

Setestrela

Revista de astronomía do IES Marco do Camballón

A lúa ao alcance

Como estimar parámetros relevantes do noso satélite



Variables cataclísmicas

O Neno das Estrelas:
visións cosmolóxicas

A distancia ao ceo

ABRIL 2021. VOLUME 1

SETESTRELO

PUBLICACIÓN ASTRONÓMICA DO IES MARCO DO CABBALLÓN

SETESTRELO

Abril 2021. Volume 1

Setestrelo é a publicación astronómica do IES Marco do Camballón (Vila de Cruces, Pontevedra). De carácter anual, está aberta a artigos de investigación suxeitos ás esixencias profundidade, rigor e forma (metodolóxica e expositiva) propias dos estándares habituais do ámbito académico.

EDICIÓN	Departamento de matemáticas
REVISIÓN LINGÜÍSTICA	Departamento de Lingua e Literatura Galega
DESEÑO E IMPRESIÓN	Sacauntos S. Coop. Galega Santiago de Compostela

Os textos contidos neste volume poden ser difundidos, dados a coñecer e transmitidos en calquera medio ou ámbito comunicativo e da información, sempre que se respecte con veracidade o traballo autorial e non se persigan fins comerciais.

SETESTRELO

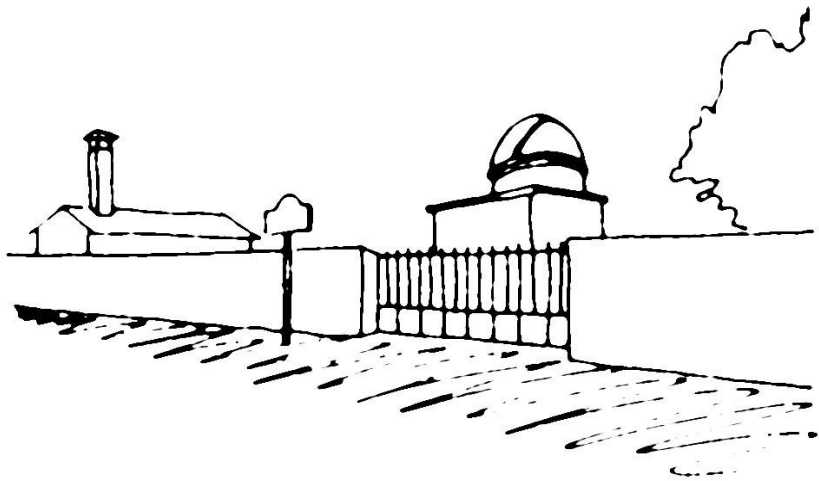
PUBLICACIÓN ASTRONÓMICA DO IES MARCO DO CABBALLÓN

Abril 2021. Volume 1



Índice

<i>Limiar</i>	7
<i>Variábeis Cataclísmicas</i>	9
Ana Ulla Miguel	
<i>Técnica para o cálculo da altura de montañas lunares</i>	23
Paula Vilar e Carla Verde	
<i>Cálculo do radio da Lúa</i>	31
Iñaki Datorre e Xavier Vila	
<i>Estimación da distancia ás estrelas.</i>	
<i>Fabricando unha estrela artificial</i>	35
David Vázquez, Christian Otero e Marta Pereiro	
<i>Estudo da idade da superficie lunar</i>	41
Noa Guzmán e Raquel López	
<i>Velocidade de rotación do Sol a través de manchas solares</i>	49
Nuria Torres, Xiana Silva, Iker Álvarez, Almudena Moreira e Iván Castro	
<i>Catálogos astronómicos</i>	57
Noa Guzmán, Raquel López, Iñaki Datorre	
<i>Entrevista. Ramón Iglesias Marzoa, investigador do CEFCA</i>	63
Marta Pereira, Carla Verde e Paula Vilar	
<i>Gaming e astronomía. Unha panorámica</i>	79
David vázquez, Christian Otero e Xabier Vila	
<i>O neno das estrelas</i>	87
<i>Conxecturas sobre o Universo. Que é o Universo?</i>	89
José María López	



Observatorio do Couto da Zarragrande (Vila de Cruces).
Ilustración: José Manuel Iglesias García

Limiar

Non son bos tempos na Terra.

Durante o último ano, a pandemia da COVID-19 mudou as nosas prioridades, formas de relación e hábitos. Por momentos parece que a saída a esta situación está preto, á volta de poucos meses, pero, de súpeto, algo se complica e sentimos que a solución queda aínda a algúns anos-luz. A ciencia dará coas respostas, iso sabémo-lo, e todo será máis doado coa responsabilidade colectiva.

No entanto, o ceo segue enriba. Aí todo pasa como se espera. Nada interrompe as eclipses, a viaxe dos cometas ou as colisións de asteroides. Os buratos negros seguen a engolir volumes inxentes de materia; millóns de estrelas esmorecen e entran na fase última da súa evolución; tamén os exoplanetas orbitan as súas estrelas sen ter noticia do que nos estar a pasar. Sempre nos podemos refuxiar no ceo, por máis que os momentos sexan duros. Podemos saír á ventá e seguir o curso dos planetas durante noites consecutivas. Para iso non precisamos de instrumentos ópticos. Tampouco son necesarios se contemplamos a Vía Láctea, a nosa galaxia, atravesando o ceo de parte a parte. A Lúa, tan preto, tampouco deixa de fascinarnos.

Para iso Vila de Cruces é un lugar privilexiado. Atópase en boa localización para a observación astronómica, con índices de contaminación lumínica baixos ou aceptabelmente baixos. Por outra banda, o observatorio do Couto da Zarragrande, fundado por José María López Pérez, alcumado *O neno das estrelas*, é un elemento singular do patrimonio. Construído durante a década de 1990, levou aparelado unha intensa actividade divulgadora, coa constitución da Agrupación Astronómica Aller e a edición de *Astronomía Amateur. Revista de divulgación astronómica*, unha publicación sostida coas contribucións das asociadas/os e patrocinadores. Co pasamento do fundador, a actividade do observatorio decaeu e, na actualidade, atópase en situación de deterioro. Con todo, estamos a falar cun rico e pouco frecuente patrimonio astronómico que cómpre valorizar.

Dito patrimonio é de dobre natureza: material, caso propio do observatorio, e inmaterial, se reparamos na razonábel calidade que o ceo cruceño ofrece para a práctica da astronomía.

Coa publicación desta nosa revista, SETESTRELO, O IES Marco do Camballón quere recoñecer a labor pioneira de José María López Pérez e continuar os seus pasos no camiño da divulgación astronómica. Buscamos manter vivo o seu legado e participar da seguinte xeración cruceña de astrónomas/os afeccionadas/os.

O contido de SETESTRELO foi elaborado polo alumnado da materia de libre configuración *Iniciación á astronomía* durante os cursos 2019-20 e 2020-21.

Variábeis Cataclísmicas

Ana Ulla Miguel

ÁREA DE ASTRONOMÍA E ASTROFÍSICA,
DEPARTAMENTO DE FÍSICA APLICADA,
UNIVERSIDADE DE VIGO

Dúas estrelas que nacen e evolucionan xuntas constitúen un sistema binario ou estrela binaria. O seu estudo é moi importante en astrofísica porque permite, entre outros parámetros, obter información das masas e estado evolutivo do sistema. Unha variábel cataclísmica sería un caso particular de binaria interactiva, con intercambio de materia dentro do sistema.

Este traballo amosa un resumo de propiedades e características destes obxectos variábeis e correspóndese con outro, As variábeis cataclísmicas. Un caso particular de sistemas binarios, orixinariamente publicado en 1999 en *Astronomía Amateur. Revista de divulgación astronómica* (nr. 5 - 1º semestre, p. 8-10), editada por José María López, presidente da Agrupación Astronómica ALLER de Vila de Cruces.

Todo no universo está conectado. A maioría de elementos químicos que constitúen a materia son fabricados polas estrelas. As partículas subatómicas elementais son as mesmas que están na base de todo o coñecido, a todas as escalas. O universo mesmo, hai uns 13.700 millóns de anos e de acordo coa Teoría do Big Bang, foi por un tempo de tamaño subatómico. Así, entender a evolución físico-química das estrelas que nacen, evolucionan e morren ao longo de millóns de anos, é fundamental para entender a natureza do universo e a súa evolución.

As estrelas poden nacer illadas, en pares binarios, en sistemas múltiples ou en grandes cúmulos (globulares ou estelares) con centos ou milleiros de estrelas. O estudo dos sistemas binarios en particular é de grande importancia en astrofísica porque, baixo determinadas circunstancias, permite obter información precisa non só dos parámetros orbitais do sistema, senón tamén das masas e o estado

evolutivo das dúas estrelas que o compoñen. Nalgúns casos, as estrelas interactúan transferindo materia entre elas e/ou con expulsión fóra do sistema, e ditos sistemas *interactivos* constitúen valiosos laboratorios de estudo destes fenómenos que poden ser dos máis enerxéticos do universo.

As *variabeis cataclísmicas* son un interesante caso particular de sistemas binarios interactivos.

Sistemas Binarios

Un sistema estelar binario, tamén chamado *estrela binaria*, é aquel constituído por dúas estrelas ligadas gravitatoriamente de maneira estábel e que seguen órbitas elípticas arredor dun centro de masas común, ou baricentro, como amosa esquemáticamente a Figura 1. Con axuda das observacións astronómicas axeitadas, aplicando as Leis de Kepler e con cálculos matemáticos relativamente sinxelos é posíbel obter valiosa información, entre outros parámetros, sobre a masa do sistema, M , definida como a suma das masas estelares ($M=m_A+m_B$, no esquema).

A masa é un parámetro físico crucial xa que a evolución, e polo tanto o tempo total de vida e diversos estados polos que pasa unha estrela, dependen da súa masa. Así, a maioría de estrelas son coma o noso Sol, de baixa masa ou intermedia, e despois duns aproximadamente 10.000 millóns de anos de vida total, morrerán en forma de *nebulosa planetaria*, deixando unha *anana branca* como residuo do núcleo estelar inicial. Por outra banda, moi poucas estrelas nacen moito máis masivas có Sol, pero teñen vidas curtas e morren estoupando coma *supernovas*, deixando un *burato negro* ou unha *estrela de neutróns* como residuo central.

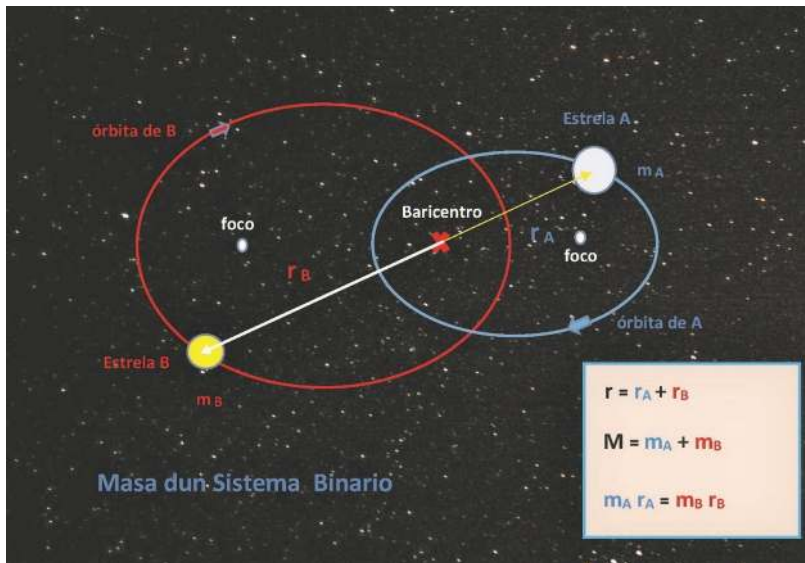


Figura 1: Esquema dun sistema binario, onde a masa total do sistema, M , defínese como a suma das masas das estrelas A e B integrantes do sistema ($M = m_A + m_B$), as cales orbitan arredor dun centro de masas, ou baricentro, común. Crédito: Benigno González.

Unha maneira de clasificar os sistemas binarios ten que ver coa técnica de observación empregada para detectalos; así, clasifícanse en binarias *visuais*, *espectroscópicas*, *eclipsantes*, *astrométricas* ou *atípicas*. William Herschel (1738-1822), mediante a realización de observacións sistemáticas, compilou un dos primeiros catálogos de binarias visuais, o cal incluía 703 sistemas.

Outra maneira de clasificar as binarias atende á existencia ou non de intercambio de materia entre as compoñentes do par, no momento en que son observadas. As denominadas *binarias abertas* (wide binaries, en inglés) son sistemas estelares coas dúas estrelas ben separadas orbitalmente e que en xeral non interactúan. Pola maior parte das súas vidas non evolucionan, polo tanto, de xeito significativamente diferente a como o farían dúas estrelas independentes, coas súas mesmas masas; isto é, a evolución dun membro do sistema non influencia á do outro. Este tipo de binarias teñen períodos orbitais típicos de meses ou anos.

Pero se as dúas compoñentes dunha binaria están suficientemente preto, é posíbel que unha parte de materia dalgunha delas sexa in-

tercambiada coa outra e neste caso o sistema chamase *binaria pechada* (close binary). En moitas ocasións este intercambio prodúcese mediante un *disco de acrecentamento*. Que ambas estrelas se atopen o suficientemente preto quere dicir, en termos físicos, que a separación orbital entre ambas non sexa moi diferente dos seus raios estelares. O obxecto que recibe a materia adóitase denominar *estrela primaria* e o que doa materia, dende as súas capas máis externas, *estrela secundaria*. Aquelas binarias nas que a primaria é un obxecto compacto (tipo anana branca, estrela de neutróns ou burato negro) denomínanse *binarias compactas*. Entre estas, no caso concreto de que teñamos unha anana branca acrecentando materia procedente dunha compañeira secundaria *normal*, isto é, nun estado evolutivo similar ao do noso Sol (tamén chamadas estrelas da *secuencia principal*), tales sistemas binarios denomínanse *variábeis cataclísmicas*.

Lóbulos de Roche

Como xa dixemos, a forza básica que actúa entre os dous membros dunha binaria é a atracción gravitatoria e en xeral as órbitas das estrelas son elípticas. Pero no caso de binarias pechadas as forzas de marea, que tamén actúan no sistema, teñen o efecto de *regularizar* as órbitas e facer que ambas estrelas co-roten sincronamente co período orbital do sistema. Un exemplo paradigmático deste fenómeno é o movemento da Lúa, en órbita circular con respecto da Terra, e polo cal sempre vemos a súa mesma cara: a Lúa tarda uns 27,32 días en rodear ao noso planeta, e o mesmo tempo en dar unha volta de rotación sobre si mesma.

A dinámica dunha binaria pechada pódese describir en termos do chamado *problema restrinxido dos tres corpos*, no que dous corpos masivos movéndose en órbitas circulares arredor do seu centro de masas, exercen atracción gravitatoria sobre unha partícula de masa infinitesimal pero non son atraídos por ela. Pódense así calcular as posíbeis traxectorias desta partícula dadas, para unha certa

época, a velocidade e coordenadas do sistema. Nesta aproximación, a unha certa distancia de cada estrela vai existir matematicamente unha superficie que se intersecta a si mesma no chamado *punto interno de Lagrange* (ou L1) e que define dous volumes, un arredor de cada estrela, chamados *Lóbulos de Roche*. Estes lóbulos son moi importantes porque limitan o volume máximo ata o que pódese estender cada atmosfera estelar sen que se perda materia dela cara a outra estrela do sistema.

A solución matemática completa determina as posicións dos 5 puntos de Lagrange (de L1 a L5) onde a masa infinitesimal permanecería estacionaria con relación aos outros dous corpos masivos. A Figura 2 amosa un esquema dos Lóbulos de Roche e puntos de Lagrange para un sistema binario con *razón de masas*, $q = (m_A/m_B) = 3$.

