixo o Almanaque Náutico e o Anuario do Real Observatorio de Madrid, sen esquecer os primeiros anuarios europeos.

Na parte final do traballo expoñemos como a creación da Internet aliviou a inxente cantidade de información astronómica que as misións espaciais nos estaban facendo chegar. Mediante a creación das bases de datos online calquera investigador do mundo pode acceder aos descubrimentos feitos por outro científico, o cal convírtese en tempo que aforra para seguir investigando de xeito que a Ciencia sae gañando.

Explicamos o contido das bases de datos astronómicas máis importantes así como a súa utilización paso a paso de maneira que este traballo tamén poida servir como un manual a todo aquel que queira aprender a buscar información dun certo obxecto ou literatura científica sobre un tema determinado.

A título persoal este traballo foi súaamente enriquecedor desde o comezo ata o final. A materia de Fundamentos da Astronomía despertou en min un interese polo Cosmos que ficaba agochado desde que era un neno e, a falta de existir máis materias da rama na titulación, decidín propiciar o Traballo Fin de Grao neste campo. A idea do tema débese en parte a que pensei que a mellor maneira de aprender sobre astronomía era mergullándome na tarefa de elaborar un estudo sobre a información astronómica existente. Ademais non teño constancia dun traballo de recompilación e descrición conxunta das bases de datos astronómicas actuais similar a este, e polo tanto pode considerarse completamente orixinal.

Durante a súa realización fortalecín e expandín conceptos aprendidos na materia do Grao (coordenadas celestes, magnitudes ou medidas do tempo) e descubrín moitos novos (fotometría, espectrografía, exoplanetoloxía, manexo de bases de datos, busca de bibliografía, etc...) que non só me serviron para presentalos no texto con precisión senón que poderei empregar nun futuro, ben realizando un posgrado en astrofísica, noutras áreas relacionadas ou como divulgador científico, labor que me gustaría emprender no futuro.

Anexo A: Exemplo dalgunhas aplicacións das táboas do Anuario

Neste anexo veremos un exemplo de como aplicar as táboas do Anuario de Madrid do ano en curso (2021) para calcular as horas dos ortos e ocasos do Sol e da Lúa na cidade da Coruña nos equinoccios e solsticios a partir dos valores para Madrid. As táboas necesarias para os cálculos atópanse ao final deste anexo.

Nalgúns casos pódese dar que os valores que precisemos das táboas non se atopen nelas pois estas polo xeral só presentan valores enteiros para as filas e as columnas. Nese caso realizaremos unha serie de interpolacións lineais como segue:

Supoñamos que coñecemos os valores (en cor negra) das columnas e_0 , e_1 e das filas M_0 , M_1 ; e precisamos coñecer o dato (cor vermella) da columna e con fila M como se ilustra na seguinte táboa:

	e_0	e	e_1
M_0	Δ_{00}	Δ_0	Δ_{01}
M		Δ	
M_1	Δ_{10}	Δ_1	Δ_{11}

Tal como fixemos na clase de Fundamentos de Astronomía para obter un valor inicial na resolución da Ecuación de Kepler [99], calculamos primeiro Δ_0 interpolando horizontalmente na fila M_0 :

$$\frac{e_1 - e_0}{\Delta_{01} - \Delta_{00}} = \frac{e - e_0}{\Delta_0 - \Delta_{00}} \quad (1)$$

Calculamos despois Δ_1 interpolando horizontalmente na fila M_1 :

$$\frac{e_1 - e_0}{\Delta_{11} - \Delta_{10}} = \frac{e - e_0}{\Delta_1 - \Delta_{10}} \quad (2)$$

Para rematar obtemos Δ interpolando verticalmente na columna e :

$$\frac{M_1 - M_0}{\Delta_1 - \Delta_0} = \frac{M - M_0}{\Delta - \Delta_0} \quad (3)$$

Ortos e Ocasos do Sol para os equinoccios e solsticios do ano 2021 na cidade da Coruña

Para calcular os ortos/ocazos do Sol para unha data e lugar determinados a partir da hora na que aconteza ese orto/ocaso en Madrid é preciso realizar dúas correccións, unha por lonxitude (que depende do lugar) e outra por latitude (depende da latitude do lugar e da data) como podemos ver nas seguintes fórmulas: [83]

$$\text{Orto} = \text{Orto en Madrid} + \text{Corrección por lonxitude} + \text{Corrección por latitude} \quad (4)$$

$$\text{Ocaso} = \text{Ocaso en Madrid} + \text{Corrección por lonxitude} - \text{Corrección por latitude} \quad (5)$$

Os Ortos e Ocasos en Madrid para calquera día do ano en curso aparecen na táboa Efemérides do Sol do Anuario (Táboa 1) así como as táboas de correccións por lonxitude que están dispoñibles para todas as capitais de provincia en minutos (Táboa 2) e as de latitude (Táboa 3) nas que debemos aplicar nalgúns casos o método de interpolación visto ao comezo do anexo. Por último, as horas de partida están en Tempo Universal (TU) polo que para pasalas a Tempo Oficial (TO) debemos sumar unha hora (+1h) se estamos en horario de outono-inverno ou dúas horas (+2) se estamos no horario de primavera-verán.

Equinoccio de Primavera

$$\text{Corrección por lonxitude da Coruña} = +19^m$$

↑
Táboa 2

$$\left. \begin{array}{l} \text{Latitude da Coruña} = +43,5^\circ \\ \text{Data} = 20 \text{ de Marzo} \end{array} \right\} \rightarrow \text{Corrección por latitude} = 0^m$$

↑
Táboa 3

$$\text{Orto en Madrid (20 Marzo)} = 6^h 18^m$$

↑
Táboa 1

$$\text{Orto na Coruña} = 6^h 18^m + 19^m + 0^m = 6^h 37^m \text{ TU} \xrightarrow{+1h} \boxed{7^h 37^m \text{ TO}}$$

$$\text{Ocaso en Madrid (20 Marzo)} = 18^h 27^m$$

↑
Táboa 1

$$\text{Ocaso na Coruña} = 18^h 27^m + 19^m - 0^m = 18^h 46^m \text{ TU} \xrightarrow{+1h} \boxed{19^h 46^m \text{ TO}}$$

Equinoccio de Outono

$$\text{Corrección por lonxitude da Coruña} = +19^m$$

↑
Táboa 2

$$\left. \begin{array}{l} \text{Latitude da Coruña} = +43,5^\circ \\ \text{Data} = 22 \text{ de Setembro} \end{array} \right\} \rightarrow \text{Corrección por latitude} = 0^m$$

↑
Táboa 3

$$\text{Orto en Madrid (20 Setem.)} = 6^h 02^m$$

↑
Táboa 1

$$\text{Orto na Coruña} = 6^h 02^m + 19^m + 0^m = 6^h 21^m \text{ TU} \xrightarrow{+2h} \boxed{8^h 21^m \text{ TO}}$$

$$\text{Ocaso en Madrid (20 Setem.)} = 18^h 12^m$$

↑
Táboa 1

$$\text{Ocaso na Coruña} = 18^h 12^m + 19^m - 0^m = 18^h 31^m \text{ TU} \xrightarrow{+2h} \boxed{20^h 31^m \text{ TO}}$$

Solsticio de Verán

$$\text{Corrección por lonxitude da Coruña} = +19^m$$

↑
Táboa 2

$$\left. \begin{array}{l} \text{Latitude da Coruña} = +43,5^\circ \\ \text{Data} = 21 \text{ de Xuño} \end{array} \right\} \rightarrow \text{Corrección por latitude} = -11^m$$

↑
Táboa 3

$$\text{Orto en Madrid (21 Xuño)} = 4^h 45^m$$

↑
Táboa 1

$$\text{Orto na Coruña} = 4^h 45^m + 19^m + (-11^m) = 4^h 53^m \text{ TU} \xrightarrow{+2h} \boxed{6^h 53^m \text{ TO}}$$

$$\text{Ocaso en Madrid (21 Xuño)} = 19^h 48^m$$

↑
Táboa 1

$$\text{Ocaso na Coruña} = 19^h 48^m + 19^m - (-11^m) = 20^h 18^m \text{ TU} \xrightarrow{+2h} \boxed{22^h 18^m \text{ TO}}$$

Solsticio de Inverno

$$\text{Corrección por lonxitude da Coruña} = +19^m$$

↑
Táboa 2

$$\left. \begin{array}{l} \text{Latitude da Coruña} = +43,5^\circ \\ \text{Data} = 21 \text{ de Decembro} \end{array} \right\} \rightarrow \text{Corrección por latitude} = +10^m \quad \begin{array}{c} \uparrow \\ \text{Táboa 3} \end{array}$$

$$\text{Orto en Madrid (21 Dec.)} = 7^h 34^m \quad \begin{array}{c} \uparrow \\ \text{Táboa 1} \end{array}$$

$$\text{Orto na Coruña} = 7^h 34^m + 19^m + 10^m = 8^h 03^m \text{ TU} \xrightarrow{+1^h} \boxed{9^h 03^m \text{ TO}}$$

$$\text{Ocaso en Madrid (21 Dec.)} = 16^h 51^m \quad \begin{array}{c} \uparrow \\ \text{Táboa 1} \end{array}$$

$$\text{Ocaso na Coruña} = 16^h 51^m + 19^m - 10^m = 17^h \text{ TU} \xrightarrow{+1^h} \boxed{18^h \text{ TO}}$$

Ortos e Ocasos da Lúa para os equinoccios e solsticios do ano 2021 na cidade da Coruña

Para o cálculo dos Ortos e Ocasos da Lúa nunha data e lugar determinados a partir dos valores tabulados para Madrid e presentes no anuario é preciso realizar tamén dúas correccións, por lonxitude e latitude. A primeira depende do lugar e a segunda depende do lugar e da declinación da Lúa tal e como indican as seguintes fórmulas: [83]

$$\text{Orto} = \text{Orto en Madrid} + \text{Corrección por lonxitude} + \text{Corrección por latitude} \quad (6)$$

$$\text{Ocaso} = \text{Ocaso en Madrid} + \text{Corrección por lonxitude} - \text{Corrección por latitude} \quad (7)$$

Os Ortos e Ocasos da Lúa para Madrid veñen no Anuario na táboa Efemérides da Lúa (Táboa 4) así como as correccións por lonxitude (Táboa 5) e por latitude (Táboa 6). Estas últimas dependen da latitude do lugar (columnas) e da declinación da Lúa (filas) e na Táboa 4 amósase a declinación da Lúa ás 0^h de TU para cada día do ano. Como a nós interésanos a declinación media do día simplemente interpolaremos linealmente a declinación ás 0^h do día de interese coa do día seguinte.

