

# Veciños cósmicos





Primeira edición: Setembro 2015

© UNawe, 2015

© Jordi Gutiérrez, Rosa M. Ros, 2015 polo texto

© Maria Vidal, 2015 polas ilustracións.

Edición: Rosa M. Ros Ferré

Revisión dos textos:

Carme Alemany, Jaime Fabregat e Cristina Padilla

Tradición: Enrique Sánchez Rodríguez

Deseño gráfico:

Maria Vidal

Impreso na UE

ISBN: 978-84-15771-55-5

# VECINIOS CÓSMICOS

Jordi L. Gutiérrez

Rosa M. Ros

UNAWA, 2015



“Ciencia en Acción” é un programa nado en España no ano 2000 para promover a comunicación da ciencia, impulsar a innovación docente e fomentar novas vocacións científicas entre os nosos xoves. “Adopta unha Estrela” xurdiu no ano 2002, dentro de “Ciencia en Acción”, para espertar o interese pola ciencia, en particular pola astronomía, entre os nenos e xoves de todos os países de fala hispana e portuguesa. Habemos de lograr que coñezan mellor o universo. Non se valora aquilo que non se coñece e descubrir o sistema solar é unha forma de fomentar a curiosidade pola astronomía e a ciencia e tamén de respectar o medio que nos arrodea.

[www.cienciaenaccion.org](http://www.cienciaenaccion.org)



O Consejo Superior de investigaciones Científicas (CSIC) é unha institución comprometida con UNawe desde os seus inicios. Cun claro espírito de conexión con todos os países hispanos, o CSIC presta o seu apoio aos traballos de UNawe en español pensados para os nenos e nenas que falan unha mesma lingua que os une.

[www.csic.es](http://www.csic.es)



UNAWA, Universe Awareness, é unha iniciativa internacional que nace en 2005 co obxectivo de despertar nos nenos o interese pola ciencia a través da observación do Universo. UNAWA funciona como unha plataforma de contidos e recursos, postos en común; os seus destinatarios son os nenos de diferentes países. A través das súas experiencias e emocións cos astros foméntase a súa conciencia dun destino compartido nun mundo de paz.

[es.unawe.org](http://es.unawe.org) e [sac.csic.es/unawe/](http://sac.csic.es/unawe/)



# Introdución

O Sol e os planetas estiveron sempre presentes na imaxinación da humanidade. Non podemos estar seguros de que pensaban en tempos prehistóricos cando os observaban movéndose pola bóveda celeste, pero as máis antigas civilizacións da historia dotáronos dun carácter sacro, fixéronos encarnación dos seus deuses. Poucos de nós (polo menos de momento) viaxaremos nesas naves que iniciarán a nosa expansión polo Sistema Solar, pero co xa coñecido podemos embarcarnos nunha fascinante viaxe mental cara a contornas como xamais coñeceu a nosa especie. Imos pois comezar unha travesía que nos conducirá polos principais corpos do Sistema Solar, unha viaxe que nos pode levar lonxe en termos de comprensión e exploración. Estas poucas páxinas son unha concisa guía de viaxe do Sistema Solar; nelas descríbense as principais características, peculiaridades e algunhas anécdotas dos nosos máis achegados veciños cósmicos.

Figura 1: Saturno e o seu anel, o planeta máis fermoso do Sistema Solar. (Fonte: NASA).



# Formación de Sistemas Planetarios

As estrelas fórmanse a partir de enormes nubes de gas e po que se contraen, facendo medrar a súa densidade e temperatura até que o hidróxeno experimenta reaccións de fusión nuclear; dicimos entón que naceu unha estrela.

A nube orixinal rotaba e ao contraerse xirou máis velozmente, como lle pasa a un patinador que contrae os seus brazos. Entón, o gas da zona ecuatorial experimentou unha forza centrífuga (como a dun coche ao tomar unha curva) que contrarrestou en parte a contracción. Iso ocorreu en menor medida preto dos “polos” da nube, onde o gas caeu cara ao centro con maior rapidez. Así, a nube acabou formando unha protoestrela arrodeada dun disco ecuatorial de gas (e algo de po). No disco, partículas de po e de xeo comezaron a reunirse para formaren pequenos grans, seixos e, tras un longo proceso, planetas. Os maiores captaron grandes cantidades de gas (sobre todo hidróxeno e helio) para formaren os planetas gasosos.