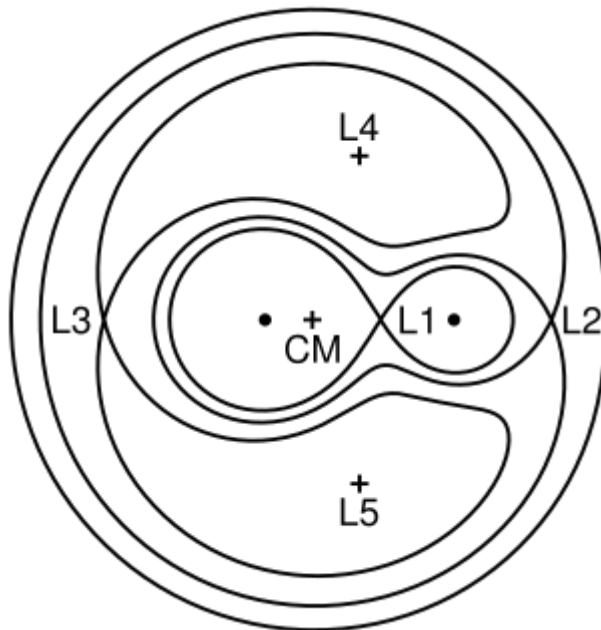


Figura 2: Lóbulos de Roche e puntos de Lagrange (L1 a L5) para unha binaria pechada con razón de masas $q = (m_A/m_B) = 3$. Os puntos negros marcan as posicións das estrelas A e B, e a cruz central (CM) a do centro de masas, ou baricentro, do sistema. L1 en particular corresponde ao punto interno de Lagrange. Crédito: Philip D. Hall / CC BY-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>)

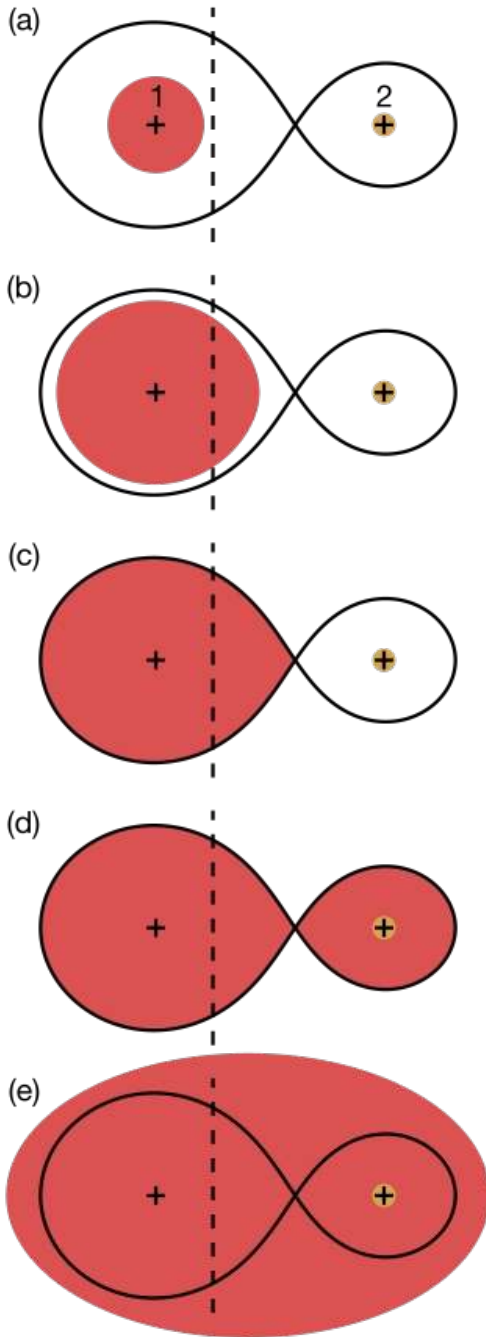


Figura 3: Esquema da evolución dunha estrela binaria inicialmente separada (a, b), que pasa polos estados de binaria semi-separada (c) e de contacto (d), ata rematar cunha envoltura circumestelar (e). A liña vertical punteada marcaría a posición do eixo de rotación do sistema. Tamén indícanse (liña curva continua) os Lóbulos de Roche de cada compoñente. Crédito: Philip D. Hall / CC BY-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>)

Na evolución das súas vidas as estrelas pódense chegar expandir moito (por exemplo, cando o Sol, dentro duns 5.000 millóns de anos, pase do seu estado actual na secuencia principal ao estado de *xigante vermella*) e polo tanto, dentro dun sistema binario pechado, é moi frecuente que material orixinariamente ligado a unha das estrelas flúa a través do punto L1 e pase a orbitar arredor da outra. Tamén é relativamente frecuente que unha certa cantidade de material abandone a ambas estrelas e orbite (a través do punto externo L2) ao sistema no seu conxunto, constituíndo o que se coñece como unha *envoltura circumestelar*.

Un sistema binario pechado sub-clasifícase como *separado* (detached) cando ningunha das compoñentes enche o seu lóbulo de Roche correspondente; *semi-separado* se unha delas o enche e a outra non; e trátase dun *sistema de contacto* se ambas as dúas estrelas enchen os seus lóbulos. A Figura 3 inclúe un esquema de evolución binaria, dende un sistema orixinariamente separado (a e b, no esquema), ata unha situación de envoltura circumestelar (e), pasando polos estados de binaria semi-separada (c) e de contacto (d).

Variábeis cataclísmicas

Chegados a este punto, podemos redefinir unha variábel cataclísmica (VC) como un sistema binario pechado compacto e semi-separado, onde unha estrela normal, ou da secuencia principal, enchendo o seu lóbulo de Roche, cede materia da súa atmosfera a unha anana branca a través do punto interno de Lagrange L1. Os períodos orbitais neste caso adoitan ser de soamente unhas horas –e para algunhas VCs particulares, de só varios minutos-. Nos casos en que a anana branca (estrela primaria) non posúe un campo magnético, e polo tanto a VC en cuestión é *non-magnética*, o acrecentamento de materia realízase a través dun disco de acrecentamento (accretion disk, en inglés), como se pode ver na Figura 4.

As VCs amosan características observacionais moi espectaculares, comezando por variacións usualmente periódicas no seu brillo

ou luminosidade, nalgúns casos de grande intensidade (varias magnitudes). Crese que as maiores variacións de brillo están asociadas a estoupidos por acumulación de material sobre a anana branca despois que é sobrepasado un certo límite na cantidade de materia acrecentada. Isto coñécese como o *comportamento eruptivo* das VCs. De feito, o nome de VC, concedido no século XIX, orixinouse a causa de ditas variacións que, acontecendo repentinamente, suxerían a existencia de *cataclismos* nos sistemas observados. Hoxe en día sábese que as VCs amosan variacións no seu comportamento (fotométricas e espectroscópicas) a todas as escalas de tempo, dende milisegundos ata anos. Estas variacións están maioritariamente asociadas, de varios xeitos, coa transferencia e acrecentamento de materia no seu percorrido dende a estrela secundaria ata a anana branca, aínda que algunhas variacións no brillo son de natureza xeométrica (por exemplo pola ocultación, ou eclipse, da primaria pola secundaria no seu percorrido orbital).

A Figura 4 amosa esquematicamente o aspecto que se supón que ten unha VC non-magnética. As partes que a integran, ademais da anana branca (en inglés *white dwarf*) e a secundaria (*secondary*), son: un disco de acrecentamento (*accretion disc*) chan e xeometricamente delgado, un chorro de materia que dende a secundaria atravesa o punto L1 e incide no punto quente (*hot spot*) do borde do disco, e unha capa límite (*boundary layer*) arredor da anana branca, onde teñen lugar os procesos máis enerxéticos de interacción entre o material que chega ao borde mais interno do disco e a atmosfera da estrela primaria. Nesta capa límite xéranse emisións de raios-X e ultravioleta (UV) en cantidades significativas como resultado da interacción. A secundaria enche completamente o seu lóbulo de Roche, pero non así a anana branca primaria.

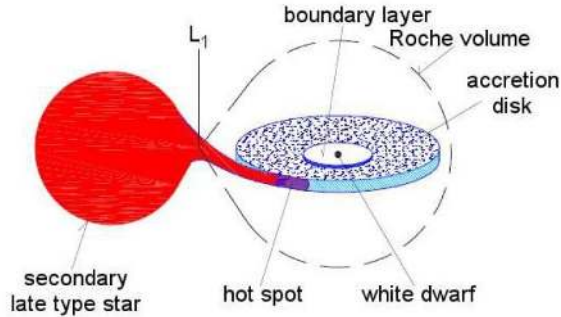


Figura 4: Esquema dunha variábel cataclísmica non magnética. A estrela doadora (secondary) transfere materia, a través de L_1 , mediante un disco (accretion disk) arredor da primaria (white dwarf), a cal non enche o seu lóbulo de Roche (Roche volume). O punto onde o chorro de materia procedente da secundaria impacta o disco de acrecentamento denomínase punto quente (hot spot), e a zoa de transición entre a cara interna do disco e a atmosfera da anana branca denomínase capa límite (boundary layer). Crédito: F. Giovannelli, 2008 (Chinese Journal of Astronomy & Astrophysics Supplement, Vol. 8, p. 237-258).

De acordo con esta figura tamén podemos dar unha idea aproximada das dimensións relativas das diferentes partes do sistema, tendo en conta as seguintes consideracións: posto que unha anana branca ten un radio de, como máximo, uns poucos milleiros de quilómetros, resultaría un obxecto moi pequeno vista dende a estrela secundaria e, polo tanto, afundida na zona máis interna do disco, cuxo diámetro tampouco difire moito do da estrela secundaria. Así, tipicamente, unha VC en conxunto ten dimensións menores cas do sistema Terra-Sol.

Os primeiros intentos de clasificación das VCs en varias subcategorías baséanse na periodicidade (ou *recorrenza*) das erupcións observadas ou, equivalentemente, na morfoloxía das súas *curvas de luz* que corresponden ao rexistro da luminosidade observada dos sistemas co tempo. Así coñécense catro grupos principais: as *novas clásicas* (classical novae) cuxa recorrenza é descoñecida; as *novas recorrentes* (recurrent novae) con períodos de recorrenza de anos ou meses; as *novas ananas* (dwarf novae), con recorrenzas tipicamente de meses ou semanas pero con intensidades nos cambios de brillo menores; e os *obxectos tipo-nova* (nova-like objects), que

amosan características moi semellantes ás das novas ananas pero que non se teñen observado en erupción aínda que si amosan *transicións* entre estados de brillo altos e baixos. Cada un destes grupos clasifícase á súa vez noutras subcategorías.

Diciamos antes que algunhas VCs posúen períodos orbitais de soamente varios minutos: trataríase dun grupo particular de obxectos moi compactos, e polo tanto de moi reducidas dimensións, en que a anana branca primaria acrecentaría materia procedente doutra anana branca secundaria, e non dunha estrela semellante ao Sol. En 1967 J. Smak atopou un período orbital duns 18 minutos para o obxecto prototipo desta subclase, a VC tipo-nova AM CVn, e dende entón coñécense uns 60 sistemas, con períodos entre 5 e 65 minutos. Outra característica moi peculiar dos obxectos tipo AM CVn é que a composición química dos seus espectros está dominada por helio, sen presenza de hidróxeno (o elemento máis abundante), o que significa que as atmosferas de ambas as dúas ananas brancas son de helio.

A Figura 5 amosa unha curva de luz con datos históricos do obxecto SS Cygni, unha famosa VC de tipo nova anana, obtidos entre o seu descubrimento en 1896 e 1933. Aproximadamente durante o 75% do tempo o sistema atópase en estado non eruptivo (tamén chamado *estado de quiescencia*), cun brillo aparente dunhas 12 magnitudes pero para o que cada varias semanas prodúcense estoupidos, de varios días de duración, que fan que o brillo observado aumente ata aproximadamente as 8 magnitudes. Algúns destes estoupidos son irregulares. O período orbital do sistema é dunhas 6,6 horas e as masas das compoñentes están calculadas en 0,6 e 0,4 veces a masa solar, para a anana branca e a estrela secundaria, respectivamente.

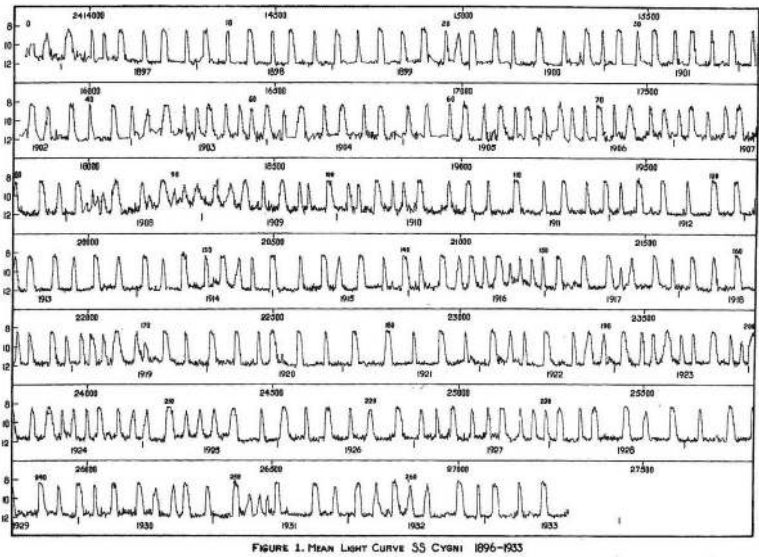


Figura 5: Curva de luz con datos históricos (entre 1896 e 1933) da VC tipo nova anana SS Cygni. O eixo de abscisas indica o tempo (anos) e o de ordenadas as variacións da luz detectadas, entre aproximadamente 12 (estado de quiescencia) e 8 (estado de erupción) magnitudes aparentes. Os estoupidos ocorren cada varias semanas e son de varios días de duración. Crédito: Leon Campbell, 1940 (Annals of Harvard College Observatory; v. 90, no. 3, p. 93-162).

Pólar e pólar intermedios

Outro criterio para clasificar as VCs basease na presenza ou non dun campo magnético (B) forte asociado á anana branca primaria. Cando o campo magnético é moi feble ou inexistente todo o fluxo de materia procedente da secundaria é controlado unicamente pola atracción gravitatoria da primaria e temos a situación descrita ata aquí para as VCs non-magnéticas. Como vemos, nese caso, son un disco de acrecentamento e unha capa límite os que modulan a transferencia de masa cara a anana branca.

Pero se o B é suficientemente forte a súa acción pode forzar á materia que atravesa L1 fluír polas súas liñas de campo magnético directamente, isto é, sen a formación previa dun disco, cara as rexións po-

lares da anana branca. Alí a materia será acrecentada directamente de xeito moi violento mediante a formación de *columnas magnéticas* que rematan en fronte de choque a pouca distancia da atmosfera da anana branca. Neste caso dicimos que temos unha VC magnética ou *pólar*. Existe tamén o caso dos *pólars intermedios* nos que coexisten un disco de acrecentamento nas zonas máis afastadas da estrela primaria e columnas magnéticas nas zonas internas máis preto.

Na Figura 6 inclúese un esquema dunha VC tipo pólar, para un sistema onde a anana branca (white dwarf) posúe un campo magnético de aproximadamente 3×10^7 gauss (G). Por comparación, e posto que 1 G é equivalente a 10^{-4} tesla (T), a intensidade do campo magnético terrestre sabemos que é duns 60.000 nT nos polos da Terra ($1 \text{ nT} = 10^{-9} \text{ T}$).

O círculo punteado da figura inclúe unha ampliación esquemática dos procesos de acrecentamento que se cre que teñen lugar moi preto das rexións polares da anana branca. O sentido descendente das frechas indica o camiño das liñas do campo magnético seguido pola materia acrecentada dentro da columna magnética (rexión vermella), onde se forma unha fronte de choque (*Shock*), cara á rexión polar da atmosfera da anana branca (rexión azul – *white dwarf photosphere*). Esta zona pequena (rexións vermella e azul no esquema punteado), polas colisións de materia producidas nela, emite raios-X duros (*Hard X-rays*), brandos (*Soft*) e radiación ultravioleta (*and UV*) de gran intensidade.