Equinoccio de Primavera

$$\text{Corrección por lonxitude da Coruña} = +19^m \quad \begin{array}{c} \uparrow \\ \text{Táboa 5} \end{array}$$

$$\text{Declinación media (20 de Marzo)} = 23^\circ \quad \begin{array}{c} \uparrow \\ \text{Táboa 4} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Latitude da Coruña} = +43,5^\circ \\ \text{Declinación media} = 23^\circ \end{array} \right\} \rightarrow \text{Corrección por latitude} = -11^m$$

$\uparrow$
Táboa 6

$$\text{Orto en Madrid (20 Marzo)} = 10^h 01^m$$

$\uparrow$
Táboa 4

$$\text{Orto na Coruña} = 10^h 01^m + 19^m + (-11^m) = 10^h 09^m \text{ TU} \xrightarrow{+1h} \boxed{11^h 09^m \text{ TO}}$$

$$\text{Ocaso en Madrid (20 Marzo)} = 0^h 27^m$$

$\uparrow$
Táboa 4

$$\text{Ocaso na Coruña} = 0^h 27^m + 19^m - (-11^m) = 0^h 49^m \text{ TU} \xrightarrow{+1h} \boxed{1^h 49^m \text{ TO}}$$

Equinoccio de Outono

$$\text{Corrección por lonxitude da Coruña} = +19^m$$

$\uparrow$
Táboa 5

$$\text{Declinación media (22 de Setembro)} = 3^\circ$$

$\uparrow$
Táboa 4

$$\left. \begin{array}{l} \text{Latitude da Coruña} = +43,5^\circ \\ \text{Declinación media} = 3^\circ \end{array} \right\} \rightarrow \text{Corrección por latitude} = -1^m$$

$\uparrow$
Táboa 6

$$\text{Orto en Madrid (22 Setem.)} = 19^h 14^m$$

$\uparrow$
Táboa 4

$$\text{Orto na Coruña} = 19^h 14^m + 19^m + (-1^m) = 19^h 32^m \text{ TU} \xrightarrow{+2h} \boxed{21^h 32^m \text{ TO}}$$

$$\text{Ocaso en Madrid (22 Setem.)} = 7^h 17^m$$

$\uparrow$
Táboa 4

$$\text{Ocaso na Coruña} = 7^h 17^m + 19^m - (-1^m) = 7^h 37^m \text{ TU} \xrightarrow{+2h} \boxed{9^h 37^m \text{ TO}}$$

Solsticio de Verán

$$\text{Corrección por lonxitude da Coruña} = +19^m$$

$\uparrow$
Táboa 5

$$\text{Declinación media (21 de Xuño)} = -14^\circ$$

$\uparrow$
Táboa 4

$$\left. \begin{array}{l} \text{Latitude da Coruña} = +43,5^\circ \\ \text{Declinación media} = -14^\circ \end{array} \right\} \rightarrow \text{Corrección por latitude} = +6^m$$

$\uparrow$
Táboa 6

$$\text{Orto en Madrid (21 de Xuño)} = 16^h 09^m$$

$\uparrow$
Táboa 4

$$\text{Orto na Coruña} = 16^h 09^m + 19^m + 6^m = 16^h 34^m \text{ TU} \xrightarrow{+2h} \boxed{18^h 34^m \text{ TO}}$$

$$\text{Ocaso en Madrid (21 de Xuño)} = 2^h 04^m$$

$\uparrow$
Táboa 4

$$\text{Ocaso na Coruña} = 2^h 04^m + 19^m - 6^m = 2^h 17^m \text{ TU} \xrightarrow{+2h} \boxed{4^h 17^m \text{ TO}}$$

Solsticio de Inverno

$$\text{Corrección por lonxitude da Coruña} = +19^m$$

$\uparrow$
Táboa 5

$$\text{Declinación media (21 de Decembro)} = 25^\circ$$

$\uparrow$
Táboa 4

$$\left. \begin{array}{l} \text{Latitude da Coruña} = +43,5^\circ \\ \text{Declinación media} = 25^\circ \end{array} \right\} \rightarrow \text{Corrección por latitude} = -12^m$$

$\uparrow$
Táboa 6

$$\text{Orto en Madrid (21 Dec.)} = 18^h 47^m$$

$\uparrow$
Táboa 4

$$\text{Orto na Coruña} = 18^h 47^m + 19^m + (-12^m) = 18^h 54^m \text{ TU} \xrightarrow{+1h} \boxed{19^h 54^m \text{ TO}}$$

$$\text{Ocaso en Madrid (21 Dec.)} = 9^h 34^m$$

$\uparrow$
Táboa 4

$$\text{Ocaso na Coruña} = 9^h 34^m + 19^m - (-12^m) = 10^h 05^m \text{ TU} \xrightarrow{+1h} \boxed{11^h 05^m \text{ TO}}$$

Táboas

Nas seguintes páxinas presentamos as táboas do Anuario deste ano (2021) empregadas nos cálculos anteriores.

SOL Marzo 2021

Día	en Madrid (TU)			a 0 ^h de TU		a 0 ^h de TU		
	Orto h m	Culmin. h m s	Ocaso h m	Asc. recta h m s	Declinac. ° ' " N	P °	B °	L °
1 L	6 48	12 27 01	18 06	22 48 26,7	-07 35 05	-21,6	-7,2	223,1
2 M	6 47	12 26 49	18 07	22 52 11,3	-07 12 15	-21,8	-7,2	210,1
3 M	6 45	12 26 37	18 09	22 55 55,5	-06 49 18	-22,0	-7,2	196,9
4 J	6 44	12 26 23	18 10	22 59 39,2	-06 26 15	-22,3	-7,2	183,6
5 V	6 42	12 26 10	18 11	23 03 22,5	-06 03 07	-22,5	-7,3	170,5
6 S	6 41	12 25 56	18 12	23 07 05,4	-05 39 54	-22,7	-7,3	157,4
7 D	6 39	12 25 42	18 13	23 10 47,9	-05 16 36	-22,8	-7,3	144,1
8 L	6 37	12 25 27	18 14	23 14 30,0	-04 53 13	-23,2	-7,3	131,0
9 M	6 36	12 25 12	18 15	23 18 11,8	-04 29 47	-23,3	-7,2	117,8
10 M	6 34	12 24 57	18 16	23 21 53,2	-04 06 17	-23,6	-7,2	104,7
11 J	6 33	12 24 41	18 17	23 25 34,3	-03 42 44	-23,7	-7,2	91,5
12 V	6 31	12 24 25	18 18	23 29 15,0	-03 19 08	-23,8	-7,2	78,3
13 S	6 29	12 24 09	18 20	23 32 55,5	-02 55 30	-24,1	-7,2	65,0
14 D	6 28	12 23 53	18 21	23 36 35,7	-02 31 50	-24,3	-7,2	52,0
15 L	6 26	12 23 36	18 22	23 40 15,7	-02 08 08	-24,3	-7,2	38,7
16 M	6 25	12 23 19	18 23	23 43 55,4	-01 44 26	-24,6	-7,2	25,6
17 M	6 23	12 23 02	18 24	23 47 34,9	-01 20 42	-24,7	-7,0	12,4
18 J	6 21	12 22 45	18 25	23 51 14,2	-00 56 58	-24,8	-7,0	359,2
19 V	6 20	12 22 27	18 26	23 54 53,3	-00 33 14	-25,0	-7,0	346,1
20 S	6 18	12 22 09	18 27	23 58 32,2	-00 09 30	-25,1	-7,0	332,8
21 D	6 16	12 21 52	18 28	00 02 11,0	+00 14 13	-25,3	-7,0	319,7
22 L	6 15	12 21 34	18 29	00 05 49,7	+00 37 54	-25,3	-7,0	306,5
23 M	6 13	12 21 16	18 30	00 09 28,3	+01 01 35	-25,5	-7,0	293,3
24 M	6 11	12 20 57	18 31	00 13 06,8	+01 25 13	-25,6	-6,9	280,1
25 J	6 10	12 20 39	18 32	00 16 45,2	+01 48 49	-25,7	-6,9	266,8
26 V	6 08	12 20 21	18 33	00 20 23,5	+02 12 23	-25,8	-6,8	253,8
27 S	6 07	12 20 03	18 34	00 24 01,9	+02 35 54	-25,8	-6,8	240,6
28 D	6 05	12 19 45	18 35	00 27 40,2	+02 59 21	-25,8	-6,7	227,4
29 L	6 03	12 19 27	18 36	00 31 18,6	+03 22 45	-26,0	-6,7	214,1
30 M	6 02	12 19 08	18 37	00 34 57,0	+03 46 05	-26,1	-6,7	201,0
31 M	6 00	12 18 50	18 38	00 38 35,5	+04 09 21	-26,1	-6,5	187,8

Inicio de la primavera el día 20 a las 9^h37^m de TU.