Non podemos confirmar tal proceso no noso sistema solar, xa que sucedeu hai máis de 4500 millóns de anos, pero corrobórase ao observarse estrelas novas próximas, arredor das cales descubriron moitos discos de gas e po. Xa se acharon case dous milleiros de exoplanetas, e crese que preto da metade das estrelas da Galaxia posúen o seu propio sistema planetario.

Todos os corpos dun sistema planetario xiran arredor da súa estrela segundo órbitas elípticas (agás os satélites, que xiran arredor dun planeta).

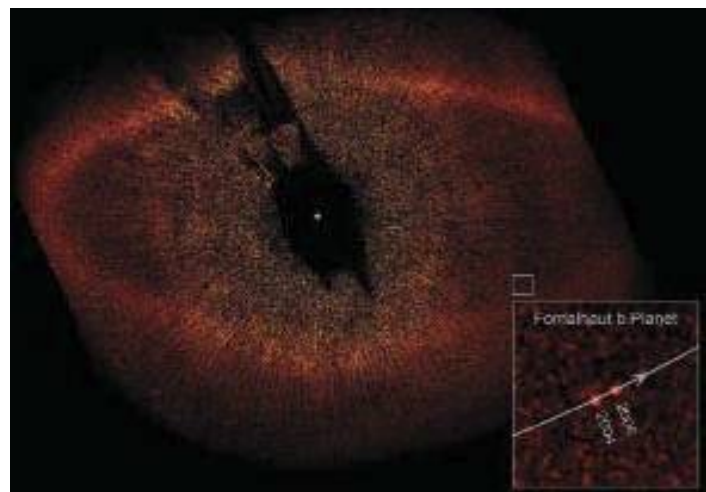


Figura 2: Disco de po e planetas arredor de Fomalhaut (Fonte: NASA, ESA).



## Debuxando unha elipse

Cortamos un anaco de cordel. Facemos un nó en cada extremo e atravésámolo cunha chincheta que cravamos nun papel posto sobre un cartón. Coa punta dun lapis empurramos o cordel até tensalo e, manténdoo así, movemos o lapis dando unha volta enteira. Unha elipse trazarase: conxunto de puntos tales que a suma das distancias a dous puntos fixos – os focos – (onde se fixaron as chinchetas) é un valor constante (a lonxitude do cordel).

É bo facer probas separando máis ou menos as chinchetas: afastándoas a elipse é máis alongada, achegándoas é máis redonda, e cravando unha soa chincheta atravesando ambos nós obtense unha circunferencia. Os planetas xiran en órbitas elípticas co Sol nun foco, pero son case circunferencias. Os cometas, polo contrario, recorren órbitas elípticas moi alongadas.

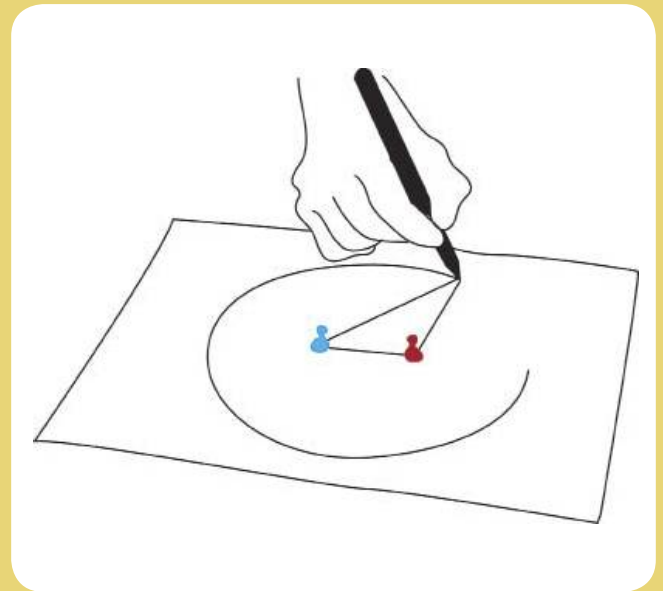


Figura 3: Debuxando unha elipse.