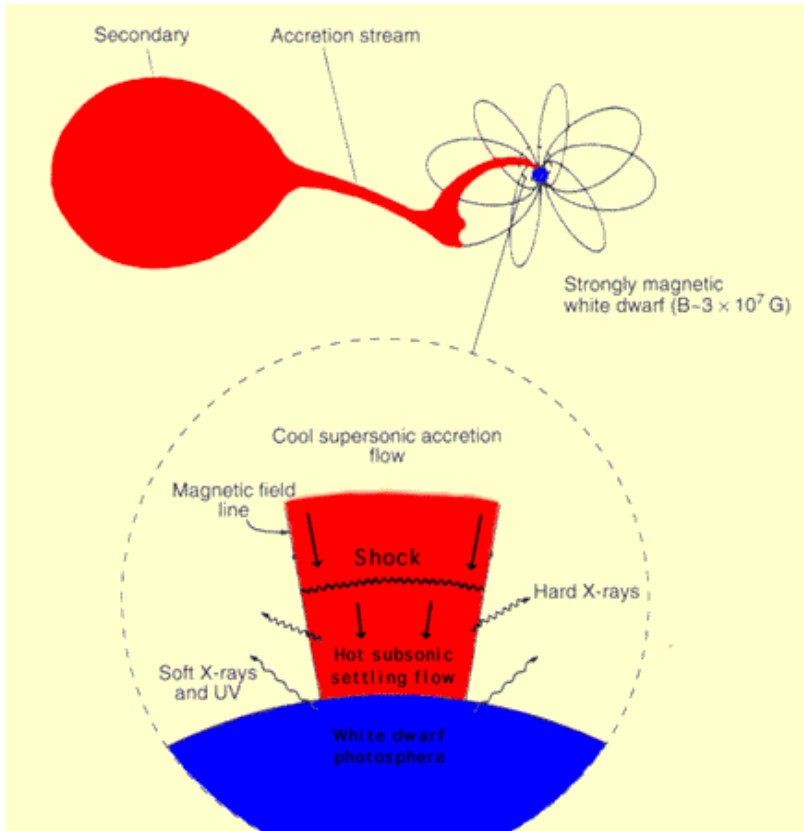


Figura 6: Esquema dunha VC tipo pólara, cunha ampliación (círculo punteado) do proceso de acrecemento de materia mediante unha columna magnética (rexión vermella), onde fómase unha fronte de choque (Shock), cara á rexión polar da atmosfera da anana branca (rexión azul – white dwarf photosphere). O sentido descendente das frechas amosa as liñas do campo magnético seguidas pola materia acrecentada. Crédito: NASA / Dominio público.

Para saber máis

Hoxe en día hai por suposto moitísima información sobre este tipo de sistemas accesíbel online, ademais de centos de VCs catalogadas coas súas propiedades físicas e químicas relativamente ben determinadas. É posíbel ter acceso electrónico a varios destes catálogos, que inclúen as súas coordenadas astronómicas, propiedades e rangos de magnitudes observadas, por exemplo, a través de *VizieR*, da

Universidade de Estrasburgo, no seguinte enderezo de internet: <https://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR> (tecleando *cataclysmic variable* na ventá de busca).

Moitos destes obxectos son asemade observados con regularidade por astrónomos/as afeccionados/as porque as súas variacións eruptivas de luminosidade os fan accesíbeis á observación con telescopios de pequena apertura e os converten, polo tanto, en bos candidatos para a detección e/ou descubrimento de novos estoupidos que contribúan a un mellor entendemento da súa natureza. En particular, hai unha iniciativa de ciencia cidadá (*Center for Backyard Astrophysics* -- <https://cbastro.org/>) especificamente dedicada á observación fotométrica de variábeis cataclísmicas coa que é posible colaborar.

Existen ademais varias organizacións astronómicas dedicadas ao estudo sistemático de obxectos variábeis en xeral coas que tamén poder colaborar neste tipo de investigacións, sendo unha das máis coñecidas a *Asociación Americana de Observadores de Estrelas Variábeis* (AAVSO), cuxa páxina de internet ten o seguinte enderezo: <http://www.aavso.org/> . As persoas interesadas poderían tamén consultar o *Boletín de Información de Estrelas Variabeis* (IBVS), das Comisións 27 e 42 da Unión Astronómica Internacional (<https://konkoly.hu/ibvs/>).

Agradecementos: A Benigno González pola axuda proporcionada coa creación da Figura 1. A Xosé Díaz e ao IES Marco do Camballón (Vila de Cruces) polo convite a participar no seu magnífico proxecto SETESTRELO. A José María López, in memoriam, e familia pola súa contribución á astronomía. Á miña familia, apoiándome e deixándome traballar en domingo para facer divulgación. A todas as persoas do noso país que arriscan as súas vidas polo ben común neste ano de pandemia.

Técnica para o cálculo da altura de montañas lunares

Paula Vilar e Carla Verde

A Lúa é o único satélite natural que xira arredor da Terra e faino por causa da gravidade desta, isto é, pola forza de atracción da Terra sobre a Lúa. É o astro que máis brilla no ceo despois do Sol, pero non emite brillo autónomo se non que se debe ao reflexo da luz solar sobre a súa superficie.

Non ten atmosfera, o que provoca de entrada que non haxa ruidos, dado que estes se transmiten polo aire. Con todo, a principal consecuencia disto é que os meteoritos non se desintegren cando caen sobre a Lúa, de maneira que chocan directamente contra a súa superficie producindo así os característicos cráteres. As temperaturas son extremas, na zona onde dá o Sol acádanse os 100°C e na zona de escuridade pódese chegar aos -147°C.



Ten tres movementos arredor da Terra: translación, rotación e libración lunar. A translación é un movemento da Lúa na que esta xira arredor da Terra. A rotación é un movemento no que a Lúa xira arredor do seu eixe e tarda aproximadamente 27.32 días (mes sidéreo). Estes dous movementos están ordenados de tal maneira que explicamos por que só vemos unha mesma cara da Lúa desde a Terra. A libración lunar é unha pequena oscilación dos movementos de rotación e translación. Ademais o noso satélite completa unha revolución relativa ao Sol en aproximadamente 29.53 días (mes sinódico).



Ciclo de fases lunares

O carácter cíclico destes movementos explica as súas coñecidas fases. Son cambios aparentes da porción visible iluminada do satélite e débense ao seu cambio de posición respecto á Terra e ao Sol. Isto prodúcese por un efecto óptico producido polo cambio de ángulo da Lúa, a Terra e o Sol, debido á órbita da Lúa arredor do planeta Terra. Son as seguintes:

Nova. É unha fase de ocultación da cara visible da Lúa, que se atopa oposta ao Sol. Este ilumina integramente a cara oculta.

Cuarto crecente. O Sol comeza a iluminar a cara visible, cunha franxa de luz en forma de D.

Chea. A cara visible da Lúa queda iluminada por completo polo Sol.

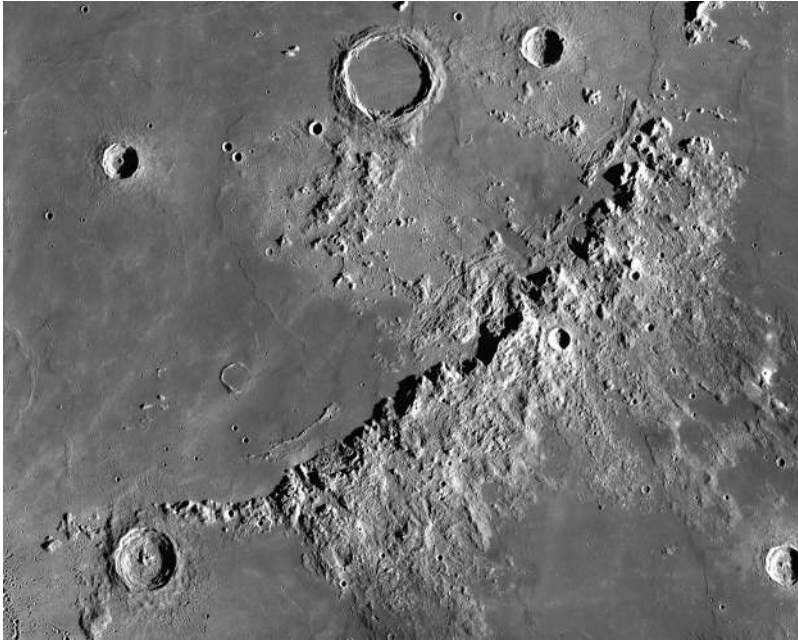
Cuarto menguante. A cara visible da Lúa comeza a escurecerse cunha franxa en forma de C.

No noso planeta, a Lúa ten unha incidencia directa nos movementos de mareas. As mareas son ascensos e descensos periódicos no nivel do mar, producido pola atracción da Lúa sobre a Terra. Atopámonos con dous tipos de mareas, as vivas e as mortas. As vivas danse cando o Sol, a Lúa e a Terra se encontran aliñados, sumándose, polo tanto, as forxas de atracción de ambos astros. Esta circunstancia ocorre cando hai Lúa Nova ou Lúa Chea, polo que quere dicir que encontraremos as mareas máis altas (e máis baixas) do mes nese período. Entre unha marea viva e a seguinte pasan aproximadamente 14 días, que máis ou menos é a metade da duración de un mes lunar. As mareas mortas danse cando a Lúa se encontra en cuarto crecente e menguante, formando co Sol un ángulo de 90° .

Relevo lunar: altura dos seus accidentes xeográficos

Unha experiencia interesante e relativamente doada permite estimar a altura (ou profundidade) do relevo lunar con só traballar sobre a lonxitude das sombras e manexar algúns conceptos básicos de trigonometría.

Tomaremos como referencia unha cordilleira chamada *Montes Apenninus*, situada no bordo surleste do *Mare Imbrium*. Coñecendo de antemán o diámetro da Lúa, calcularemos a altura dunha das súas montañas máis altas.



Montes Apenninus

1º PASO

Coñecendo o diámetro da Lúa (3476 km) e coa axuda do programa *SalsaJ*, calculamos a relación da escala entre os kilómetros na Lúa e os píxeles na fotografía.

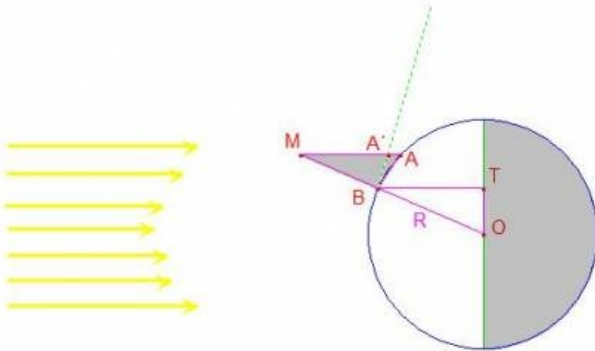
Datos

- diámetro Lúa: 3476 km
- lonxitude en píxeles na fotografía: 1895 píx

$$\frac{1895 \text{ píx}}{3476 \text{ km}} = 0,545 \frac{\text{píx}}{\text{km}}$$

2º PASO

A continuación, calculamos a distancia en kilómetros que hai entre o terminador (liña imaxinaria que separa o lado iluminado da Lúa do non iluminado, extensible a calquera outro corpo celeste), e a sombra da montaña (segmento TB), sendo a sombra da montaña a diferenza en píxeles da distancia que hai dun extremo a outro da mesma.



BM = altura da montaña (a nosa incógnita)

OB = radio da Lúa (coñecido polo problema do diámetro da Lúa)

AM = lonxitude da sombra da montaña (xa temos calculado con Salsa J)

TB = distancia da montaña ao terminador (xa temos calculado con Salsa J)

Datos

- diámetro Lúa: 3476 km
- lonxitude en píxeles na fotografía: 1895 píx
- extremo esquerdo: 1087 píx
- extremo dereito: 970 píx

$$1087 - 970 = 117 \text{ píx}$$

$$\frac{1895 \text{ píx}}{3476 \text{ km}} = \frac{117 \text{ píx}}{x} \rightarrow x = 214,61 \text{ km}$$

3º PASO

Despois, determinamos a lonxitude da sombra da montaña da Lúa (segmento AM), sendo a diferenza en píxeles da distancia que hai dun extremo a outro.

Datos

- diámetro Lúa: 3476 km
- radio Lúa: 1738 km (3476 km entre 2)

$$1103 - 1085 = 18 \text{ píx}$$

$$\frac{1895 \text{ píx}}{3476 \text{ km}} = \frac{18 \text{ píx}}{x} \rightarrow x = 33,0174 \text{ km}$$

4º PASO

Por último, calculamos a altura da montaña, tendo en conta a seguinte figura e os seguintes puntos.

- O segmento $\overline{AB} \approx \overline{A'B'}$ debido a que a curvatura é desprezable, xa que a altura da montaña é moito menor ca o radio da Lúa.

- Canto máis preto do terminador estea a montaña, menor será o erro debido á curvatura. Logo, TB considérase recta

Datos

- radio Lúa: 1738 km (3476 km entre 2)

$$\cos \alpha = \frac{\text{cateto contiguo}}{\text{hipotenusa}} = \frac{214,61}{1738} = 0,1234$$

$$\alpha = 82,90695$$

$$\cos 82,90695 = \frac{y}{33,0174 \text{ km}} \rightarrow 0,1234 = \frac{y}{33,0174}$$

$$y = 4,077 \text{ km}$$

En conclusión, podemos acadar o noso obxectivo, que era calcular a altura dunha montaña da Lúa, neste caso, un dos cumios dos *Montes Apenninus*. Tendo como referencia o diámetro da Lúa e coa axuda do programa *SalsaJ*, podemos calcular os diferentes datos necesarios para obter o noso resultado. Cabe valorar a boa aproximación do resultado, habida conta de que os *Montes Apenninus* chegan ata cotas de altura duns 5 km.

Cálculo do radio da Lúa

Iñaki Datorre e Xavier Vila

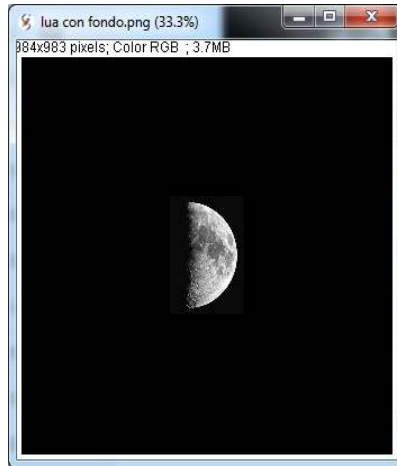
A Lúa é o único satélite natural da Terra. Aínda que todos a coñecemos, ninguén sabe con seguridade como se formou. Hai distintas teorías sobre a orixe desta. Nalgunhas, suxírese que se trataba dun astro independente que, ao pasar preto da Terra, quedou capturado na súa órbita. Outra teoría supón que a Terra e a Lúa xurdiron a partir dunha mesma masa de materia xirando arredor do sol. Actualmente, a máis aceptada fala dun choque cun gran corpo do espazo no que probablemente un planeta e parte da súa masa saíu expulsada e unha porcentaxe dela aglutinou e formou a Lúa.



A Terra sobre a Lúa nunha das misións Apollo (1968-1972)

Como calcular o radio lunar

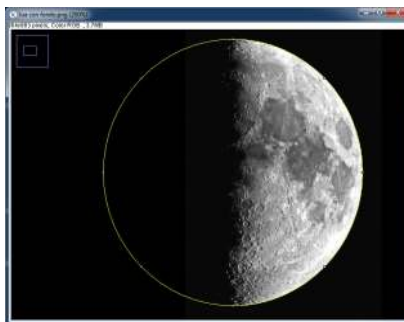
O obxectivo deste artigo é obter unha estimación do radio lunar co emprego do programa de tratamento de imaxes astronómicas *SalsaJ*. Este é un software libre deseñado para o proxecto EU-HOU, unha rede de colaboración de docentes e científicos de 14 países co propósito de habilitar un camiño para motivar ao alumnado nas áreas de ciencia, co pretexto do estudo da astronomía. *SalsaJ*



permite traballar con datos reais e as súas funcionalidades son amplas: obtención de escalas, medición de distancias, fotometrías, procesado do espectro óptico, etc.

Partimos dunha imaxe da Lúa de boa calidade na que se vexa o perfil completo e da que coñezamos a súa calidade en termos de píxeles. O seguinte que debemos facer é abrir a imaxe co programa *SalsaJ*, prememos no botón esquerdo sobre a opción “Selección rectangular” e escollemos a opción Óvalo.

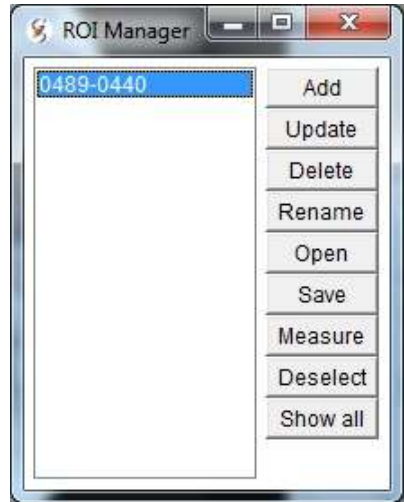
Para conseguir o radio en píxeles trazamos unha circunferencia na parte visible da Lúa aumentando ou diminuíndo o tamaño da imaxe dende a opción de proceso e axustámola para que non queden ocos en branco.



Cando xa conseguimos fixar a circunferencia prememos en analizar e na sección de ferramentas seleccionamos *ROI manager*. Ao pulsar a opción de *Measure* obtemos a área da nosa circunferencia.

Coa fórmula xeral da área dunha circunferencia $A = \pi r^2$ despe-xamos o radio e obtemos a medida deste en píxeles. Por último multiplicamos o resultado en píxeles pola escala da imaxe, neste caso 13.92 km/pí e chegamos a unha medida aproximada do radio da Lúa.