SOL Setiembre 2021

Día	en Madrid (TU)			a 0 ^h de TU		a 0 ^h de TU		
	Orto h m	Culmin. h m s	Ocaso h m	Asc. recta h m s	Declinac. ° ' " N	P °	B °	L °
1 M	5 42	12 14 40	18 46	10 41 35,3	+08 16 32	21,1	+7,2	311,5
2 J	5 43	12 14 21	18 45	10 45 12,7	+07 54 43	21,3	+7,2	298,3
3 V	5 44	12 14 01	18 43	10 48 49,9	+07 32 46	21,6	+7,2	285,0
4 S	5 45	12 13 42	18 42	10 52 26,8	+07 10 41	21,8	+7,2	271,8
5 D	5 46	12 13 22	18 40	10 56 03,5	+06 48 30	22,1	+7,2	258,6
6 L	5 47	12 13 01	18 38	10 59 40,0	+06 26 12	22,3	+7,2	245,4
7 M	5 48	12 12 41	18 37	11 03 16,2	+06 03 48	22,5	+7,3	232,1
8 M	5 49	12 12 20	18 35	11 06 52,3	+05 41 17	22,7	+7,3	219,0
9 J	5 50	12 12 00	18 33	11 10 28,1	+05 18 41	22,8	+7,3	205,8
10 V	5 51	12 11 39	18 32	11 14 03,9	+04 55 59	23,1	+7,3	192,6
11 S	5 52	12 11 18	18 30	11 17 39,4	+04 33 13	23,3	+7,2	179,4
12 D	5 53	12 10 56	18 28	11 21 14,9	+04 10 21	23,5	+7,2	166,1
13 L	5 54	12 10 35	18 27	11 24 50,2	+03 47 26	23,7	+7,2	153,0
14 M	5 55	12 10 14	18 25	11 28 25,4	+03 24 26	23,8	+7,2	139,8
15 M	5 56	12 09 52	18 23	11 32 00,6	+03 01 23	24,1	+7,2	126,5
16 J	5 57	12 09 31	18 22	11 35 35,7	+02 38 17	24,2	+7,2	113,4
17 V	5 58	12 09 09	18 20	11 39 10,8	+02 15 08	24,3	+7,2	100,2
18 S	5 58	12 08 48	18 18	11 42 45,8	+01 51 56	24,5	+7,2	87,0
19 D	5 59	12 08 27	18 17	11 46 20,9	+01 28 41	24,7	+7,0	73,8
20 L	6 00	12 08 05	18 15	11 49 56,0	+01 05 25	24,8	+7,0	60,6
21 M	6 01	12 07 44	18 13	11 53 31,1	+00 42 08	25,0	+7,0	47,4
22 M	6 02	12 07 22	18 12	11 57 06,4	+00 18 48	25,1	+7,0	34,2
23 J	6 03	12 07 01	18 10	12 00 41,7	-00 04 32	25,2	+7,0	21,0
24 V	6 04	12 06 40	18 08	12 04 17,2	-00 27 53	25,3	+7,0	7,8
25 S	6 05	12 06 20	18 07	12 07 52,8	-00 51 14	25,3	+7,0	354,6
26 D	6 06	12 05 59	18 05	12 11 28,6	-01 14 36	25,5	+6,9	341,3
27 L	6 07	12 05 38	18 03	12 15 04,7	-01 37 57	25,6	+6,9	328,2
28 M	6 08	12 05 18	18 02	12 18 40,9	-02 01 18	25,7	+6,9	315,0
29 M	6 09	12 04 58	18 00	12 22 17,4	-02 24 38	25,8	+6,8	301,8
30 J	6 10	12 04 39	17 58	12 25 54,1	-02 47 56	25,8	+6,8	288,6

Inicio del otoño el día 22 a las 19^h21^m de TU.

SOL Junio 2021

Día	en Madrid (TU)			a 0 ^h de TU		a 0 ^h de TU		
	Orto h m	Culmin. h m s	Ocaso h m	Asc. recta h m s	Declinac. ° ' " N	P °	B °	L °
1 M	4 47	12 12 37	19 39	04 36 35,1	+22 03 12	-15,4	-0,6	88,5
2 M	4 46	12 12 47	19 40	04 40 40,9	+22 11 09	-15,0	-0,6	75,2
3 J	4 46	12 12 57	19 40	04 44 47,2	+22 18 43	-14,6	-0,4	62,0
4 V	4 46	12 13 07	19 41	04 48 53,8	+22 25 53	-14,1	-0,3	48,7
5 S	4 45	12 13 18	19 42	04 53 00,8	+22 32 40	-13,8	-0,2	35,5
6 D	4 45	12 13 29	19 42	04 57 08,2	+22 39 04	-13,4	-0,1	22,3
7 L	4 45	12 13 40	19 43	05 01 15,8	+22 45 03	-13,0	+0,1	9,1
8 M	4 45	12 13 52	19 43	05 05 23,8	+22 50 38	-12,6	+0,2	355,8
9 M	4 44	12 14 03	19 44	05 09 32,0	+22 55 50	-12,1	+0,3	342,6
10 J	4 44	12 14 15	19 44	05 13 40,5	+23 00 37	-11,8	+0,4	329,3
11 V	4 44	12 14 28	19 45	05 17 49,3	+23 04 60	-11,4	+0,5	316,1
12 S	4 44	12 14 40	19 45	05 21 58,2	+23 08 58	-11,0	+0,6	302,8
13 D	4 44	12 14 53	19 46	05 26 07,3	+23 12 32	-10,6	+0,8	289,7
14 L	4 44	12 15 06	19 46	05 30 16,5	+23 15 42	-10,1	+0,9	276,3
15 M	4 44	12 15 18	19 47	05 34 25,9	+23 18 27	-09,6	+1,0	263,2
16 M	4 44	12 15 31	19 47	05 38 35,4	+23 20 47	-09,3	+1,1	250,0
17 J	4 44	12 15 44	19 47	05 42 44,9	+23 22 42	-08,9	+1,3	236,6
18 V	4 44	12 15 57	19 48	05 46 54,5	+23 24 12	-08,4	+1,3	223,5
19 S	4 44	12 16 10	19 48	05 51 04,1	+23 25 18	-08,0	+1,5	210,1
20 D	4 45	12 16 23	19 48	05 55 13,7	+23 25 59	-07,5	+1,6	197,0
21 L	4 45	12 16 36	19 48	05 59 23,2	+23 26 14	-07,0	+1,7	183,8
22 M	4 45	12 16 49	19 49	06 03 32,8	+23 26 06	-06,7	+1,8	170,5
23 M	4 45	12 17 02	19 49	06 07 42,2	+23 25 32	-06,2	+2,0	157,3
24 J	4 46	12 17 15	19 49	06 11 51,6	+23 24 33	-05,8	+2,1	144,1
25 V	4 46	12 17 28	19 49	06 16 00,9	+23 23 10	-05,3	+2,2	130,8
26 S	4 46	12 17 40	19 49	06 20 10,1	+23 21 23	-04,9	+2,2	117,5
27 D	4 47	12 17 53	19 49	06 24 19,1	+23 19 10	-04,4	+2,4	104,3
28 L	4 47	12 18 05	19 49	06 28 27,9	+23 16 33	-04,0	+2,5	91,0
29 M	4 47	12 18 17	19 49	06 32 36,6	+23 13 32	-03,5	+2,6	77,9
30 M	4 48	12 18 29	19 49	06 36 45,1	+23 10 06	-03,1	+2,7	64,5

Inicio del verano el día 21 a las 3^h37^m de TU.

SOL Diciembre 2021

Día	en Madrid (TU)			a 0 ^h de TU		a 0 ^h de TU		
	Orto	Culmin.	Ocaso	Asc. recta	Declinac.	P	B	L
	<i>h m</i>	<i>h m s</i>	<i>h m</i>	<i>h m s</i>	<i>° ' "</i>	<i>°</i>	<i>°</i>	<i>°</i>
1 M	7 19	12 03 50	16 49	16 29 10,7	-21 47 51	16,0	+0,9	191,0
2 J	7 20	12 04 13	16 49	16 33 29,9	-21 56 59	15,6	+0,8	177,8
3 V	7 21	12 04 37	16 48	16 37 49,8	-22 05 41	15,1	+0,6	164,6
4 S	7 22	12 05 01	16 48	16 42 10,3	-22 13 58	14,8	+0,5	151,5
5 D	7 22	12 05 26	16 48	16 46 31,4	-22 21 49	14,4	+0,4	138,3
6 L	7 23	12 05 51	16 48	16 50 53,0	-22 29 15	14,0	+0,3	125,0
7 M	7 24	12 06 17	16 48	16 55 15,2	-22 36 13	13,6	+0,1	111,9
8 M	7 25	12 06 43	16 48	16 59 37,8	-22 42 46	13,1	+0,0	98,8
9 J	7 26	12 07 10	16 48	17 04 00,9	-22 48 51	12,8	-0,1	85,5
10 V	7 27	12 07 37	16 48	17 08 24,4	-22 54 29	12,3	-0,3	72,4
11 S	7 28	12 08 05	16 48	17 12 48,3	-22 59 41	11,9	-0,4	59,2
12 D	7 29	12 08 33	16 48	17 17 12,6	-23 04 24	11,5	-0,5	46,1
13 L	7 29	12 09 01	16 49	17 21 37,2	-23 08 41	11,0	-0,6	32,9
14 M	7 30	12 09 29	16 49	17 26 02,1	-23 12 29	10,6	-0,8	19,7
15 M	7 31	12 09 58	16 49	17 30 27,3	-23 15 50	10,1	-0,9	6,5
16 J	7 31	12 10 27	16 49	17 34 52,7	-23 18 44	09,6	-1,0	353,3
17 V	7 32	12 10 56	16 50	17 39 18,4	-23 21 09	09,1	-1,2	340,2
18 S	7 33	12 11 26	16 50	17 43 44,3	-23 23 06	08,8	-1,3	327,0
19 D	7 33	12 11 55	16 51	17 48 10,3	-23 24 35	08,3	-1,3	313,8
20 L	7 34	12 12 25	16 51	17 52 36,4	-23 25 36	07,8	-1,5	300,7
21 M	7 34	12 12 55	16 51	17 57 02,6	-23 26 09	07,4	-1,7	287,5
22 M	7 35	12 13 24	16 52	18 01 28,9	-23 26 13	06,9	-1,8	274,3
23 J	7 35	12 13 54	16 53	18 05 55,2	-23 25 50	06,4	-1,8	261,1
24 V	7 36	12 14 24	16 53	18 10 21,6	-23 24 58	05,9	-2,0	248,0
25 S	7 36	12 14 54	16 54	18 14 47,9	-23 23 38	05,5	-2,2	234,8
26 D	7 36	12 15 23	16 54	18 19 14,1	-23 21 50	05,0	-2,2	221,6
27 L	7 37	12 15 53	16 55	18 23 40,2	-23 19 34	04,5	-2,4	208,4
28 M	7 37	12 16 22	16 56	18 28 06,2	-23 16 49	04,0	-2,5	195,3
29 M	7 37	12 16 51	16 57	18 32 32,1	-23 13 37	03,5	-2,6	182,1
30 J	7 38	12 17 20	16 57	18 36 57,8	-23 09 57	03,0	-2,7	168,9
31 V	7 38	12 17 49	16 58	18 41 23,2	-23 05 48	02,6	-2,9	155,5

66 ANEXO A: EXEMPLO DALGUNHAS APLICACIÓNS DAS TÁBOAS DO ANUARIO

LUNA Marzo 2021									
Día	en Madrid (TU)			a 0 ^h de TU					
	Orto <i>h m</i>	Culm. <i>h m</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>	Declinación <i>° ' "</i>	Distan. <i>R_⊕</i>			
1 L	20 47	2 01	8 17	12 18 07,5	+03 15 13	57,4348			
2 M	22 01	2 51	8 45	13 10 55,2	−02 54 59	57,2941			
3 M	23 15	3 43	9 15	14 04 16,4	−08 55 60	57,3427			
4 J	** **	4 36	9 49	14 58 58,3	−14 25 50	57,5531			
5 V	0 29	5 31	10 27	15 55 33,7	−19 03 46	57,8878			
6 S	1 41	6 28	11 11	16 54 07,7	−22 31 35	58,3090			
7 D	2 49	7 27	12 04	17 54 07,1	−24 35 34	58,7837			
8 L	3 49	8 25	13 03	18 54 23,4	−25 08 42	59,2878			
9 M	4 40	9 22	14 07	19 53 31,4	−24 12 08	59,8061			
10 M	5 22	10 15	15 13	20 50 17,6	−21 54 45	60,3308			
11 J	5 58	11 05	16 19	21 44 00,8	−18 30 42	60,8574			
12 V	6 28	11 52	17 24	22 34 36,1	−14 16 30	61,3811			
13 S	6 54	12 36	18 26	23 22 26,3	−09 28 30	61,8931			
14 D	7 18	13 18	19 27	00 08 11,0	−04 21 42	62,3779			
15 L	7 41	13 59	20 27	00 52 36,7	+00 50 45	62,8137			
16 M	8 04	14 41	21 27	01 36 31,9	+05 57 17	63,1728			
17 M	8 28	15 23	22 27	02 20 43,9	+10 47 34	63,4247			
18 J	8 55	16 06	23 27	03 05 56,3	+15 11 52	63,5389			
19 V	9 26	16 52	** **	03 52 46,8	+19 00 34	63,4888			
20 S	10 01	17 40	0 27	04 41 42,6	+22 03 48	63,2558			
21 D	10 43	18 31	1 25	05 32 55,3	+24 11 27	62,8330			
22 L	11 33	19 23	2 21	06 26 15,4	+25 13 48	62,2274			
23 M	12 31	20 17	3 12	07 21 11,3	+25 02 44	61,4625			
24 M	13 35	21 11	3 58	08 16 55,5	+23 33 20	60,5797			
25 J	14 43	22 04	4 38	09 12 38,7	+20 45 20	59,6358			
26 V	15 55	22 56	5 13	10 07 44,9	+16 43 56	58,7019			
27 S	17 09	23 48	5 45	11 02 01,9	+11 39 51	57,8547			
28 D	18 24	** **	6 14	11 55 43,2	+05 48 57	57,1684			
29 L	19 39	0 39	6 43	12 49 22,5	−00 28 33	56,7040			
30 M	20 56	1 31	7 13	13 43 45,4	−06 49 01	56,4985			
31 M	22 13	2 25	7 46	14 39 37,6	−12 46 55	56,5593			

LUNA Junio 2021									
Día	en Madrid (TU)			a 0 ^h de TU					
	Orto <i>h m</i>	Culm. <i>h m</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>	Declinación <i>° ' "</i>	Distan. <i>R_⊕</i>			
1 M	0 38	5 44	10 57	21 56 16,1	−17 59 14	60,0184			
2 M	1 08	6 31	12 02	22 46 54,1	−13 27 21	60,9472			
3 J	1 33	7 15	13 05	23 34 09,8	−08 28 20	61,7763			
4 V	1 57	7 56	14 05	00 19 05,3	−03 16 26	62,4696			
5 S	2 19	8 37	15 05	01 02 43,8	+01 57 03	63,0077			
6 D	2 41	9 18	16 04	01 46 04,7	+07 02 25	63,3851			
7 L	3 05	9 59	17 04	02 30 01,8	+11 50 28	63,6072			
8 M	3 31	10 43	18 04	03 15 20,9	+16 11 39	63,6872			
9 M	4 01	11 29	19 04	04 02 36,7	+19 55 37	63,6407			
10 J	4 37	12 17	20 03	04 52 06,7	+22 51 24	63,4836			
11 V	5 18	13 07	20 59	05 43 45,9	+24 48 15	63,2296			
12 S	6 07	13 59	21 49	06 37 03,3	+25 37 11	62,8883			
13 D	7 03	14 51	22 34	07 31 07,4	+25 12 39	62,4645			
14 L	8 04	15 42	23 12	08 25 00,3	+23 33 45	61,9607			
15 M	9 08	16 32	23 45	09 17 55,4	+20 44 23	61,3788			
16 M	10 15	17 20	** **	10 09 30,8	+16 52 13	60,7232			
17 J	11 22	18 07	0 14	10 59 52,8	+12 07 30	60,0057			
18 V	12 31	18 55	0 41	11 49 32,8	+06 42 06	59,2481			
19 S	13 41	19 43	1 08	12 39 21,0	+00 49 26	58,4859			
20 D	14 54	20 33	1 35	13 30 19,7	−05 14 48	57,7670			
21 L	16 09	21 28	2 04	14 23 35,5	−11 11 34	57,1494			
22 M	17 27	22 26	2 38	15 20 08,0	−16 37 45	56,6955			
23 M	18 45	23 28	3 18	16 20 29,1	−21 06 48	56,4608			
24 J	19 57	** **	4 08	17 24 17,0	−24 12 19	56,4835			
25 V	21 00	0 33	5 08	18 29 59,6	−25 34 29	56,7751			
26 S	21 52	1 37	6 15	19 35 12,5	−25 06 51	57,3171			
27 D	22 34	2 37	7 27	20 37 34,5	−22 58 35	58,0625			
28 L	23 07	3 33	8 38	21 35 39,9	−19 29 56	58,9446			
29 M	23 35	4 23	9 47	22 29 12,4	−15 04 56	59,8877			
30 M	** **	5 10	10 53	23 18 45,7	−10 05 33	60,8170			