En conclusión utilizamos o programa *SalsaJ* para intentar simular unha circunferencia semellante á da imaxe para que o programa calcule a súa área e así poder calcular o radio e pasalo de píxeles a kilómetros.



Estimación da distancia ás estrelas. Fabricando unha estrela artificial

*David Vázquez, Christian Otero
e Marta Pereiro*

O universo abarca todo o coñecido: materia, enerxía, espazo e tempo.

Está rexido por leis físicas constantes, moitas delas verificables na Terra, mentres que outras permanecen descoñecidas ou están en investigación.

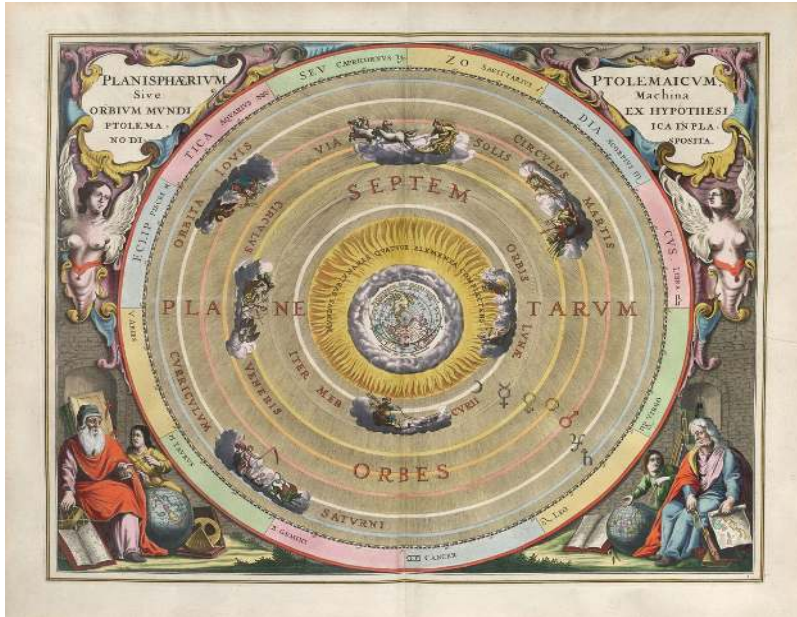
As distancias no universo son tan grandes que deben medirse en anos-luz. Un ano-luz é a distancia que percorre a luz nun ano, e equivale a 9 millóns e medio de quilómetros.



O universo que podemos coñecer e observar é só unha porción do total. A maioría dos científicos opina que o universo é infinito e que segue un movemento de expansión ou se separación entre as galaxias que o forman. Aínda son moitos os problemas aos que se enfrontan os científicos para explicar os fenómenos do universo, a súa orixe e evolución, a distribución homoxénea da materia, etc.

A astronomía na historia

A astronomía tivo un papel moi importante na historia, revolucio- nando constantemente o pensamento humano. No pasado empregábase a astronomía basicamente para a medición do tempo, para marcar as distintas estacións e navegacións polos grandes océanos.



Representación do modelo de Ptolomeo

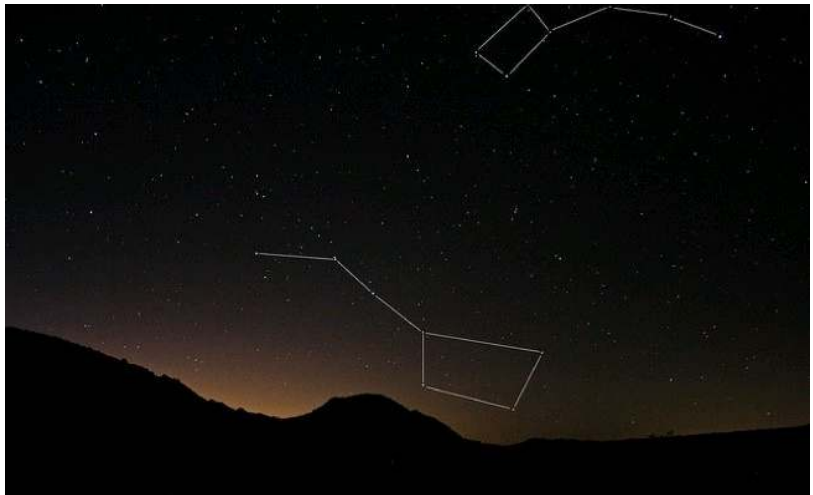
A historia coñeceu distintos modelos para comprender o universo. Un dos primeiros, vixente varios séculos, foi o de Claudio Ptolomeo (s. II), que ubicaba a Terra no centro do universo entornó á que xiraban o resto dos astros. No Renacemento, Nicolás Copérnico propuxo a teoría heliocéntrica, que coloca ao Sol no centro do sistema e á Terra, ao igual que o resto dos planetas, en órbita ao seu redor.

Actualmente tamén ten un papel importante co desenvolvemento da tecnoloxía tanto no sector aeroespacial, concretamente no relacionado coa instrumentación do telescopio e o procesamento de imaxes, como no sector enerxético para atopar novos depósitos fósiles de

combustible, así como para avaliar a posibilidade de novas fontes de enerxía renovable. Esta tecnoloxía nacida da astronomía tamén ten aplicación prácticas noutras áreas como a medicina, en resonancias magnéticas, tomografía de emisión de positrons e moitos outros.

Organización das constelacións

As constelacións son figuras imaxinarias no ceo, construídas agrupando estrelas próximas. En todas as civilizacións utilizáronas para expresar os seus mitos no ceo ou, con fins máis prácticos, empregando o seu momento de aparición e a súa posición como fitos do calendario. Na actualidade están representados 14 homes e mulleres, 9 aves, 2 insectos, 20 animais terrestres, 10 criaturas acuáticas, 2 centauros, un dragón, un cabalo voador, un río e 29 obxectos inanimados (en total a suma é máis de 88 porque algunhas constelacións inclúen máis dunha criatura, por exemplo Piscis ou Geminis).



Constelacións de Osa Maior e Menor

Fabricando unha estrela artificial

O obxectivo do noso traballo é calcular a distancia á que están as estrelas máis brillantes do ceo comparándoas cunha artificial. Existen procedementos diferentes ao noso baseados en conceptos de xeometría e o ángulo de paralaxe.



A nosa técnica pretende recrear o brillo dunha estrela para tomar unha distancia de referencia que podemos medir e, a partir dela, estimar a distancia a estrelas do ceo de brillo equivalente. Os pasos a seguir son:

1. Primeiro debemos saber a potencia da lámpada. Se non aparece no casco desta, hai que medir cun polímetro a resistencia R da lámpada, e calcular a potencia $P = V^2/R$, onde V é a voltaxe das pilas.
2. Fabricación da estrela artificial: Para iso mídese o diámetro do foco da lanterna e calcúlase a área da saída da luz. Tapamos agora esa saída con papel de aluminio, no que previamente fixemos un burato que debe quedar centrado. É importante que o papel de aluminio non se engurre, pois se non sairán moitas “estrelas artificiais”.
3. O orificio feito é un círculo de diámetro aproximadamente

igual ao da agulla. Para medir este, pódense poñer varias agullas iguais xuntas ata completar 1 cm: o diámetro dunha delas será polo tanto $1/n$ cm.

4. Ese pequeno orificio é a nosa “estrela artificial”. Por el sairá unha luz cuxa potencia P está relacionada coa da lámpada e coa relación das áreas de saída da luz:



$$P_{\text{estrela artificial}} = \frac{P_{\text{lámpada}} \cdot \text{Área do orificio}}{\text{Área lanterna}}$$

5. Pola noite, cunha compañeira, afasta a túa estrela artificial ata que sexa igual de brillante que unha estrela do ceo e mide a distancia entre a túa estrela e ti en metros.
6. Para estimar a distancia desa estrela do ceo que agora tomamos como referencia, necesitarías saber a súa potencia (luminosidade). Supón que é igual á do Sol ($4 \cdot 10^{26}$ w).
7. Se a estrela do ceo, de potencia $4 \cdot 10^{26}$ w e que está a unha distancia de nós D en metros, vese igualmente brillante que a nosa estrela artificial de potencia P que está a unha distancia d , cumprírase:

$$\frac{4 \cdot 10^{26}}{D^2} = \frac{p}{d^2}$$

De aí podemos calcular D . Só falta converter este valor en magnitudes astronómicas, convertído a anos-luz (1 a.l.=1013 km). Resultaría interesante comparar esta estimación da distancia cos valores coñecidos para certas estrelas, de xeito que poidamos obter unha cota de erro e fiabilidade do noso procedemento.

Estudo da idade da superficie lunar

Noa Guzmán e Raquel López

A Lúa, o noso satélite natural, ten uns catro mil millóns e medio de anos, mais ao longo da súa historia foi colisionada por diferentes asteroides orixinando cráteres sobre a súa superficie. A maioría de cráteres teñen forma de anel, unha base e un pico central e os seus tamaños son moi variados.

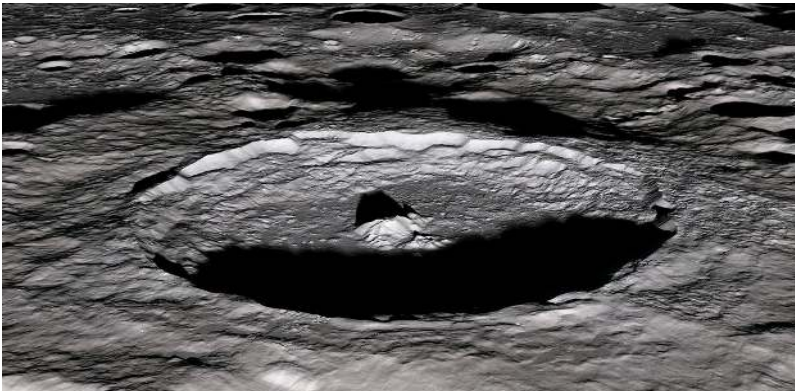
Os ‘mares’ da Lúa son zonas de cor escura pola saída da lava basáltica durante o período de formación lunar. O máis grande dos mares é o *Mare Imbrium* con 1120 quilómetros de diámetro aproxi-



madamente. As montañas poden estar aisladas ou formando longas cadeas que poden rodear os mares. A cordilleira mais alta é a de Leibniz, con crestas de hasta 9.140 metros. Tamén podemos atopar fendas na Lúa formadas posiblemente por algún tipo de expansión interior en zonas máis débiles.

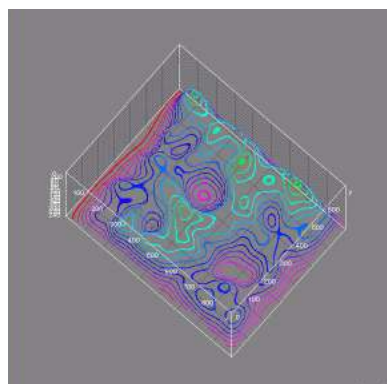
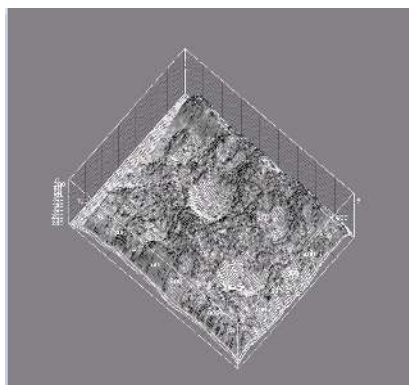
Relevo lunar e formación de cráteres

Neste traballo estimaremos a idade de dúas zonas da superficie lunar a partir do tamaño dos seus cráteres. Os cráteres constitúen un bo medidor da idade das distintas rexións da Lúa. En realidade, observar os cráteres é unha sorte de fotografía da actividade de impacto de asteroides en etapas pasadas da evolución lunar. A actividade de impacto era máis intensa canto máis atrás nos remontemos no tempo, de xeito que o número de cráteres presentes nunha zona concreta e as súas dimensións infórmanos de xeito aproximado do momento no que se constituíu a paisaxe desa rexión. Por outro lado, a morfoloxía dos cráteres tamén poden ilustrar a magnitude do impacto. Hoxe en día, os cráteres lunares estúdanse con atención pois sábese que moitos deles conteñen reservas de auga xeada que poden servir de destino a futuras exploracións espaciais.



Cráter Tycho

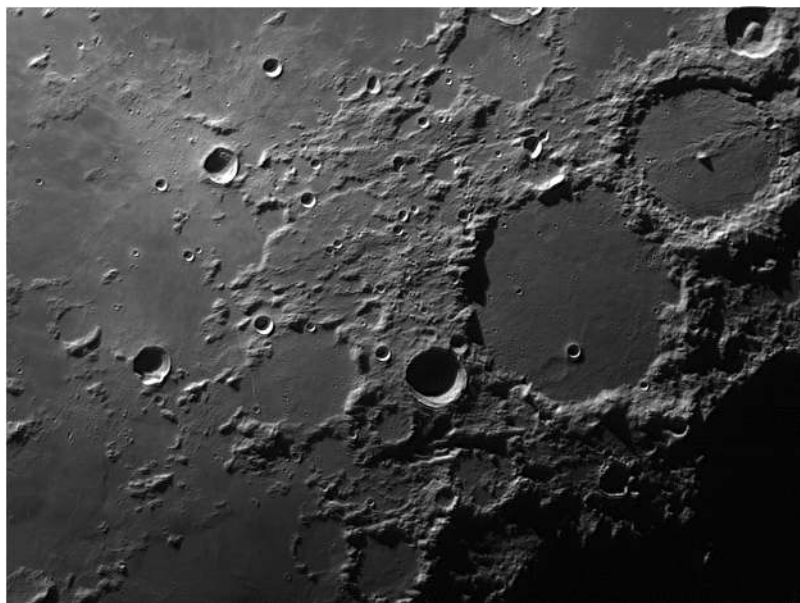
As dúas zonas a estudo son as rexións Kepler e Ptolomeo. A rexión Kepler atópase entre o *Oceanus Procellarum*, unha enorme extensión formada por antigas erupcións de material basáltico, e o *Mare Insularum*.



Arriba, rexión Kepler

Abaixo, modelización 3D da rexión e perfil de curvas de nivel (software SalsaJ)

A rexión Ptolomeo sitúase próxima ao ecuador lunar e forma unha cadea de cráteres sucesivos, xunto cos de Herschel, Alphonsus, Alpetragius e Arzachel.



Rexión Ptolomeo

Estimación da idade lunar

O procedemento que seguiremos parte do reconto do número de cráteres en función do seu tamaño, tal e como se amosa na táboa 1.

	<i>Zona Ptolomeo</i>	<i>Zona Kepler</i>
Diámetro do cráter	Número de cráteres	Número de cráteres
4-6 km	70	21
6-8 km	50	9
8-12 km	5	12
12-16 km	8	11
16-32 km	4	7
32-64 km	5	2

Táboa 1. Reconto de cráteres en función do diámetro

A continuación, temos que calcular a ratio de cráteres por km². Para iso, cómpre fixar áreas de estudo idénticas nas dúas rexións; no noso caso, tirado das imaxes específicas nas que traballamos, restrinxímonos a superficies equivalentes de algo máis de 270000000 km². Con isto, obtemos o número de cráteres segundo os seus diámetros que se achán por km², que se ven reflectidos nas táboas 2 e 3.