LUNA Setiembre 2021									
Día	en Madrid (TU)			a 0 ^h de TU					
	Orto <i>h m</i>	Culm. <i>h m</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>	Declinación <i>° ' "</i>	Distan. <i>R_⊕</i>			
1 M	** **	7 37	15 29	05 48 01,3	+25 14 04	62,9915			
2 J	0 35	8 29	16 20	06 41 32,7	+25 52 11	62,5381			
3 V	1 31	9 21	17 06	07 36 05,1	+25 15 07	61,9424			
4 S	2 33	10 14	17 45	08 30 45,5	+23 20 51	61,2498			
5 D	3 40	11 05	18 19	09 24 45,7	+20 12 19	60,5140			
6 L	4 49	11 55	18 49	10 17 37,7	+15 57 27	59,7909			
7 M	5 59	12 44	19 17	11 09 19,1	+10 48 31	59,1327			
8 M	7 10	13 32	19 43	12 00 12,3	+05 01 05	58,5827			
9 J	8 21	14 21	20 10	12 50 58,2	−01 06 48	58,1694			
10 V	9 34	15 11	20 39	13 42 28,4	−07 15 20	57,9046			
11 S	10 48	16 04	21 12	14 35 37,0	−13 03 27	57,7848			
12 D	12 02	16 59	21 50	15 31 09,0	−18 09 24	57,7942			
13 L	13 15	17 58	22 36	16 29 26,0	−22 11 55	57,9119			
14 M	14 24	18 58	23 30	17 30 09,4	−24 52 17	58,1164			
15 M	15 25	19 58	** **	18 32 13,4	−25 57 36	58,3909			
16 J	16 16	20 57	0 33	19 33 58,2	−25 23 53	58,7249			
17 V	16 58	21 52	1 42	20 33 43,3	−23 17 19	59,1133			
18 S	17 32	22 43	2 52	21 30 21,5	−19 52 10	59,5549			
19 D	18 01	23 31	4 02	22 23 31,7	−15 27 10	60,0470			
20 L	18 27	** **	5 09	23 13 31,3	−10 21 50	60,5825			
21 M	18 51	0 16	6 14	00 01 01,1	−04 54 18	61,1466			
22 M	19 14	0 59	7 17	00 46 51,9	+00 39 28	61,7160			
23 J	19 37	1 41	8 19	01 31 56,4	+06 05 44	62,2595			
24 V	20 02	2 24	9 21	02 17 04,4	+11 12 32	62,7403			
25 S	20 30	3 07	10 22	03 03 00,4	+15 49 11	63,1198			
26 D	21 03	3 52	11 23	03 50 20,0	+19 45 41	63,3616			
27 L	21 41	4 39	12 23	04 39 26,4	+22 52 30	63,4350			
28 M	22 25	5 28	13 20	05 30 25,3	+25 00 37	63,3196			
29 M	23 17	6 19	14 12	06 23 01,8	+26 02 03	63,0077			
30 J	** **	7 11	15 00	07 16 42,2	+25 50 53	62,5055			

LUNA Diciembre 2021									
Día	en Madrid (TU)			a 0 ^h de TU					
	Orto <i>h m</i>	Culm. <i>h m</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>	Declinación <i>° ' "</i>	Distan. <i>R_⊕</i>			
1 M	3 35	9 23	15 01	13 29 22,3	−05 46 26	57,6002			
2 J	4 51	10 16	15 33	14 23 02,4	−11 54 15	56,8180			
3 V	6 10	11 14	16 10	15 20 31,4	−17 30 15	56,2530			
4 S	7 30	12 16	16 57	16 22 17,9	−22 04 36	55,9675			
5 D	8 47	13 22	17 54	17 27 47,4	−25 07 53	55,9945			
6 L	9 55	14 28	19 01	18 35 05,3	−26 19 16	56,3289			
7 M	10 51	15 31	20 14	19 41 25,5	−25 34 06	56,9308			
8 M	11 36	16 29	21 28	20 44 18,9	−23 05 01	57,7332			
9 J	12 11	17 22	22 39	21 42 27,3	−19 15 32	58,6554			
10 V	12 40	18 09	23 47	22 35 49,0	−14 31 25	59,6173			
11 S	13 05	18 54	** **	23 25 10,3	−09 15 14	60,5492			
12 D	13 28	19 36	0 51	00 11 38,4	−03 44 44	61,3971			
13 L	13 51	20 18	1 54	00 56 23,4	+01 46 27	62,1251			
14 M	14 13	20 59	2 55	01 40 31,0	+07 07 14	62,7143			
15 M	14 38	21 42	3 55	02 24 59,7	+12 07 46	63,1595			
16 J	15 05	22 27	4 56	03 10 38,2	+16 38 15	63,4658			
17 V	15 37	23 13	5 57	03 58 02,0	+20 28 30	63,6436			
18 S	16 15	** **	6 57	04 47 28,2	+23 28 00	63,7059			
19 D	16 59	0 02	7 55	05 38 49,4	+25 26 48	63,6640			
20 L	17 50	0 53	8 47	06 31 32,4	+26 16 57	63,5246			
21 M	18 47	1 44	9 34	07 24 44,2	+25 54 07	63,2910			
22 M	19 48	2 34	10 14	08 17 27,1	+24 18 33	62,9606			
23 J	20 52	3 23	10 49	09 08 56,2	+21 34 56	62,5288			
24 V	21 56	4 10	11 18	09 58 51,					

Corrección por longitud a las horas de orto, culminación y ocaso del Sol para las capitales de provincia, en minutos

Ciudad	Correc.	Lat.	Ciudad	Correc.	Lat.
Albacete	-7 ^m	39°	Alicante / Alacant	-13 ^m	38°4
Almería	-5 ^m	37°	Avila	+4 ^m	40°5
Badajoz	+13 ^m	39°	Barcelona	-23 ^m	41°5
Bilbao	-3 ^m	43°	Burgos	0 ^m	42°5
Cáceres	+11 ^m	39°5	Cádiz	+10 ^m	36°5
Castellón de la Plana	-15 ^m	40°	Ceuta	+6 ^m	36°
Ciudad Real	+1 ^m	39°	Córdoba	+4 ^m	38°
Coruña, A (La Coruña)	+19 ^m	43°5	Cuenca	-6 ^m	40°
Donostia-San Sebastián	-7 ^m	43°5	Girona (Gerona)	-26 ^m	42°
Granada	0 ^m	37°	Guadalajara	-2 ^m	40°5
Huelva	+13 ^m	37°	Huesca	-13 ^m	42°
Jaén	0 ^m	38°	León	+8 ^m	42°5
Logroño	-5 ^m	42°5	Lugo	+15 ^m	43°
Lleida (Lérida)	-17 ^m	41°5	Madrid	0 ^m	40°5
Málaga	+3 ^m	36°5	Melilla	-3 ^m	35°5
Murcia	-10 ^m	38°	Ourense (Orense)	+17 ^m	42°5
Oviedo	+9 ^m	43°5	Palencia	+3 ^m	42°
Palma de Mallorca	-25 ^m	39°5	Palmas de G. C., Las	+47 ^m	28°
Pamplona / Iruña	-8 ^m	43°	Pontevedra	+20 ^m	42°5
Salamanca	+8 ^m	41°	Santa Cruz de Tenerife	+50 ^m	28°5
Santander	0 ^m	43°5	Segovia	+2 ^m	41°
Sevilla	+9 ^m	37°5	Soria	-5 ^m	42°
Tarragona	-20 ^m	41°	Teruel	-10 ^m	40°5
Toledo	+1 ^m	40°	Valencia	-13 ^m	39°5
Valladolid	+4 ^m	41°5	Vitoria-Gasteiz	-4 ^m	43°
Zamora	+8 ^m	41°5	Zaragoza	-11 ^m	41°5

(a) Táboa 2: Correccións por lonxitude para os ortos e ocasos do Sol. [83]

Corrección, en minutos, a las horas de orto y ocaso del Sol en diversos paralelos

Fecha	28°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°	44°	Fecha
Dic 21	-33	-13	-10	-7	-5	-2	2	5	8	12	Dic 22
Dic 26	-32	-13	-10	-7	-4	-1	2	5	8	12	Dic 17
Dic 31	-32	-13	-10	-7	-4	-1	2	5	8	12	Dic 12
Ene 5	-31	-12	-10	-7	-4	-1	2	5	8	11	Dic 7
Ene 10	-30	-12	-9	-7	-4	-1	2	5	8	11	Dic 2
Ene 15	-28	-11	-9	-6	-4	-1	2	4	7	10	Nov 27
Ene 20	-27	-11	-8	-6	-4	-1	2	4	7	10	Nov 22
Ene 25	-25	-10	-8	-6	-3	-1	1	4	6	9	Nov 17
Ene 30	-23	-9	-7	-5	-3	-1	1	4	6	8	Nov 12
Feb 4	-21	-8	-6	-5	-3	-1	1	3	5	8	Nov 7
Feb 9	-19	-7	-6	-4	-2	-1	1	3	5	7	Nov 2
Feb 14	-16	-6	-5	-4	-2	-1	1	3	4	6	Oct 27
Feb 19	-14	-5	-4	-3	-2	-1	1	2	4	5	Oct 22
Feb 24	-11	-4	-4	-3	-1	0	1	2	3	4	Oct 17
Mar 1	-9	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	3	Oct 12
Mar 6	-7	-3	-2	-1	-1	0	0	1	2	2	Oct 7
Mar 11	-4	-2	-1	-1	-1	0	0	1	1	1	Oct 2
Mar 16	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	Set 27
Mar 21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Set 22
Mar 26	4	1	1	1	0	0	0	-1	-1	-1	Set 17
Mar 31	6	2	2	1	1	0	0	-1	-2	-2	Set 12
Abr 5	9	3	3	2	1	0	0	-1	-2	-3	Set 7
Abr 10	11	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	Set 2
Abr 15	13	5	4	3	2	1	-1	-2	-3	-5	Ago 28
Abr 20	16	6	5	3	2	1	-1	-2	-4	-6	Ago 23
Abr 25	18	7	6	4	2	1	-1	-3	-5	-7	Ago 17
Abr 30	20	8	6	5	3	1	-1	-3	-5	-7	Ago 12
May 5	23	9	7	5	3	1	-1	-4	-6	-8	Ago 7
May 10	25	10	8	5	3	1	-1	-4	-6	-9	Ago 2
May 15	27	11	8	6	4	1	-2	-4	-7	-10	Jul 28
May 20	28	11	9	6	4	1	-2	-4	-7	-10	Jul 23
May 25	30	12	9	7	4	1	-2	-5	-8	-11	Jul 18
May 30	31	12	10	7	4	1	-2	-5	-8	-12	Jul 13
Jun 4	32	13	10	7	4	1	-2	-5	-9	-12	Jul 8
Jun 9	33	13	10	7	4	1	-2	-5	-9	-12	Jul 3
Jun 14	34	13	11	8	5	1	-2	-5	-9	-13	Jun 28
Jun 19	34	14	11	8	5	1	-2	-5	-9	-13	Jun 23

(b) Táboa 3: Correccións por latitude para os ortos e ocasos do Sol. [83]

Corrección por longitud a las horas de orto, culminación y ocaso de la Luna para las capitales de provincia, en minutos

Ciudad	Correc.	Lat.	Ciudad	Correc.	Lat.
Albacete	-7 ^m	39°	Alicante / Alacant	-13 ^m	38°4
Almería	-5 ^m	37°	Avila	+4 ^m	40°5
Badajoz	+13 ^m	39°	Barcelona	-23 ^m	41°5
Bilbao	-3 ^m	43°	Burgos	0 ^m	42°5
Cáceres	+11 ^m	39°5	Cádiz	+10 ^m	36°5
Castellón de la Plana	-15 ^m	40°	Ceuta	+6 ^m	36°
Ciudad Real	+1 ^m	39°	Córdoba	+4 ^m	38°
Coruña, A (La Coruña)	+19 ^m	43°5	Cuenca	-6 ^m	40°
Donostia-San Sebastián	-7 ^m	43°5	Girona (Gerona)	-26 ^m	42°
Granada	0 ^m	37°	Guadalajara	-2 ^m	40°5
Huelva	+13 ^m	37°	Huesca	-13 ^m	42°
Jaén	0 ^m	38°	León	+8 ^m	42°5
Logroño	-5 ^m	42°5	Lugo	+15 ^m	43°
Lleida (Lérida)	-17 ^m	41°5	Madrid	0 ^m	40°5
Málaga	+3 ^m	36°5	Melilla	-3 ^m	35°5
Murcia	-10 ^m	38°	Ourense (Orense)	+17 ^m	42°5
Oviedo	+9 ^m	43°5	Palencia	+3 ^m	42°
Palma de Mallorca	-25 ^m	39°5	Palmas de G. C., Las	+48 ^m	28°
Pamplona / Iruña	-8 ^m	43°	Pontevedra	+20 ^m	42°5
Salamanca	+8 ^m	41°	Santa Cruz de Tenerife	+51 ^m	28°5
Santander	0 ^m	43°5	Segovia	+2 ^m	41°
Sevilla	+9 ^m	37°5	Soria	-5 ^m	42°
Tarragona	+20 ^m	41°	Teruel	-10 ^m	40°5
Toledo	+1 ^m	40°	Valencia	-13 ^m	39°5
Valladolid	+4 ^m	41°5	Vitoria-Gasteiz	-4 ^m	43°
Zamora	+8 ^m	41°5	Zaragoza	-11 ^m	41°5

(a) Táboa 5: Correccións por lonxitude para os ortos e ocasos da Lúa. [83]

Corrección, en minutos, al orto y ocaso de la Luna en función de su declinación y de la latitud del lugar

δ _l (°)	Latitud, φ										
	28°	32°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°	44°
-30	-46	-33	-19	-15	-11	-6	-2	3	8	13	18
-27	-40	-29	-16	-13	-9	-5	-2	2	6	11	15
-24	-34	-25	-14	-11	-8	-5	-1	2	5	9	13
-21	-29	-21	-12	-9	-7	-4	-1	2	5	8	11
-18	-25	-17	-10	-8	-5	-3	-1	1	4	6	9
-15	-20	-14	-8	-6	-4	-3	-1	1	3	5	7
-12	-16	-11	-6	-5	-3	-2	-1	1	2	4	6
-9	-12	-8	-5	-4	-3	-2	0	1	2	3	4
-6	-8	-6	-3	-2	-2	-1	0	0	1	2	3
-3	-4	-3	-2	-1	-1	-1	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	4	3	1	1	1	0	0	0	-1	-1	-1
6	8	5	3	2	2	1	0	0	-1	-2	-3
9	12	8	5	4	3	2	0	-1	-2	-3	-4
12	16	11	6	5	3	2	1	-1	-2	-4	-6
15	20	14	8	6	4	3	1	-1	-3	-5	-7
18	24	17	10	8	5	3	1	-1	-4	-6	-9
21	29	21	11	9	6	4	1	-2	-5	-8	-11
24	34	24	14	11	8	5	1	-2	-5	-9	-13
27	40	28	16	12	9	5	2	-2	-6	-11	-15
30	46	33	18	15	10	6	2	-3	-7	-12	-18

(b) Táboa 6: Correccións por latitude para os ortos e ocasos da Lúa. [83]

Anexo B: Revistas astronómicas

Neste anexo presentamos as revistas da área da astronomía e astrofísica cun 2020 *Journal Impact Factor* (2020 JIF) superior a 5.0 e ordenadas de maior a menor 2020 JIF según *Journal Citation Reports* (<https://jcr.clarivate.com/jcr/home>):

- *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*
- *Astronomy and Astrophysics Review*
- *Living Reviews in Solar Physics*
- *Nature Astronomy*
- *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*
- *Astrophysical Journal Supplement Series*
- *Space Science Reviews*
- *Astrophysical Journal Letters*
- *Astronomical Journal*
- *Astrophysical Journal*
- *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*
- *Astronomy and Astrophysics*
- *Publications of the Astronomical Society of Australia*
- *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*
- *Physical Review D*
- *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*
- *Publications of the Astronomical Society of Japan*

Bibliografía

- [1] Kukso, F. (2003). Una constelación de marfil: el mapa estelar más antiguo *Página12*. <https://www.pagina12.com.ar/diario/suplementos/futuro/13-354-2003-02-01.html>
- [2] Fernandez P., I. e Docobo, J.A.. (2013). *As Matemáticas e a Astronomía en Galicia*. Universidade de Santiago de Compostela.
- [3] Sweatman, M. B. e Coombs. A. (2003). Decoding European Palaeolithic Art: Extremely Ancient knowledge of Precession of the Equinoxes. *Athens Journal of History*, 5, 1-30. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1806/1806.00046.pdf>
- [4] Symons, S. L. (2007). A Star's Year: The Annual Cycle in the Ancient Egyptian Sky. *Calendars and Years: Astronomy and Time in the Ancient World.*, Oxford. 1-33. <https://web.archive.org/web/20130615213439/http://www2.le.ac.uk/Members/sls25/paperstarsyear/>
- [5] Rogers, J. H. (1998). Origins of the ancient constellations: I. The Mesopotamian traditions. *Journal of the British Astronomical Association*, 108(1), 9-28. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1998JBAA..108....9R/abstract>
- [6] Brack-Bernsen, L. (2005). The “days in excess” from MUL.APIN. On the “first intercalation” and “water clock” schemes from MUL.APIN. *Centaurus*, 47(1), 1-29. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1600-0498.2005.00016.x?saml_referrer
- [7] Theobald, U. (13 de xuño de 2013). *Gan-Shi xing jing*. ChinaKnowledge.de - An Encyclopaedia on Chinese History, Literature and Art. <http://www.chinaknowledge.de/Literature/Daoists/ganshixingjing.html>
- [8] Seline, H. (2016). *Encyclopaedia of the History of Science, Technology and Medicine in Non-Western Cultures*. Springer Reference. https://books.google.es/books?id=GzjpCAAQBAJ&pg=PA342&lpg=PA342&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