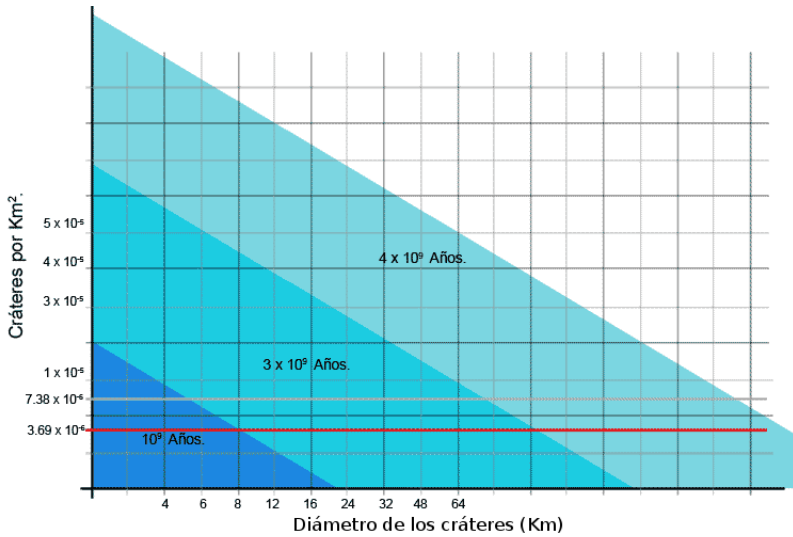
Diámetro cráter	Número de cráteres	Nº de cráteres por Km ²
4-6 km	70	$X = (1 \cdot 70) / 270\,792.992 = 2.6 \cdot 10^{-4} = 26 \cdot 10^{-5}$
6-8 km	50	$X = (1 \cdot 50) / 270\,792.992 = 1.8 \cdot 10^{-4} = 18 \cdot 10^{-5}$ *
8-12 km	5	$X = (1 \cdot 5) / 270\,792.992 = 1.8 \cdot 10^{-5}$
12-16 km	8	$X = (1 \cdot 8) / 270\,792.992 = 2.95 \cdot 10^{-5}$
16-32 km	4	$X = (1 \cdot 4) / 270\,792.992 = 1.5 \cdot 10^{-5}$
32-64 km	5	$X = (1 \cdot 5) / 270\,792.992 = 1.8 \cdot 10^{-5}$

Táboa 2. Zona Ptolomeo

Diámetro cráter	Número de cráteres	Nº de cráteres por Km ²
4-6 km	21	$X = (1 \cdot 21) / 270\,792.992 = 7.8 \cdot 10^{-5}$
6-8 km	9	$X = (1 \cdot 9) / 270\,792.992 = 3.3 \cdot 10^{-5}$
8-12 km	12	$X = (1 \cdot 12) / 270\,792.992 = 4.4 \cdot 10^{-5}$
12-16 km	11	$X = (1 \cdot 11) / 270\,792.992 = 4.4 \cdot 10^{-5}$
16-32 km	7	$X = (1 \cdot 7) / 270\,792.992 = 2.6 \cdot 10^{-5}$
32-64 km	2	$X = (1 \cdot 2) / 270\,792.992 = 7.4 \cdot 10^{-6}$

Táboa 3. Zona Kepler

Estes datos permítenos saber a idade de cada rexión se sabemos como inflúe tanto o número de cráteres por km² como o seu diámetro: canto menor sexa a ratio por km² e menor o diámetro, falamos de rexións máis novas; pola contra, ratios por km² altas e diámetros grandes, estamos en rexións máis antigas.



Cos datos que nos proporciona, promediamos en función das tres categorías de idade que ofrece a gráfica anterior e obtemos estas novas táboas:

Diámetro cráter	Número de crateres	Idade
4-6 km	70	$> 4 \cdot 10^9$
6-8 km	50	$> 4 \cdot 10^9$
8-12 km	5	$3 \cdot 10^9$
12-16 km	8	$3 \cdot 10^9$
16-32 km	4	$3 \cdot 10^9$
32-64 km	5	$3 \cdot 10^9$

Táboa 4. Zona Ptolomeo

Diámetro cráter	Número de crateres	Idade
4-6 km	21	$4 \cdot 10^9$
6-8 km	9	$3 \cdot 10^9$
8-12 km	12	$4 \cdot 10^9$
12-16 km	11	$4 \cdot 10^9$
16-32 km	7	$3 \cdot 10^9$
32-64 km	2	$3 \cdot 10^9$

Táboa 5. Zona Kepler

Tomando o número de cráteres como factor peso de promedio, obtemos as seguintes estimacións medias da idade de cada rexión:

Rexión	Idade xeolóxica estimada
Kepler	$\approx 38 \cdot 109$ anos
Ptolomeo	$\approx 91 \cdot 109$ anos

Táboa 6. Idades estimadas

Os resultados, se ben lonxe dos valores obtidos con métodos científicos máis precisos, si permiten comparar ambas rexións en termos de antigüidade xeolóxica. Sería obxecto dun traballo posterior variar a superficie dentro das rexións de estudo para ver de obter unha maior precisión nos cálculos.

Referencias

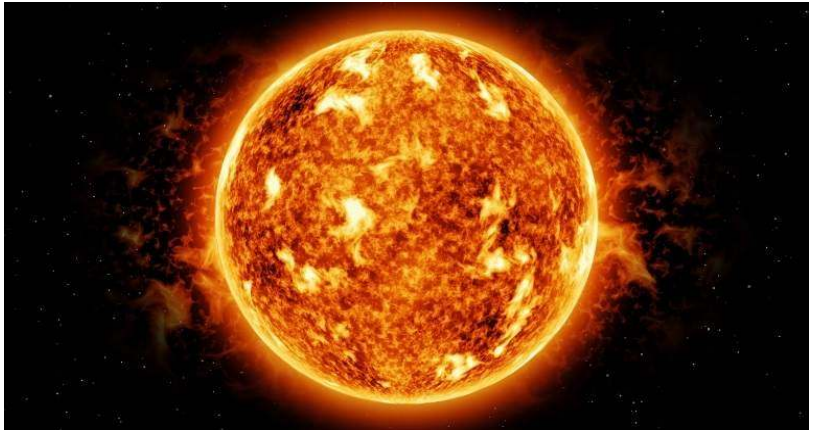
<https://www.astromia.com/tierraluna/superflunar.htm>

<http://www.astronoo.com/es/articulos/crateres-de-la-luna.html>

https://www.houspain.com//gttp/doku.php?id=estudio_de_la_edad_de_la_superficie_lunar

Velocidade de rotación do Sol a través de manchas solares

*Nuria Torres, Xiana Silva,
Iker Álvarez, Almudena Moreira
e Iván Castro*

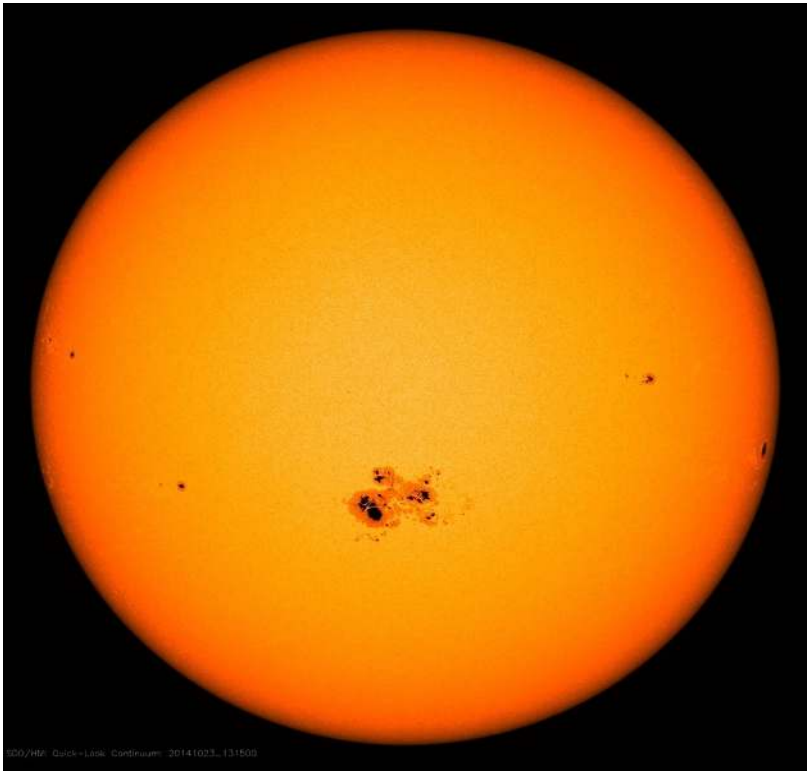


O sol é a estrela que se atopa no centro do noso sistema solar, arredor da cal xiran todos os planetas. Está composto principalmente por hidróxeno e helio en estado de plasma e, en comparación con outras estrelas, ten un tamaño mediano. O sol atópase na metade da súa vida. Malia que desde a Terra o vemos de cor amarela, o sol atópase no espectro do branco pola alta temperatura á que se atopa.

Sobre a súa superficie destacan unhas pequenas manchas escuras, coñecidas como manchas solares.

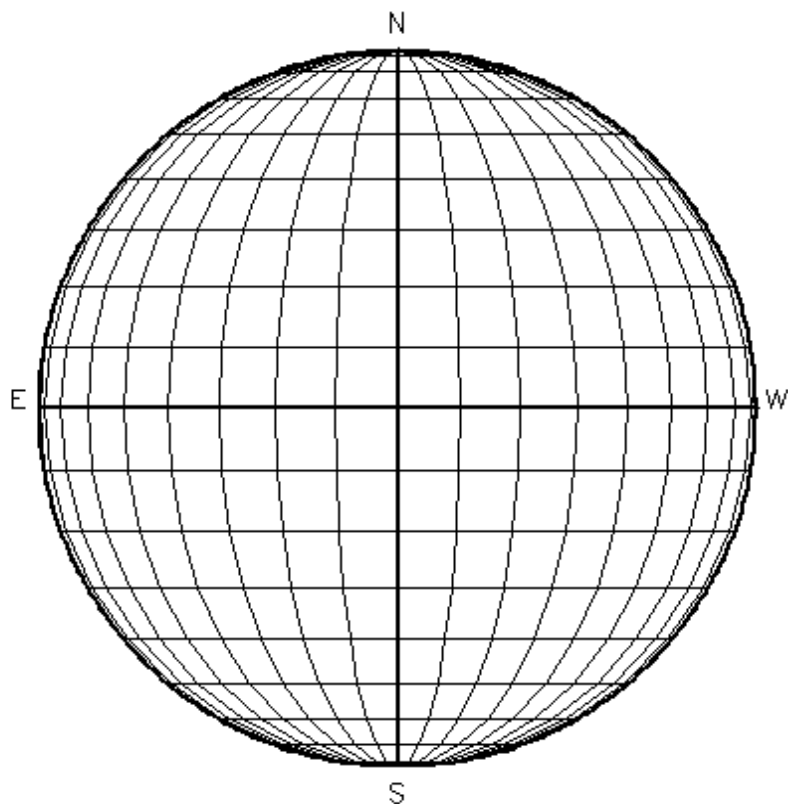


As manchas solares son rexións do sol cunha temperatura inferior á das zonas que a rodean pero, en cambio, presentan unha maior actividade magnética. O sol ten unha temperatura duns 6000° C, mentres que as manchas solares non adoitan superar os 4300° C. Poden chegar a medir ata 12000 km de radio (o radio solar é de 695700 km). Estas aparecen sobre a superficie e medran coa capacidade de manifestarse en formas distintas e desaparecen nun tempo que pode variar entre unhas horas e varios meses. Nelas obsérvase unha parte máis escura (umbra) situada no interior da penumbra.

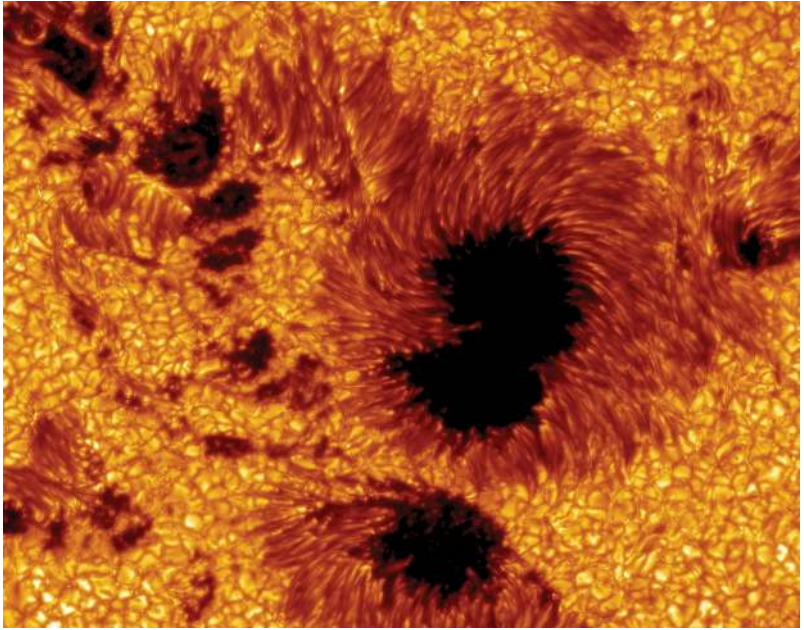


Observando as manchas solares podemos facer unha aproximación do que tarda o sol en dar unha volta completa sobre si mesmo, é dicir, cuns simples cálculos podemos averiguar a velocidade deste astro do que nos atopamos a 150 000 000 km aproximadamente (1 unidade astronómica). Isto é así por unha característica das manchas solares, e é que estas móvense sobre a superficie do sol a medida que este xira.

Para iso, é recomendable escoller unha mancha solar que transite polo ecuador do sol, a fin de simplificar os cálculos. A seguir, contamos o número de días que tarda en facer ese tránsito. Empregamos como referencia unha carta da superficie do sol en meridianos.



Deste xeito, hai que calcular cantos meridianos atravesa a mancha solar en función do número de días que dura ese tránsito. Logo de ter o resultado, convertirémolo a km/h.

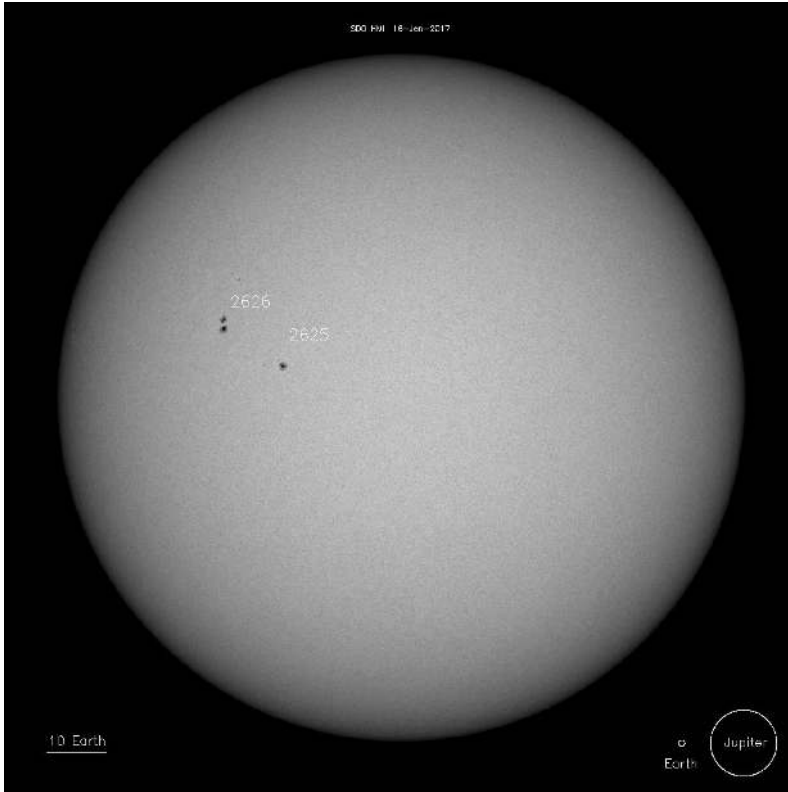


Como calculalo na práctica?

Presentamos dous casos prácticos con datos tomados en dous anos distintos. Veremos como, cunha técnica de cálculo básica, obtemos resultados case idénticos.

XIRO CON DATOS DO 12/01/17 ATÉ 24/01/17

A velocidade de rotación é a que nos indica a velocidade á que se move un astro, xirando sobre si mesmo. Para calculala no sol, seguiremos as manchas solares rexistrando o tempo que pasa entre que estas aparecen sobre a superficie ata que deixan de verse. Tomamos as imaxes do catálogo do proxecto de observación solar SOHO.