- [9] Docobo, J.A. ¿Como medir el brillo aparente de una estrella? (2019). [Material de clase] *G1011443: Fundamentos da Astronomía*. Universidade de Santiago de Compostela.
- [10] Gorocica, F. (2000). *Almagesto*. WikiSource. Recuperado o día 12 de Maio de 2021 de <https://es.wikisource.org/wiki/Almagesto>
- [11] Arribas, A. (2012). Claudio Ptolomeo: el señor de los epiciclos. *Seminario de Historia de las Matemáticas*, Universidad Complutense de Madrid. <http://blogs.mat.ucm.es/shm/wp-content/uploads/sites/17/2012/05/Ptolomeo-2012.pdf>
- [12] Zahoor, A. (1997). *Abd Al-Rahman Al-Sufi (Azophi) (903 - 986 C.E.)*. ESO Search for Potential Astronomical Sites (ESPAS). <https://www.eso.org/gen-fac/pubs/astclim/espas/iran/sufi.html>
- [13] Ollagnier, C., Schvoerer, M. e Vidal, M. (2014). Le ciel de Samarcande, l'archéologie et le prince astronome Ulugh Beg (1394-1449). *Territori della Cultura*, 16, 18-26. https://www.academia.edu/30181439/Le_ciel_de_Samarcande_l_arch%C3%A9ologie_et_le_prince_astronome_Ulugh_Beg_1394_1449_
- [14] Fernández F. L. (2005). Las tablas astronómicas de Alfonso X El Sabio. Los ejemplares del Museo Naval de Madrid. *Anales de Historia del Arte*, 15, 29-50. <https://revistas.ucm.es/index.php/ANHA/article/view/ANHA0505110029A/31137>
- [15] Bachiller, R. (2009). *Astronomía: De Galileo a la exploración espacial*. Editorial Lunwerg.
- [16] Ridpath, I. (1988). *Bayer's Uranometria and Bayer letters*. Ian Ridpath's Star Tales. <http://www.ianridpath.com/startales/bayer.html>
- [17] Ridpath, I. (1988). *Flamsteed numbers — where they really came from*. Ian Ridpath's Star Tales. <http://www.ianridpath.com/startales/flamsteed.html>
- [18] Todd, I. (2020). *Messier Catalogue: the complete list*. BBC Sky at Night Magazine. <https://www.skyatnightmagazine.com/space-science/messier-catalogue/>
- [19] Messier, C. (1781). Catalogue des Nébuleuses et des amas d'Étoiles. *Connaissance des temps*, 1784, 227-267. <https://www.messier.seds.org/xtra/Mcat/mcat1781.html>
- [20] Vizier, R. (s.d.). *Bonner Durchmusterung (Argelander 1859-1903)*. Recuperado o 1 de Xullo de <https://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR?-source=I/122>

- [21] Fowler, A. (1892). The Draper Catalogue of Stellar Spectra. *Nature*, 45, 427–428. <https://www.nature.com/articles/045427a0>
- [22] Lankford, J. (1996). *History of Astronomy: An Encyclopedia*. Publicado por Routledge.
- [23] Ling, J.F. Parámetros estelares e magnitudes (2019). [Material de clase] *G1011443: Fundamentos da Astronomia*. Universidade de Santiago de Compostela
- [24] Pickering, E. C. (1998). Revised Harvard Photometry: a catalogue of the positions, photometric magnitudes and spectra of 9110 stars, mainly of the magnitude 6.50, and brighter observed with the 2 and 4 inch meridian photometers. *Annals of the Astronomical Observatory of Harvard College*, 50. <http://articles.adsabs.harvard.edu/full/1908AnHar...50....1P/0000006.000.html>
- [25] Hoffleit, D. e Warren, W. H., Jr. (1995). Bright Star Catalogue, 5th Revised Ed. *VizieR On-line Data Catalog: V/50*. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1995yCat...5050....0H/abstract>
- [26] Smithsonian Astrophysics Observatory Telescope Data Center. (s.d.). *SAO Star Catalog*. <http://tdc-www.harvard.edu/catalogs/sao.html>
- [27] Barry M. Lasker. et al. (1990). The Guide Star Catalog. I. Astronomical Foundations and Image Processing. *The Astronomical Journal*, 99(6), 2019-2058. <http://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/1990AJ.....99.2019L>
- [28] Barry M. Lasker. et al. (1990). The Guide Star Catalog. II - Photometric and astrometric models and solutions. *The Astronomical Journal*, 99(6), 2059-2081. <http://adsabs.harvard.edu/full/1990AJ.....99.2059R>
- [29] Space Telescope Science Institute. (10 de abril de 2016). *GSC-1*. <https://gsss.stsci.edu/Catalogs/GSC/GSC1/GSC1.htm>
- [30] Barry M. Lasker. et al. (2008). The Second-Generation Guide Star Catalog: Description and Properties. *The Astronomical Journal*, 136(2), 735-766. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2008AJ....136..735L/abstract>
- [31] Monet, David G. et al. (2003). The USNO-B Catalog. *The Astronomical Journal*, 125, 984-993. <https://iopscience.iop.org/article/10.1086/345888/pdf>
- [32] Zacharias, N.; Urban, S. E. et al. (2000). The First US Naval Observatory CCD Astrograph Catalog. *The Astronomical Journal*, 120, 2131-2147. <https://iopscience.iop.org/article/10.1086/301563/pdf>

- [33] Smithsonian Astrophysics Observatory Telescope Data Center. (s.d.). *The Second US-NO CCD Astrograph Catalog*. <http://tdc-www.harvard.edu/software/catalogs/ucac2.html>
- [34] Smithsonian Astrophysics Observatory Telescope Data Center. (s.d.). *The Third US-NO CCD Astrograph Catalog*. <http://tdc-www.harvard.edu/catalogs/ucac3.html>
- [35] Zacharias, N. et al. (2012). The Fourth US Naval Observatory CCD Astrograph Catalog (UCAC4) *The Astronomical Journal*, 145. <https://arxiv.org/pdf/1212.6182.pdf>
- [36] Infrared Processing and Analysis Center (1 de Fevereiro de 2006). *A Brief Explanation of 2MASS*. The Two Micron All Sky Survey at IPAC. <https://old.ipac.caltech.edu/2mass/overview/about2mass.html>
- [37] Zacharias, N. et al. (2015). The First U.S. Naval Observatory Robotic Astrometric Telescope Catalog *The Astronomical Journal*, 150. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0004-6256/150/4/101/pdf>
- [38] Naval Oceanography Portal. (2008). *The NOMAD Catalog*. <https://www.usno.navy.mil/USNO/astrometry/optical-IR-prod/nomad>
- [39] European Space Agency (ESA). (1997). *The Hipparcos and Tycho Catalogues*. ESA. https://www.cosmos.esa.int/documents/532822/552851/vol1_all.pdf
- [40] Perryman, M. A. C., Lindegren, L., Kovalevsky, J., Hoeg, E., Bastian, U. e Bernacca, P. L. (1997). The HIPPARCOS Catalogue. *Astronomy and Astrophysics*, 323, 49-52. <http://articles.adsabs.harvard.edu//full/1997A%26A...323L..49P/L000049.000.html>
- [41] E. Høg, C. Fabricius et al. (2000). The Tycho-2 Catalogue of the 2.5 million brightest stars *Astronomy and Astrophysics*, 355, 27-30. <http://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/2000A%26A...355L..27H>
- [42] Gaia Collaboration. (2016). The Gaia mission. *Astronomy and Astrophysics*, 595. <https://www.aanda.org/articles/aa/pdf/2016/11/aa29272-16.pdf>
- [43] Gaia Collaboration. (2018). Gaia Data Release 2. *Astronomy and Astrophysics*, 616. <https://www.aanda.org/component/article?access=doi&doi=10.1051/0004-6361/201833051>

- [44] Gaia Collaboration. (2020). *Gaia Early Data Release (Gaia EDR3)*. <https://www.cosmos.esa.int/web/gaia/earlydr3>
- [45] Fricke, W. (1999). Fundamental catalogues, past, present and future *Celestial Mechanics*, 36, 207-239. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1985CeMec...36..207F/abstract>
- [46] Wielen, R., Schwan, H. et al. (1999). Sixth Catalogue of Fundamental Stars (FK6). Part I. Basic fundamental stars with direct solutions. *Veroeff. Astron. Rechen-Inst. Heidelberg*, 35. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1999VeARI...35....1W/abstract>
- [47] Wielen, R.; Schwan, H. et al. (1998). The Sixth Catalogue of Fundamental Stars (FK6) and the problem of double stars. *Acta Historica Astronomiae*, 3, 123-132. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1998AcHA....3..123W/abstract>
- [48] Docobo, J.A. (s.d.). *A Escola Galega das Estrelas Dobres*. <https://www.usc.gal/astro/dobres/index.htm>
- [49] Mason, Brian D., Wycoff, Gary L., Hartkopf, William I., Douglass, Geoffrey G. e Worley, Charles E. (2001). The 2001 US Naval Observatory Double Star CD-ROM. I. The Washington Double Star Catalog. *The Astronomical Journal*, 122(6), 3466-3471. <https://iopscience.iop.org/article/10.1086/323920>
- [50] Docobo, J. A., Andrade, M., Campo, P.P. e Ling J.F. (2016). A 3D model for α Gem AB: orbits and dynamics. *Astrophysics and Space Science*, 361(46), 1-12. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2016Ap%26SS.361...46D/abstract>
- [51] Matson, R. A., Williams, S. J., Hartkopf, W. I. e Mason, B. D. (2001). *Sixth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars*. Georgia State University. Recuperado o 17 de xuño 2021 de <http://www.astro.gsu.edu/wds/orb6.html>
- [52] Hartkopf, William I., Mason, Brian D. e Harold A. McAlister. (2018). *Fourth Catalog of Interferometric Measurements of Binary Stars*. Georgia State University. <http://www.astro.gsu.edu/wds/int4.html>
- [53] Docobo, J. A., Ling, J. F., Prieto, C., Costa, J. M., Costado, M. T. e Magdalena, P. (2001). Catalog of Orbits and Ephemerides of Visual Double Stars. *Acta Astronomica*, 51, 353-356. https://www.researchgate.net/publication/234410516_Catalog_of_Orbits_and_Ephemerides_of_Visual_Double_Stars

- [54] Docobo, J. A., Ling, J. F. e Campo, P.P. (2013). *Catálogo de Órbitas e Efemérides de Estrelas Dobres Visuais*. Observatorio Astronómico Ramón María Aller. <https://www.usc.gal/astro/catalogo.htm>
- [55] Pourbaix D., Tokovinin A.A, Batten A.H., Fekel F.C., Hartkopf W.I., Levato H., Morell N.I., Torres G., Udry S. (2004). SB9: The ninth catalogue of spectroscopic binary orbits. *Astronomy and Astrophysics*, 424, 727-732. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2004A%26A...424..727P/abstract>
- [56] American Association of Variable Star Observers (AAVSO). (2013). *AAVSO Manual for Visual Observing of Variable Stars*. AAVSO. https://www.aavso.org/sites/default/files/publications_files/manual/english_2013/EnglishManual-2013.pdf
- [57] Samus N.N., Durlevich O.V., Kazarovets E V., Kireeva N.N. e Pastukhova E.N. (2017). General Catalogue of Variable sStars: Version GCVS 5.1. *Astronomy Reports*, 61(1),80-88. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2017ARep...61...80S/abstract>
- [58] Tamazian, V. S. e Malkov, O. Yu. (2014). Catalog of Binary UV Ceti Type Flare Stars. *Acta Astronomica*, 64(4),359-369. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2014AcA...64..359T/abstract>
- [59] Malkov, O. Yu., Oblak, E., Snegireva, E. A. e Torra, J. (2006). A catalogue of eclipsing variables (2006). *Astronomy and Astrophysics*, 446(2), 785-789 <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2006A%26A...446..785M/abstract>
- [60] Kukarkin B.V. et. al. (1982). *New Catalogue Of Suspected Variable Stars. The Improved Version*. Institute of Astronomy of Russian Academy of Sciences and Sternberg State Astronomical Institute of the Moscow State University. <http://www.sai.msu.su/groups/cluster/gcvs/gcvs/nsv/readme>
- [61] D. J. Armstrong et. al. (2015). K2 Variable Catalogue: Variable stars and eclipsing binaries in K2 campaigns 1 and 0. *Astronomy Astrophysics*, 579(19). <https://www.aanda.org/articles/aa/pdf/2015/07/aa25889-15.pdf>
- [62] Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Warszawskiego (OAUW). (s.d.). *Catalogues*. <http://www.astro.uw.edu.pl/asas/?page=catalogues>
- [63] Bellido, P. (29 de novembro de 2017). *El Observatorio de París (I)*. Otros Mundos. <https://pacobellido.naukas.com/2017/11/29/el-observatorio-de-paris/>

- [64] Picard, J-F. et. al. (1679). *La connoissance des temps. Ou calendrier et ephemeris-du lever et coucher du Soleil, de la Lune et des autres Planetes. Avec les eclipses porl'Année M.DC.LXXIX*. Academie Royale Des Sciences. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6506709d?rk=21459;2>
- [65] De Lalande, J.J. et. al. (1769). *Connoissance des Temps pour l'Année Commune 1769*. Academie Royale Des Sciences. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k65057968/>
- [66] Bellido, P. (21 de febreiro de 2017). *El Observatorio Real de Bélgica*. Otros Mundos. <https://pacobellido.naukas.com/2017/02/21/observatorio-de-bruselas/>
- [67] Quetelet, A. (1836). *Annuaire de l'Observatoire Royal de Bruxelles pour l'année 1836*. L'Academie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique. <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=nyp.33433084021611&view=1up&seq=13>
- [68] Observatoire royal de Belgique. (2021). *Annuaire de l'observatoire royal de belgique*. https://www.astro.oma.be/common/pdf/ybook/yearbook_2021.pdf
- [69] Bellido, P. (4 de setembro de 2020). *El Observatorio Astronómico de Brera*. Otros Mundos. <https://pacobellido.naukas.com/2020/09/04/el-observatorio-de-brera/>
- [70] Carpino, M. (2010). Breve storia dell'Osservatorio Astronomico di Brera attraverso i suoi strumenti. *Materiale didattico del Osservatorio Astronomico di Brera*. http://www.brera.mi.astro.it/~mario.carpino/didattica/Breve_storia_Brera.pdf
- [71] Alves I. (s.f.). *História*. Observatorio Geofísico e Astronómico da Universidade de Coimbra. <https://www.uc.pt/org/observatorio/historia>
- [72] Lafuente, Antonio; Sellés, Manuel A. (1988). *El Observatorio de Cádiz (1753-1831)*. Ministerio de Defensa.
- [73] Docobo, J.A., Ponte, F.J., Fernández, I., Campo, P.P. e González, J.R. (2020). *El legado científico de las Fuerzas Armadas en Galicia y de los gallegos pertenecientes a las Fuerzas Armadas*. Universidade de Santiago de Compostela.
- [74] F. J. González González. (1992). *El Observatorio de San Fernando (1831-1924)*. Ministerio de Defensa.
- [75] F. J. González González. (2004). *El Observatorio de San Fernando en el siglo XX*. Ministerio de Defensa.

- [76] Subdirección General de Publicaciones y Patrimonio Cultural. (s.d.). *Almanaque Náutica para PC 2010-2020 (CD-ROM)*. <https://publicaciones.defensa.gob.es/almanaque-nautico-para-pc-2010-2020-cd-rom.html>
- [77] Lopez Arroyo, Manuel (2004). *Real Observatorio Astronómico de Madrid (1785-1975)*. Centro Nacional de Información Geográfica. Instituto Geográfico Nacional.
- [78] Rolland, E. (10 de Outubro de 2017). José Rodríguez: o matemático galego que definiu o metro. *GCiencia*. <https://www.gciencia.com/historias-gc/jose-rodriguez-matematico-galego-metro/>
- [79] Observatorio Astronómico de Madrid. (1823). *Calendario del año bisiesto de 1824. Año Santo, y de Jubileo en la Sta. Iglesia Metropolitana de Santiago para toda Galicia*. Imprenta de D. Manuel María Vila.
- [80] Camargo, C. e Camargo, M. A. (s.d.). *Apuntes Biográficos*. Fundación Domingo Fontán. <http://www.fundaciondomingofontan.es/domingo-fontan.html>
- [81] Planesas P. (2019). El Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid. *Anuario del Observatorio Astronómico 2020*, 373-401.
- [82] Docobo, J.A. Práctica: Anuario do Observatorio de Madrid. (2019). [Material de clase] *G1011443: Fundamentos da Astronomía*. Universidade de Santiago de Compostela
- [83] Real Observatorio de Madrid (2020) *Anuario del Observatorio Astronómico 2021*.
- [84] Instituto Geográfico Nacional. (s.f.). *Anuario Astronómico. Artículos de divulgación publicados en los últimos años..* Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. <https://astronomia.ign.es/anuario-astronomico#1994-2004>
- [85] Ponz, J. D. e De la Fuente, A. (1996). Internet en Astronomía. *Boletín de RedIRIS*, 36-37. <https://www.rediris.es/difusion/publicaciones/boletin/36-37/enfoque1.html>
- [86] Université de Strasbourg/CNRS. (s.d.). *What is SIMBAD ?*. Simbad: Introduction. <http://simbad.u-strasbg.fr/guide/simbad.htx>
- [87] Université de Strasbourg/CNRS. (s.d.). *VizieR basic tutorial*. VizieR. <http://cds.u-strasbg.fr/tutorials/pdf/vizier-basic-tutorial.pdf>
- [88] Université de Strasbourg/CNRS. (s.d.). *VizieR advanced tutorial*. VizieR. <http://cds.u-strasbg.fr/tutorials/pdf/vizier-advanced-tutorial.pdf>

- [89] The SAO/NASA Astrophysics Data System (s.d.). *ADS History*. Astrophysics Data System. <https://ui.adsabs.harvard.edu/about/history/>
- [90] The SAO/NASA Astrophysics Data System (s.d.). *ADS Help Pages*. Astrophysics Data System. <https://ui.adsabs.harvard.edu/help/>
- [91] Cornell University. (s.d.). *About arXiv*. arXiv.org. <https://arxiv.org/about>
- [92] Cornell University. (s.d.). *2020 Annual Report Now Available*. blog.arXiv.org. <https://indd.adobe.com/view/fdd63397-e4b0-41af-b479-4845dc1ef48e>
- [93] Cornell University. (s.d.). *Current arXiv moderators*. arXiv.org. <https://arxiv.org/moderators/>
- [94] Perelman, G. (2002). The entropy formula for the Ricci flow and its geometric applications. *arXiv:math/0211159* <https://arxiv.org/abs/math/0211159>
- [95] Manteiga, M. (17 de xuño de 2021). Exoplanetas: O desafío da busca de vida máis alá do Sistema Solar. *II Ciclo Aida Fernández Ríos*. Conferencia levada a cabo pola Real Academia Galega das Ciencias. <https://www.youtube.com/watch?v=Xlc829Mj6JA>
- [96] Akeson, R. L et. al. (2013). The NASA Exoplanet Archive: Data and Tools for Exoplanet Research. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 125(930), 989-999. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2013PASP..125..989A/abstract>
- [97] NASA Exoplanet Science Institute (s.d.). *How to Search for Archive Holdings*. NASA Exoplanet Archive. https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/docs/inventory_help.html
- [98] NASA Exoplanet Science Institute (s.d.). *About the Planetary Systems Composite Planet Data Table*. NASA Exoplanet Archive. https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/docs/pscp_about.html
- [99] Docobo, J.A. Ecuación de Kepler (2019). [Material de clase] *G1011443: Fundamentos da Astronomía*. Universidade de Santiago de Compostela

(Entradas bibliográficas ordenadas por orde de aparición no texto da información referenciada)