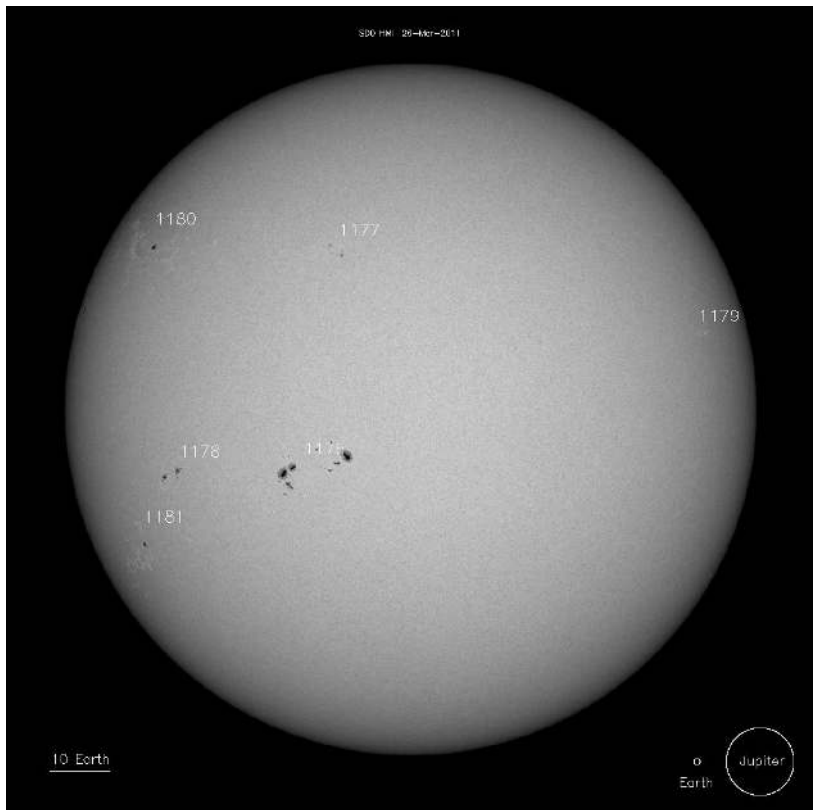
Observando a mancha elixida podemos apreciar que o sol tarda 12 días en percorrer a cara visible do sol, só a metade do sol está visible (só podemos apreciar 18 meridianos, e sabemos que o sol ten 36), polo que ao multiplicar esta cifra por 2, xa saberemos o número de días que tarda o sol en dar unha volta completa. No noso caso, podemos calcular facilmente que a nosa mancha solar completa unha rotación en 24 días.

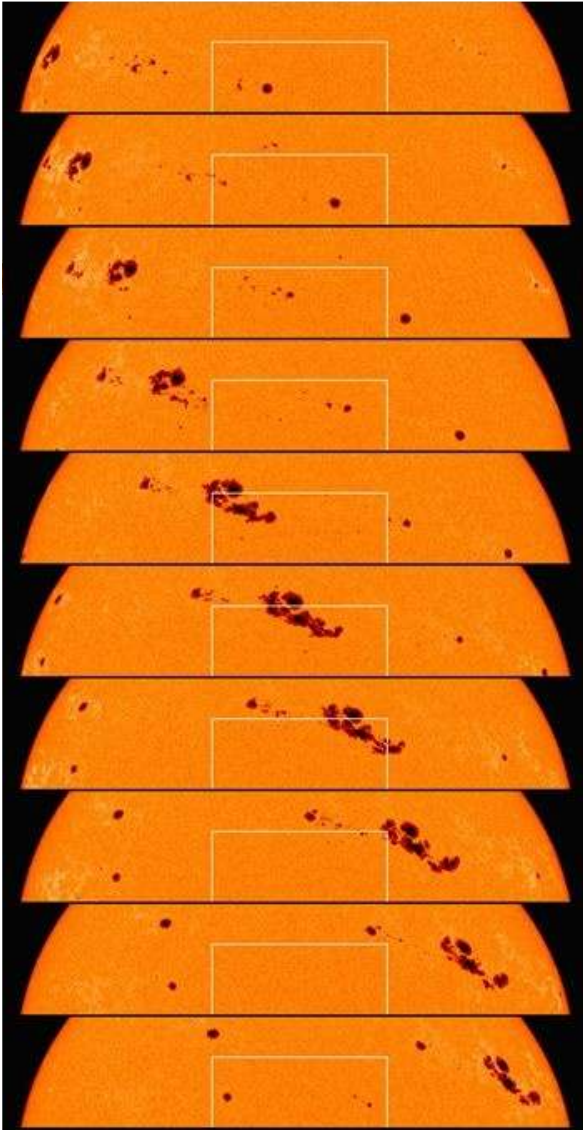
Cun regra de 3 podemos converter este resultado en km/h. Para iso, aplicamos a fórmula do perímetro ($2 \cdot \pi \cdot \text{radio}$) ao sol, que ten un radio de 696 340 km, e obtemos que mide a circunferencia do sol polo ecuador, que son uns 4 375 233.3 km. Pasamos o número de días que tarda o sol en facer unha rotación completa a horas, para que o resultado veña expresado en km/h. Deste xeito, podemos pasar de ter a rota-

ción do sol en 24 días a saber que a superficie do sol avanza a uns 7 595,9 km cada hora.

XIRO CON DATOS DO 22/03/11 ATÉ 04/04/11

A velocidade de rotación do sol son os días que lle leva dar unha volta completa. Para saber cando dá a volta completa dividimos a esfera en 36 meridianos e obsevamos cantos recorre e en cantos días.





De novo, a velocidade é de 24 dias/rotação. Expressado em km/h, e seguindo o procedimento anterior, obtemos um resultado praticamente exacto de 7 592,04 km/h.

Catálogos astronómicos

Noa Guzmán, Raquel López,
Iñaki Datorre



Un catálogo astronómico é unha listaxe de obxectos do espazo profundo que ocupan unha posición fixa no ceo. Normalmente están agrupados por algunha característica común, como por exemplo morfoloxía, orixe, tipo, método de detección, descubrimento... e son o resultado de investigacións e observacións dalgún tipo. Estes catálogos son moi útiles tanto para os astrónomos como para os afeccionados á astronomía e divídense en catálogos adicados a temas concretos, coma os *catálogos estelares* (adicados a distintos tipos de estrelas) ou o *catálogo Messier* (centrado especialmente en obxectos como nebulosas e outros).

Dende o inicio da humanidade, o ser humano foi recollendo e sistematizando os diferentes obxectos que se poden observar no firmamento. Inicialmente, só estudaban aqueles visibles a simple vista (Sol, Lúa, planetas e estrelas) pero a partir da invención e uso do telescopio convertiuse nunha tarefa de enorme envergadura para cuxa sistematización foron creados os catálogos astronómicos..

O primeiro que se coñece é un catálogo estelar que data do s.V a.C e que se atopou na China. Recibe o nome de *Gan Shi Xing Jing* e foi redactado polos astrónomos Gan De e Shi Shen, os cales catalogaron 800 estrelas. Posteriormente apareceron os catálogos dos gregos Timocares de Alexandría e Aristilo, o de Hiparco de Nicea (séculos I e II a.C) e o de Ptolomeo (século II). Na Idade Media foi importante a astronomía na civilización musulmá, desde os traballos de Al-Battani (século IX) até as *Táboas sultanianas* de Ulugh Beg (século XV).



O primeiro catálogo da Idade Moderna foi realizado por Johann Bayer, *Uranometria*, un atlas estelar do século XVII que clasifica as estrelas por constelacións. Porén, o primeiro catálogo que se interesou por outros obxectos non estelares do espazo profundo foi o do buscador de cometas Charles Messier, na segunda metade do s. XVIII.

Catálogo Messier

Charles Messier era un astrónomo que traballaba no observatorio de París. Alí descubriu 13 novos cometas. Mentres estudaba o ceo polo miúdo decatouse de que na constelación de Tauro aparecía un obxecto parecido a un cometa pero que non se movía; despois de estudalo, ese obxecto era a Nebulosa de Caranguexo,



que resultou da explosión da supernova observada por astrónomos chinos, e que constitúe a primeira nebulosa recollido. O catálogo elaborouse en varias partes: a primeira foi en 1771, con 45 obxectos, e nas seguintes revisións a lista aumentou até os 103 obxectos. Pierre Mechain, astrónomo amigo de Messier, incorporou os últimos e actualmente conforman o catálogo 110 obxectos. Os obxectos do catálogo represéntanse coa letra M (de Messier) asociada a un número.

Hoxe en día celébrase o Maratón Messier, que consiste en ver o máximo de obxectos nunha noite. Este adoita ter lugar durante a Lúa nova do equinocio primaveral porque é cando máis obxectos se pode chegar a observar.

Catálogo Caldwell

Realizado por Patrick Caldwell-Moore e publicado en 1995, estaba pensado para complementar o catálogo Messier. Contaba con 109



obxectos para igualar o rexistro do catálogo de Messier.. Ao principio, este proxecto foi moi criticado por dous motivos principais. Presentaba pequenos erros de copilación, ademais de que se desaproba que o propio autor

puxera o seu nome ao catálogo. Os corpos celestes deste proxecto están colocados de forma que os que están ao norte do ceo, atópanse ao principio do mesmo; canto máis ao sur están colocados cara ao final. Os obxectos

Catálogo NGC (Novo Catálogo Xeral; *New General Catalogue*)

O Novo Catálogo Xeral (NGC, d inglés *New General Catalogue of Nebulae and Custers of Stars*), é un catálogo que reúne informa-

ción sobre do ceo profundo. Contén 7800 obxectos, entre os que se atopan as cúmulos estelares, nebulosas planetarias e galaxias. A maioría forma parte das observacións feitas por William Herschel e o seu fillo, e foron compiladas por Johan Ludvig Emil Dreyer na década do 1880.

O catálogo informa do descubridor, a data, o tipo de obxecto, a ascensión recta (AR), a declinación (DEC), a distancia, a constelación na que se encadra, entre outros parámetros.

Este catálogo foi revisado para precisas algunhas medidas de brillo de certos obxectos astronómico, o que se recolle no Novo Catálogo Xeral Revisado(RNGC).

Outros catálogos

O Catálogo de Galaxias Principais (PGC) contén a información sobre morfoloxía, magnitude, ascensión recta, declinación e velocidade radial. Recolle datos de 173.197 galaxias. Publicouse no 1989 e contén información recompilada por G.Paturel e L.Bottinelli da Université de Lyon e L.Gouguenheim do Observatoire de Paris. Foi actualizado no 2003, recollendo datos de 983.261 galaxias.

O Catálogo Xeral Uppsala (UGC) contén 12.921 galaxias visibles dende o hemisferio norte. Principalmente está baseado nas observacións do ceo do Observatorio Palomar (POSS). Inclúe todas as galaxias do Catálogo de Galaxias e de Cúmulo de Galaxias (GCCG) de magnitude maior a 14,5 e dun diámetro maior a 1 minuto de arco (algunhas teñen diámetros inferiores.) Foi publicado no 1973.

O Catálogo Henry Draper (HD) é unha colección de datos estelares (astrométricos e espectroscópicos) que suma máis de 225.000 estrelas. As estrelas presentes no catálogo son de magnitude media 9 ou inferior (preto de 50 veces máis tenues que a máis débil das estrelas visibles a simple vista). Isto facilita o emprego para astrónomos afeccionados debido á potencia dos seus telescopios.

Os Catálogos Hipparcos e Tycho (Tycho-1) son os produtos pri-

marios da misión astrométrica Hipparcos da Axencia Espacial Europea (ESA). O satélite, que funcionou durante case catro anos, obtivo datos científicos de alta calidade dende novembro do 1989 a marzo de 1993. O catálogo Hipparcos contén 118.218 estrelas cun nivel astrométrico de 1 a 3 milíarcosegundos, mentres o catálogo Tycho contén algo máis de 1.050.000 estrelas. O primeiro deles é completo ata magnitude +7,3. Os catálogos conteñen unha gran cantidade de datos astrométricos e fotométricos de moi alta calidade. Ademais levan asociados anexos que ofrecen datos de variabilidade e de estrelas dobre e múltiples, así como medidas astrométricas fotométricas do sistema solar.

Entrevista. Ramón Iglesias Marzoa, investigador do CEFCA

*Marta Pereira, Carla Verde
e Paula Vilar*



O CEFCA (Centro de Estudios de Física do Cosmos de Aragón, www.cefca.es), situado no concello de Arcos de las Salinas, ao sur da comarca de Javalambre (Teruel), é unha fundación creada para construír o Observatorio Astrofísico de Javalambre e levar a cabo a súa explotación científica. Céntrase no estudo da cosmoxía e a evolución das galaxias, coa participación dos proxectos J-PLUS e J-PAS.



O proxecto J-PLUS é un cartografado 3D do universo próximo no que se van observar e caracterizar decenas de millóns de estrelas da Vía Láctea. Este proxecto usa o telescopio JAST/T80, que conta cunha montura ecuatorial e configuración óptica Ritchey-Chrétien. O plano focal corresponde a un diseño Cassegrain. Conta cunha cámara de gran campo instalada no foco Cassegrain do telescopio, modelo T80Cam, que ocupa case toda a visión do telescopio.

O outro proxecto no que traballan é o J-PAS, que pretende mapear en alta precisión un volume amplo de estrelas, galaxias, supernovas, cuásares e obxectos do sistema solar. Ademais diso, permitirá establecer distancias entre galaxias e proporcionará o primeiro mapa 3D do universo. Para este proxecto úsase o telescopio JST/T250, tipo Ritchey-Chrétien especialmente definido para realizar grandes estudos fotométricos do ceo.

O CEFCA tamén organiza numerosas actividades como conferencias, cursos, talleres, visitas a OAJ (sigras do Observatorio Astronómico de Javalambre). Tamén fan actividades relacionadas con eventos especiais, como as choivas de estrelas.



No OAJ desenvolve a súa actividade profesional como astrónomo técnico un galego, Ramón Iglesias Marzoa. Naceu en Santiago de Compostela en agosto de 1973. Estudou Física na Universidade de Santiago, onde curso a especialidade de Electrónica á vez que se formaba en astronomía e astrofísica. Rematados os estudos, marchou a La Laguna, en Canarias, co obxectivo de ampliar a formación en Astrofísica.

Tivemos a oportunidade de entrevistalo para este primeiro número de SETESTRELO.

Cando e como xurdiu o teu interese pola astronomía?

Sempre tiven un interese moi forte pola ciencia en xeral. Cando estaba no instituto xa tiña claro que iría por ciencias porque me fascinaba ir a facer cousas ao laboratorio, aínda que nunca fun moi bo en matemáticas. Ao principio dubidaba entre Física ou Química pero como me atraía moito a electrónica, que podía practicar na casa, decidín estudar Física. Cando estaba rematando o bacharelato empecei a mercar una colección de fichas de Astronomía que saú nos quioscos, e xa enganchei como afeccionado, empecei a saír con amigos a

observar, a ler libros, ... e enredouse todo por aí.

Logo, na facultade, ese interese foi medrando e rematei estudando a especialidade de Astrofísica en Canarias.

Cal é a túa formación?

Estudei Física na Universidade de Santiago. Alí fixen a especialidade de Electrónica, pero tamén ía collendo como optativas as de Astrofísica que había na especialidade de Física de Partículas, e as materias de Astronomía da licenciatura de Matemáticas. Cando rematei a carreira case todos os meus amigos puxéronse a buscar traballo, pero eu decidín que, se quería estudar Astrofísica en serio, aquel era o momento. Literalmente apliquei o “Carpe Diem”. Así que marchei a La Laguna, en Canarias, a estudar a especialidade de Astrofísica. Logo regresei a Santiago uns anos e traballei na industria e na administración. Pero o interese seguía picando e, cando se implantaron os plans Bolonia, decidín voltar a La Laguna a facer o máster de Astrofísica. Daquela ofrecéronme facer unha tese e púxenme a investigar para sacala adiante. Así que me adiquei a investigar sobre o tema da miña tese, que consiste en medir o tamaño de estrelas binarias que teñen eclipses: son estrelas dobres, unidas entre sí pola gravidade, e que cando unha pasa por diante da outra tapa un anaco e redúcese un pouco a luz que nos chega a nós, producindo unha eclipse. Medindo a forma que ten a gráfica de luminosidade pódense medir os tamaños das estrelas e outras propiedades físicas.

Poderíasnos explicar como é o día a día dun astrónomo?

No meu caso teño xornadas de traballo diurnas na oficina de Teruel e tamén nocturnas, de observación, no OAJ. Cando estou na oficina o típico é asistir a reunións (agora virtuais), procesar e revisar datos, facer cálculos, ás veces atender aos medios de comunicación cando nos chaman por algún fenómeno astronómico, programar... A xente sorprenderíase do que se parece o traballo dun astrónomo coma min

ao dun programador, porque para facer cálculos e gráficas hai que programar moitísimo.

Cando imos ó observatorio facemos quendas de 7 noites seguidas por parellas. Isto é porque o que realmente molesta de traballar de noite é o cambio de horario: o pasar de “modo diurno” a “modo nocturno” ou ao revés. As dúas primeiras noites o corpo aínda non está afeito ó horario nocturno e ás 3 ou 4 da mañá estás morrendo de sono na sala de control. Despois dun par de noites xa estás afeito e lévase moito mellor estar esperto toda a noite. E pasa o mesmo ao cambiar a “modo diurno”, despois de saír de quenda danche as 2 da madrugada e non tes sono, non eres capaz de durmir, pero tes sono logo pola mañá. Cando estamos de quenda no observatorio a xornada laboral empeza un pouco antes de que se poña o sol. Daquela ábrense as cúpulas para ventilar os telescopios e prepárase todo para a observación: revísase a predición meteorolóxica para a noite e os días seguintes, decídense que programas se van facer e que alternativas de observación hai se se presentan algunhas nubes. Durante o crepúsculo, mentres aínda hai luz diurna, tómanse unhas imaxes de calibración que se chaman *bias* e *flat fields*. Nesas anacos buscamos un oco libre para cear. Cando xa chegamos ó crepúsculo astronómico, que é cando xa é noite pecha e non queda rastro da luz do día, empezamos a observar o que hai programado para esa noite. No OAJ hai varios telescopios e instrumentos e cada un ten o seu programa de observación. Algúns son automáticos e observan sós, pero outros hai que pilotalos. Nestas tarefas botamos toda a noite ata que comeza a amencer. Se fai falta voltamos a tomar imaxes de calibración ao mencer e pechamos e aparcamos os telescopios. Logo facemos unha inspección de seguridade, para ver que todo está en orde e asegurado e marchamos para a cama ás 7 ou 8 da mañá. Durmimos ata as 3 ou 4 da tarde e comemos algo cando nos levantamos. Adicamos a tarde a facer algo de deporte, descansar, ou resolver algunha incidencia que haxa pendente e poida afectar á observación da noite seguinte. Ás veces tamén lle botamos unha ollada ós datos que collimos a noite anterior para ver como saíron. E co solpor volvemos a empezar o proceso.

Que foi o que te impulsou a dedicarte á astronomía de xeito profesional?

Basicamente a excitación que produce facer ciencia e traballar en proxectos con obxetivos a longo prazo que poden cambiar o coñecemento que temos do Universo. E, polo medio, no caso da miña investigación, facer pequenos descubrimentos que engaden un pouquiño de saber. Non vos podeades imaxinar a sensación de excitación, de alegría, de euforia, non sei ben como describilo... que un investigador sinte cando descubre algo, por pequeno que sexa. Non se pode describir de xeito sinxelo. Por uns breves momentos, cando fas un achádego, es a única persoa no mundo que o sabe e iso produce un subidón indescribible. É unha droga.

Moita xente da rúa pensa que investigar é un aburrimiento, que é meterse nun laboratorio, ou nun observatorio, ou onde sexa, e estar procesando datos, medindo, observando... de xeito aburrido e mecánico. Pero é que eses datos, ecuacións, imaxes ou gráficas, nos falan e nos contan historias de como funciona a natureza, os átomos e moléculas, as células, as plantas e os animais, as estrelas, as galaxias, o Universo.

E logo vén a divulgación dos resultados: en artigos científicos, congresos, e en artigos de divulgación científica. Hai unha frase que di: “o contrato social non se cumpre ata que se divulgan os resultados”. Non é só investigar e descubrir. Hai que xerar coñecemento na sociedade e para a sociedade, e iso tamén é apaixonante. No meu caso, cando se fan visitas ao observatorio ou xornadas de divulgación, nótase moi ben como a xente está contenta cando aprende algo novo. É moi doado de saber porque fan preguntas, piden máis referencias, libros, webs... só para saber máis.

Sabemos que o centro no que traballas está centrado en cartografiados astronómicos masivos. Poderíasnos explicar un pouco como funciona iso?

O Centro de Estudos de Física del Cosmos de Aragón (CEFCA) é o centro de investigación que opera o Observatorio Astrofísico de

Javalambre (OAJ). A investigación do CEFCA está centrada nos campos da Astrofísica Galáctica e Extragaláctica e da Cosmoloxía. Un cartografado celeste (*survey* en inglés) non é máis que un mapa do ceo, é dicir, unha táboa moi grande na que poñemos a información dos obxectos que observamos: o nome do obxecto, a súa posición no ceo e outras características físicas, como pode ser o seu brillo a varias lonxitudes de onda. No caso das estrelas pódense poñer outras magnitudes como a súa temperatura, o tamaño, o tipo espectral, se é variable ou non, se é dobre, etc... No caso das galaxias pódese poñer o tipo de galaxia, a distancia, etc...

No CEFCA o que facemos é cartografiados (lembrede, cartografiado=mapa) en 3D. Usualmente mídense as coordenadas dos obxectos en 2D, sobre a esfera celeste, pero nós tamén queremos saber a distancia para poder ubicalos en 3D. En concreto interésanos obter as posicións en 3D de varios millóns de galaxias. E para que? Pois para ter información sobre a enerxía escura. En 2011, uns astrónomos chamados Riess, Perlmutter e Schmidt levaron no premio Nobel de Física polo descubrimento de que as galaxias máis lonxanas están a afastarse máis rápido do que os modelos cosmolóxicos predín. Isto indica que hai unha expansión acelerada do Universo e polo tanto a existencia dunha forza descoñecida que contrarresta á gravidade e que se chamou enerxía escura (*dark energy*).

Non se sabe que é, cal é a súa orixe ou como actúa, non se sabe nada dela. Pero si se sabe que inflúe en como se dispoñen as galaxias e os espazos entre elas no Universo que vemos. Así que se queremos obter información sobre a enerxía escura hai que estudar como se distribúen as galaxias.

E cómo se distribúen as galaxias no Universo? As galaxias forman cúmulos e supercúmulos que se agrupan en torno de grandes ocos baleiros onde non hai nada, ningunha galaxia. Grandes ocos de millóns de anos luz de tamaño onde non non hai ningún sitio onde parar a tomar un refresco. Visto dende lonxe, a unha distancia tal que non podemos distinguir as galaxias individuais, parece como se como se formaran unha espuma, ou unha esponxa. Nos bordes dos ocos hai moitas galaxias e cúmulos pero nos ocos non hai nada. O

tamaño deses ocas proporciona información sobre como era o Universo cando era novo e sobre a enerxía escura, que formaba parte desas condicións iniciais que deron lugar a esa distribución de galaxias. Así que se queremos saber cousas sobre a enerxía escura e sobre o Universo novo non queda máis remedio que facer cartografados masivos. Non chega con rexistrar mil, ou dez mil, ou cen mil galaxias. Hai que cartografiar millóns e millóns de galaxias para ter un mapa preciso do Universo. A nosa idea é chegar ós 200 millóns de galaxias que se ven dende o hemisferio norte da Terra.

Todo isto faise tomando fotos con telescopios de gran campo de visión que van formando un mosaico por todo o ceo, tomando imaxes con varios filtros que deixan pasar a luz que nos interesa para clasificar as galaxias e medir a súa distancia. E que pasa coas estrelas que saen nas fotos das galaxias? Que tamén se fai un cartografiado con elas. E que pasa se aparecen asteroides ou outros obxectos do sistema solar? Que tamén se miden e se engaden estes datos para calcular ou refinar a súa órbita. Vaia, que “todo o que vén á rede é peixe”. Como vedes, o noso mapa inicial ten un montón de subproductos que outros astrónomos poderán utilizar aínda que non se adique a investigar en Cosmoxía. E todo isto se poñerá a disposición do público en aberto: será de acceso libre e gratuíto.

Que proxectos está levando a cabo o CEFCA?

Actualmente en CEFCA estamos a levar a cabo dous proxectos principais: J-PLUS e J-PAS. J-PLUS significa *Javalambre-Physics of the Local Universe Survey* e é un cartografiado previo de calibración que se está a facer co telescopio T80 do OAJ. Basicamente, consiste en calibrar todas as estrelas que se van a usar como referencia para o cartografiado de galaxias. Pero non só fai unha calibración, tamén fai ciencia, e moita. Xa se publicaron varios artigos importantes con resultados de J-PUS, e iso que só se publicaron os resultados para 2000 grados cadrados de ceo. O obxectivo é chegar ós 8000 grados cadrados. J-PAS significa *Javalambre-Physics of the Accelerated universe Survey*, e é o cartografiado de galaxias que vai

obter información da enerxía escura, como expliquei antes. Este proxecto faráse co telescopio T250 de 2,5 m de diámetro e unha cámara especial que se chama JPcam e que se está a montar agora no telescopio. Aínda non está funcionando pero empezará as probas as vindeiras semanas.

Ademais, estanse facendo observacións co telescopio T80 para outros cartografados complementarios. Un deles chámase Galante e quere facer un mapa das estrelas máis quentes que hai na Vía Láctea.

Con outros telescopios máis pequenos que hai no OAJ estanse a medir estrelas variables, é dicir, estrelas que cambian de brillo, sobre todo estrelas que son dobles e teñen eclipses cando se tapan unha á outra no seu movemento orbital. Tamén se están a medir ocultacións de estrelas por asteroides e outros obxectos do sistema solar. Cando un destes obxectos pasa por azar por diante dunha estrela tapa a súa luz por un instante e deste xeito podemos medir o tamaño do obxecto que pasou por diante. E tamén colaboramos coa rede española de bólidos e meteoritos aportando datos de bólidos que entran na atmosfera para calcular a súa traxectoria de caída e a súa órbita.

Que é para ti a astronomía?

Basicamente, pracer... o pracer de facer ciencia ao tempo que gozo do ceo. Nunca deixei de ser un afeccionado e de cando en cando saio co meu telescopio ou os meus prismáticos a observar o ceo por puro pracer. Na actualidade, moita xente perdeu o coñecemento que había do ceo noutros tempos, porque agora unha parte importante da poboación vive en grandes cidades onde non se ven as estrelas. Eu aínda teño a sorte de poder gozar dese ceo que coñecían os nosos avós.

En canto a traballo, cales son os teus plans de futuro?

En España, e traballando en ciencia, nunca se sabe. Pode pasar calqueira cousa. Este país nunca destacou pola inversión que fai en

ciencia e coñecemento. E cando veñen mal dadas na economía a ciencia é o primeiro sitio onde se fan recortes porque nunca se considerou un sector estratéxico, un investimento de futuro. Así que mellor non facer plans a moi longo prazo.

Como astrónomo profesional, que proxecto che espertou máis curiosidade ou che fixo máis ilusión realizar? Por que?

Toda a investigación que fago ten o seu misterio e a toda lle poño moita ilusión. Pero hai unha na que acabei de casualidade e que me está a proporcionando moitas satisfaccións.

Estou a participar en observacións de ocultacións de estrelas por obxectos trans-neptunianos, que son como asteroides ovalados ou esféricos de gran tamaño. Estes obxectos son como Plutón e están máis alá da órbita do planeta Neptuno. Hai varios obxectos deste tipo: Eris, Haumea, Make-Make, algúns son incluso máis grandes que Plutón. Podemos medir o seu tamaño cando, por azar, producen a ocultación dunha estrela lonxana durante un intre, tipicamente uns segundos. Como o obxecto é moi pouco brillante non podemos velo, pero si vemos a estrela. Antes da ocultación só vemos a estrela. Durante a ocultación, a estrela desaparece completamente, tapada polo obxecto, e logo volve reaparecer. Así que non necesitamos ver directamente un obxecto celeste para medir o seu tamaño. Como as estrelas que se tapán ás veces son suficientemente brillantes, pódense observar con telescopios pequenos, así que moitos astrónomos afeccionados colaboran nestas campañas cos seus telescopios, aportando datos dunha validez científica incuestionable. É o que se chama unha colaboración pro-am (*profesional-amateur*). Estes proxectos son moi excitantes porque a veces saén resultados científicos espectaculares. Por exemplo, hai un par de anos descubríronse aneis ao redor do planeta anano Haumea. Foi espectacular e moi excitante. Tamén participamos nas observacións da ocultación de Tritón, un satélite de Neptuno. Tritón é o único gran satélite do sistema solar cunha órbita retrógrada, é dicir, que vai ó revés que o resto. Isto indica que podería ser un satélite capturado por Neptuno. Pero Tritón ten unha atmosfera moi tenue. E can-

do se produciu a ocultación esta atmosfera actuou como unha lente e concentrou os raios da estrela producindo un pico de luminosidade no instante central, que puidemos rexistrar na serie de imaxes que tomamos. Ademais do OAJ, esta ocultación tamén se rexistrou dende o observatorio de Forcarei en Pontevedra.

Se puideses escoller algo da túa profesión, o mellor, que sería? E o peor?

O mellor: sen dúbida é a satisfacción persoal que produce. Pero non só me refiro á Astronomía, se non á ciencia en xeral.

O peor: que ás veces hai que estar lonxe da familia por longos períodos de tempo, e machacar o corpo traballando de noite. Nada sae de balde e o traballo nocturno acaba pagándoo o corpo.

Tes algún proxecto en mente que che gustaría levar adiante?

Teño varios, e algúns xa están en marcha. Por exemplo, un que xa está dando froitos: teño gardadas as imaxes de moitos telescopios, resultado das observacións das estrelas da miña tese. Esas imaxes abranguen varias noites e nelas rexístrase o mesmo campo de estrelas co obxectivo de medir a luz dunha soa que me interesa. Pero como nesas imaxes tamén aparecen outras estrelas, por que non medilas todas? Entón fixen un programa que mide a luz de todas as estrelas desas imaxes e detecta cales teñen variacións de luz. Xa atopei un par delas que non estaban rexistradas.

Como astrónomo, que consello lle darías a alguén que quere emprender o seu camiño nesta profesión?

A ciencia en España sempre foi algo secundario, así que a cousa está difícil. Pero teño claro algo, se se quere unha cousa e se fai un esforzo, todo se pode conseguir. O primeiro que se ten que cuestionar o/a que se queira adicar á Astrofísica é estudar o grao de Física. Tamén se pode facer dende o grao de Matemáticas, pero é máis doado todo logo cando se fai o de Física, porque logo hai que facer un máster e

adoitan facelo as facultades de Física. O grao pódese estudar en Galicia pero para facer o máster hai que ir fóra (Canarias, Madrid, Barcelona). Unha vez feito o máster hai que tentar entrar nalgún programa de doutoramento para facer a tese. É un proceso longo pero con esforzo, e se a un/unha lle gusta, non terá ningún problema.

Nestes momentos, en que estás traballando ?

En moitas cousas: observación de binarias eclipsantes, detección de novas estrelas variables, ocultacións de obxectos do sistema solar... ata estou metido nun proxecto de Física de Partículas que se chama IAXO, que vai tentar detectar unhas partículas que predí o modelo Estándar e que se chaman axións. Non me chega o tempo para todo o que quero facer.

Sabemos que o teu traballo está centrado nas estrelas binarias de baixa masa e o problema coa relación de radio de masa. Poderías-nos falar un pouco sobre iso?

O problema consiste en que os radios que se miden das estrelas menos masivas que o Sol, non coinciden cos que predín os modelos estelares: os radios que se miden son un 10 ou 15% máis grandes que os dos modelos para a mesma masa estelar. Isto non pasa se as masas das estrelas son superiores á do Sol, aí os modelos acertan cos radios, pero para estrelas pouco masivas fallan. A cuestión pódese abordar de dúas maneiras: ou os modelos son incompletos e non reproducen ben a relación masa-radio para estrelas sub-solares, ou hai un problema coas medidas. Isto último ten unha explicación en que os radios máis precisos mídense en estrelas binarias con eclipses. O problema é que estas estrelas situadas en sistemas binarios, adoitan ser estrelas activas con campos magnéticos intensos e rexións escuras na superficie (manchas estelares) que fan que a estrela se aumente un pouco. Se a estrela estivese aillada, que é o que supoñen os modelos, isto non debería pasar. A teoría máis aceptada agora mesmo é que estamos a comparar modelos para estrelas illadas, é

dicir, con pouca ou nula actividade, con estrelas situadas en sistemas binarios, que teñen unha actividade aumentada pola presenza da compañeira. E de aí podería vir a diferenza dos radios medidos cos teóricos.

Investigando, descubrimos que implementaches un código para calcular de forma sinxela os parámetros orbitais espectroscópicos para binarios e exoplanetas. Cal é o nome dese código e en que consiste?

As velocidades radiais son a compoñente ao longo da liña de visión da velocidade real da estrela, e pódense medir doadamente a partir dun espectro do sistema binario. A cuestión é que se podemos medir as velocidades radiais e a gráfica de luz dun sistema binario con eclipses, podemos saber case todo do sistema binario: as masas e radios das súas compoñentes, as luminosidades, as temperaturas, a inclinación da órbita, a separación entre estrelas... todo. Pero para iso, hai que axustar os parámetros da órbita das velocidades radiais, o que se chama órbita espectroscópica. Os programas que había partían dunha órbita provisional, co período coñecido, e logo calculaban a definitiva axustando os parámetros. Pero o programa que fixen, que se chama “rvfit”, axusta os 6 parámetros, incluído o período, sen saber a priori nada acerca deles. Para iso utiliza unha técnica que se usa a veces en intelixencia artificial que se chama Recocido Simulado (*Simulated Annealing*). Ademais, non só calcula os valores dos parámetros, senón tamén as súas incertezas de xeito robusto. Agora mesmo estase a usar por aí adiante para calcular as órbitas espectroscópicas de estrelas binarias e de exoplanetas descubertos polas súas velocidades radiais.

Para ti, a astronomía comezou sendo un hobby ou desde sempre tivaches claro que querías dedicarte a ela profesionalmente?

Empezou coma una afección. Eu tiña claro que me gustaba a electrónica e a astronomía era só para saír polas noites co telescopio. Empeciei a cuestionarme estudar Astronomía en serio cando un compañeiro

de facultade me pideu consello para construír un fotómetro e medir a luz das estrelas. Non se enteraba moito co esquema electrónico, así que pasoumo a min xunto con algúns artigos sobre estrelas variables e sobre como medir as súas variacións de luz co fotómetro. Alí empecei a darme conta de que aquilo me gustaba, e xa non era tanto como afección, senón xa como interese académico. De aí a marchar a Canarias para estudar a especialidade non faltou nada.

Realizaches un proxecto cunha forte carga observacional relacionado cunha gran cantidade de curvas de luz IR/visuais e curvas RV. Que finalidade ten este proxecto? En qué consiste?

O proxecto é o que desenvolvín para o meu traballo de fin de máster (TFM) e a miña tese. O nome forma parte do título da tese: “Parámetros fundamentais de estrelas binarias eclipsantes pouco masivas: a relación masa-radio”. De feito, este proxecto aínda non rematou porque temos datos que non figuran na tese e queremos seguir publicando resultados. Consiste en observar no visible e no infravermello as curvas de luz e as velocidades radiais destas estrelas. As curvas de luz son as gráficas onde pintamos como varía a luz do sistema binario co tempo, onde se ven as eclipses. O obxectivo do proxecto é medir as masas e os radios das compoñentes destas estrelas e ver se cumpren as predicións dos modelos ou se desvían deles. Isto faise a partir desas medidas que tomamos. Tamén queremos ver se hai dependencia destas desviacións con outros factores, por exemplo, o período orbital ou a metalicidade, é dicir, a cantidade de elementos na composición química da estrela que non son hidróxeno (H) ou helio (He). Isto nos daría pistas de por onde está o problema e como corrixilo.

Cando e como se orixinou o Observatorio Astrofísico de Javalambre e cales son as actividades que actualmente desarrolla?

O OAJ empezouse a construír no ano 2010 coa finalidade de dispoñer dun observatorio adicado a facer grandes cartografados celes-

tes. A idea é medir as variacións das densidades de galaxias no universo próximo para ver se dan pistas sobre as propiedades da enerxía escura. Para iso hai que medir as posicións no espazo de millóns de galaxias e estudar a súa distribución. O problema aquí é medir a terceira dimensión, que é a distancia dende o noso punto de vista na Vía Láctea. Para iso hai que facer imaxes do ceo con filtros moi estreitos e medir o corremento ó vermello desas galaxias de forma masiva. Non se pode ir unha a unha, nin de cen en cen. Hai que ir medindo a milleiros de galaxias de golpe, facendo imaxes de rexións grandes do ceo. Como facendo unha foto do ceo composta de milleiros de fotos pegadas unha a outra en mosaico. Para poder facer isto e medir a luz desas galaxias con precisión hai que facer un cartografado previo que xa está en marcha.

Agora mesmo o observatorio xa ten os telescopios completados e estase a poñer en marcha a cámara panorámica JPcam, que é a máquina de medir galaxias que temos. Está previsto que vexa a primeira luz próximamente. O telescopio que está a facer o cartografado previo de calibración, o T80, xa está a traballar dende hai uns anos a pleno rendemento.

*Mirando cara ao futuro, cales son as liñas de investigación que se plan-
texan o Observatorio e o CEFCA para os próximos anos?*

Basicamente estamos centrados nas observacións para facer os cartografiados J-PLUS e J-PAS. Tamén estamos a facer observacións de tempo aberto para outros astrónomos e participamos en proxectos de localización de contrapartidas ópticas de estalidos de raios gamma (GRB) e eventos de ondas gravitatorias. O 20% do tempo de observación está adicado a tempo aberto para que outros astrónomos poidan ter acceso aos telescopios do OAJ e facer as súas investigacións con eles. Tamén está prevista unha colaboración co proxecto Euclid (<https://sci.esa.int/web/euclid>) da Axencia Espacial Europea. Este satélite necesita observacións de apoio dende terra e participamos dous telescopios de gran campo, un en Hawaii e o outro será o noso T250. Tamén está previsto continuar as observa-

cións de ocultacións por obxectos trans-neptunianos e outros corpos do sistema solar. Ademais, a divulgación non está esquecida porque se está a poñer en marcha un centro de divulgación astronómica en Arcos de las Salinas que se chama Galaáctica (https://www.cefca.es/galactica_es/general) e que permitirá aos afeccionados dispoñer de varios telescopios para facer as súas observacións. Hai que lembrar que toda a zona de Javalambre é unha zona de Reserva Starlight con ceos moi escuros e baixa contaminación luminosa.

Gaming e astronomía. Unha panorámica

*David vázquez, Christian Otero
e Xabier Vila*



Os videoxogos, un campo relativamente recente na nosa sociedade, cada día máis presente e recoñecido, emprega a miúdo a inmensidade do universo como fonte de inspiración. Agran cantidade de planetas, satélites, nebulosas e demais astros, xunto coa implementación de mecánicas de xogo que consigan a inmersión e o goce do xogador, dan lugar a constelacións de xogos que teñen luz propia. Estes son algúns exemplos de videoxogos relacionados coa astronomía.

ELITE DANGEROUS



É un videoxogo de simulación espacial onde un xogador a bordo dunha nave espacial explora unha galaxia baseada na Vía Láctea a escala 1:1. Dentro do videoxogo existen uns 400 mil millóns de sistemas estelares con planetas e lúas que xiran en órbita a tempo real.

Todo se atopa a escala real de modo que, como explican os seus deseñadores, todas as distancias e tamaños dos planetas son correctos.

O xogo foi lanzado no ano 2014, desenvolvido e distribuído por Frontier Developments. Está disponible para plataformas como Windows, Mac, Xbox One e Playstation 4.

NO MAN'S SKY



En 2013, Hello Games, unha pequena empresa deseñadora de videoxogos liderada por Sean Murray, revelou o desenvolvemento dun xogo revolucionario, No Man's Sky. As promesas e a paixón de Sean pola súa obra xeraron unhas grandes expectativas no público que desembocaron nun éxito de vendas no seu lanzamento en 2016. Pero toda a presión e falta de tempo que sufriu o equipo de só 15 persoas xunto coas inmensas expectativas fixeron que o xogo non resultase o que a xente se esperaba e as críticas acabaron levando ao esquecemento.





Contra todo pronóstico Hello Games non se rendiu e seguiu traballando no xogo ata engadir todo o prometido e mais na súa última actualización Beyond en 2019.

No Man's Sky propón unha aventura de ciencia ficción en primeira persoa que permite a exploración de planetas e galaxias xerados de maneira procedural, dando como resultado 18 trillóns de planetas a explorar, dispoñible para PS4, Windows e Xbox One. Como se isto fose pouco nas súas numerosas actualizacións ao longo destes tres anos foronse engadindo novas características, mecánicas e formas de xogo ata converterse no xogo prometido en 2013.



Na primeira actualización, *Foundation*, incorporouse a posibilidade de construír e establecer a nosa base nun planeta; na segunda, *Pathfinder*, a posibilidade de construír vehículos para explorar con máis facilidade; na seguinte, *Atlas Rises*, incorporouse unha historia con máis de 13 horas xogables, novas misións, modo multixogador e o tan ansiado combate aéreo; en *Next* o xogo chegou á plataforma Xbox One; en *The Abyss y vision* engadíronse novas criaturas e plantas e o multixogador expandido; e finalmente, en *Beyond*, a posibilidade de vivir esta experiencia en VR (realidade virtual).

Todos os cambios e melloras engadidos fan deste título unha experiencia totalmente recomendable para que os afeccionados á astronomía teñan a posibilidade de emprender unha viaxe ao longo do universo, contemplar planetas, criaturas extraordinarias, e crear a súa propia historia.

EVE ONLINE



Eve online é un xogo desenvolvido por CCP games para Microsoft Windows, Mac OS e GNU Linux con data de saída inicial en 2003. É un xogo de simulación espacial, rol e multixogador masivo en liña que ofrece a posibilidade de recorrer a galaxia a través de máis de 5000 sistemas estelares.

Propón aos xogadores crear o seu propio camiño, interactuar cos demais a modo de alianza, conflito ou en batallas en busca de poder, constituíndo así o maior traballo de ciencia ficción colaborativa ata a data. Ademais o xogo consta do seu propio sistema económico.

A SLOWER SPEED OF LIGHT



É un videoxogo desenvolvido por *MIT game lab* dispoñible para Microsoft Windows e MacOS a custe cero. O prototipo propón un xogo en primeira persoa no cal os xogadores exploran un mundo 3D recollendo uns orbes que reducen a velocidade da luz. O código do xogo permite á luz moverse á marcha do xogador. Os efectos da relatividade especial fanse visibles de maneira gradual para o xogador en tempo real, o cal aumenta notablemente a dificultade deste.

O título combina a accesibilidade dun entorno fantástico coa investigación de física teórica e computacional facendo vivir ao xogador unha experiencia rica pedagoxicamente.



O neno das estrelas

José María López Pérez, coñecido como «O neno das estrelas», construíu o observatorio astronómico do Couto da Zarragrande (Vila de Cruces) cando xa estaba xubilado. Antes diso traballara de labrego, albanel, carpinteiro, vixiante nas minas de wolframio e practicante sanitario embarcado nos transatlánticos que iban a Sudamérica.

O interese pola astronomía atravesou boa parte da súa vida, como acredita o alcum polo que é coñecido, se ben foi nos últimos anos cando se convertiu nunha verdadeira paixón. A construción do observatorio, na cima de Zarragrande, veu a demostrar o seu forte compromiso coa astronomía, á vez que constitúe unha singularidade en termos de patrimonio, pois en Galiza non abundan as edificacións destinadas á observación do ceo.

A súa actividade de dinamización non quedou aí. Canda o observatorio de Zarragrande, fundou a Agrupación Astronómica Aller Ulloa para dar cabida aos afeccionados á astronomía da contorna de Vila de



Cruces. Ademais, a agrupación encargouse da edición dunha revista astronómica propia, con periodicidade semestral, chamada *Astronomía Amateur*. Esta revista tiña ánimo divulgativo e daba saída tanto a traballos de membros da agrupación como de astrónomos e investigadores profesionais.

En 2009 viu a luz o seu primeiro libro, *Divagaciones astronómicas y algo más*, un compendio das súas experiencias vitais e astronómicas que paga a pena revisar.

A continuación reproducimos, en versión galega, un artigo da súa autoría publicado en *Astronomía Amateur* (nº 12, primeiro semestre 2003), onde expón a natureza da súa cosmovisión en relación coas últimas hipóteses e teorías científicas.

Conxecturas sobre o Universo. Que é o Universo?

José María López

É un conxunto de corpos e materias espaciais unidos polas súas condicións existenciais, formado por unha colosal burbulla introducida na “NADA”. O contido deste vocablo é moi difícil de imaxinar. Como imos supoñer unha nada sen materia, sen espazo, sen tempo, sen luz e quizais incluso sen escuridade? Non é menos problemático o infinito, como podemos pensar “algo” que non teña fin, que non se acabe sen remate nunca... NUNCA!... NUNCA XAMAIS! Tanto no tempo como no espazo. Se isto é así tampouco pode haber o Bing Brunch porque nunca se podería volver ao punto de partida. Por outra parte todo o que tivo principio debe ter un fin, segundo estamos afeitos a observar nas circunstancias da vida.

Ao que imos, é a expansión do Universo debida á gran explosión (o Big Bang)? Isto é o que parece á vista dunha lixeira análise. Se pensamos no montón de anos que pasaron desde a hipotética explosión, porque aínda non se pode afirmar a súa verdadeira existencia nin que fora causa desa expansión. Non podería deberse á rotación do Cosmos? Segundo podemos observar no espazo todo xira: xiran as Galaxias, as estrelas, os planetas, xiran os cúmulos estelares e ademais corpos que tamén circulan xirando polo inmenso espazo, achaiándose polos polos e ensanchándose polo ecuador. Cando isto sucede cos corpos sólidos e ríxidos, máis fácil será que pase cos conxuntos de organismos que se moven en común, ademais de que cada un o fai por separado ao son do seu propio ritmo. Por que non ha suceder isto co Universo enteiro? É posible que co telescopio de 10 metros de diámetro que se está construíndo en Canarias se cheguen a desvelar todas estas incógnitas e outras moitas que aínda non están a plena “luz do día”. O movemento ex-

pansivo en sentido circular e radial, é moi xusto que suceda ao ir medrando os contornos rotatorios do universo ao unísono coa súa extensión. A maior tamaño maior velocidade, sobre todo na periferia do conxunto. Aínda que non xire en bloque non se pode comparar totalmente cunha roda sólida, pero ten as súas semellanzas. Ao ensancharse os corpos que rotan, polo ecuador, debido ao seu movemento e seguindo coa mesma cantidade de masa, acaban xuntándose as súas caras, como lle pasará algunha vez ao Universo. Excusamos temer nada, cando iso suceda, onde irá xa o xénero humano! Todo iso estalle sucedendo aos planetas (van por ese camiño) e demais corpos sólidos que se moven en rotación, con máis facilidade tenlle que ocorrer ás aglomeracións inconsistentes, como son os sistemas solares, as galaxias, e ao mesmo Universo. Aquí cabe pensar que se o Universo se estende non podería ser infinito, porque un todo tan inmenso e tan completo non o podemos imaxinar falto de espazo (falto de nada) e por tanto non cabe a expansión de “algo”. Entón pódese explicar a existencia da NADA contorneando o cosmos. A existencia da nada, que vai enchendo a expansión do Universo, parece moi acorde cos sucesos observados. Ademais a nada xa vén considerada por astrónomos, científicos e cosmólogos desde o Bing Bang. Consideraban e consideran que a medida que se ían formando e estendendo os primeiros átomos, ía aparecendo o espazo e o tempo, a luz, o resto da materia e todo en xeral. Aquí déixase “ver” a nada con diáfana claridade e que a expansión do cosmos vaia enchendo a nada que aínda existe nos seus confíns.

Imos referirnos agora ás grandes galaxias, aos Universos illas, como as denominan algúns astrónomos e astrofísicos. Parece que se formaron uns 100 mil millóns de anos despois da gran explosión. Tendo iso en conta e calculando o tempo da súa existencia, estrutura, composición, etc., resulta unha aglomeración de estrelas e outros corpos relacionados de 100 mil millóns a 400 mil millóns na nosa galaxia.

Encontrámonos no noso sistema solar a unha distancia do centro galáctico de 30.000 anos luz. Con este só dato, aplicando a fórmula $2\pi r$ podemos saber a lonxitude da circunferencia por onde transitamos na Vía Láctea = $30.000 \times 2 = 60.000 \times 3,14 = 188400$ anos luz.

Pódense aínda averiguar moitas outras cousas máis: a qué velocidade por segundo imos pola galaxia.

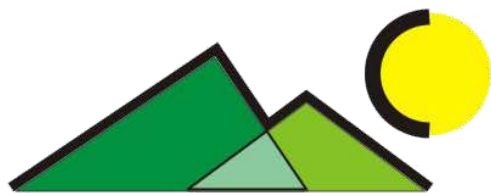
Tamén se podería saber cantos anos máis podería durar o Universo, se vai aumentando a súa velocidade como ata agora; ao chegar á velocidade da luz, segundo a teoría da relatividade, ao chegar a esa velocidade convertírase todo o material en enerxía luminosa.

Isto deixarémolo para mellor ocasión e ao mesmo tempo esperamos como van desenvolvendo os acontecementos científicos.



A misión MARS 2020, da NASA, chegou á superficie de Marte o 18 de febreiro de 2021 despois dunha viaxe polo espazo de oito meses. Leva a bordo o rover Perseverance co que as científicas/os queren iniciar unha nova etapa de exploración científica do planeta vermello.

Nesta misión tamén viaxan os nomes de milleiros de persoas e institucións. Estes nomes quedarán no planeta para a eternidade. Un deles, que agora xa descansa na superficie, é o do noso centro, IES Marco do Camballón.



IES MARCO DO CABBALLÓN