# Que é o Sistema Solar?

O Sistema Solar está formado polo Sol, oito planetas cos seus satélites, planetas ananos, asteroides, obxectos do Cinto de Kuiper e outros corpos máis pequenos como cometas e meteoroides, así como gas e po entre eles. Todos estes obxectos xiran arredor do Sol, agás os satélites que xiran arredor do seu planeta, segundo órbitas elípticas que no caso dos planetas, satélites e moitos asteroides son moi achegadas a circunferencias. Entre todos eles actúa a forza atractiva da gravidade.

Os membros do Sistema Solar encóntranse nesta orde: Mercurio, Venus, a Terra, Marte, cinto de Asteroides (aínda que hai asteroides dispersos por todo o Sistema Solar), Xúpiter, Saturno, Urano, Neptuno, o Cinto de Kuiper e, máis lonxe aínda, a Nube de Oort, un inmenso depósito xeado de milleiros de millóns de cometas.

	Diámetros en km	Distancias a o Sol en km
Sol	1.392.000	
Mercurio	4.878	57.900.000
Venus	12.180	108.300.000
Terra	12.756	149.700.000
Marte	6.760	228.100.000
Cinto de asteroides		300.000.000 - 500.000.000
Xúpiter	142.800	778.700.000
Saturno	120.000	1.430.100.000
Urano	50.000	2.876.500.000
Neptuno	45.000	4.506.600.000
Cinto de Kuiper		4.500.000.000 - 15.000.000.000

## Modelo de comparación de diámetros

Abonda considerar os diámetros reais dos obxectos en centímetros e dividir por 1.000.000.000 para obter un modelo de tamaño razoable.

En papel ou tea amarela recortamos un círculo de 1.4 metros de diámetro que representará o Sol. Dentro del pegaremos os 8 planetas do Sistema Solar cuxos diámetros deben ser:

Mercurio 0,5 cm  
Venus 1,2 cm  
A Terra 1,3 cm  
Marte 0,7 cm  
Xúpiter 14 cm  
Saturno 12 cm  
Urano 5 cm  
Neptuno 4,5 cm

Usando pinturas podemos decoralos comparando con algunhas fotografías destes que se poden conseguir facilmente na rede.

Finalmente podemos pegar os planetas sobre a superficie do Sol. Hai que destacar

que o efecto conseguido é semellante ao que se pode ver nun tránsito de Venus ou de Mercurio por diante do Sol salvo porque nese caso veriamos un disco negro xa que os planetas se limitan a reflectir a luz que lles chega do Sol.



Figura 4: O Sol e os planetas do Sistema Solar.

## Modelo de tamaños das órbitas dos planetas do Sistema Solar

A distancia dun planeta ao Sol é, aproximadamente, a metade que a do seguinte planeta ao Sol; así, a distancia que separa Xúpiter do Sol é a metade que a do Sol a Saturno.

Esta actividade permite percibir distancias relativas entre obxectos do sistema solar usando unha cartolina DIN-A4 ou DIN-A3.

Anotamos no extremo dereito un S, para representar o Sol, e no esquerdo un CK, para un obxecto do Cinto de Kuiper. Dobramos pola metade a cartolina e nese punto situamos Urano, anotando un U. Dobramos de novo pola metade entre U e CK, e situamos Neptuno, marcado cun N. Se dobramos pola metade entre S e U temos Saturno, onde escribimos Sa. Volvemos dobrar a cartolina entre o Sol e Saturno e analogamente situamos Xúpiter, cun X. Dobramos pola metade entre o Sol e Xúpiter e situamos entón o Cinto de Asteroides que designamos por CA. Dobrando pola metade entre o S e CA temos Marte situado cun M.

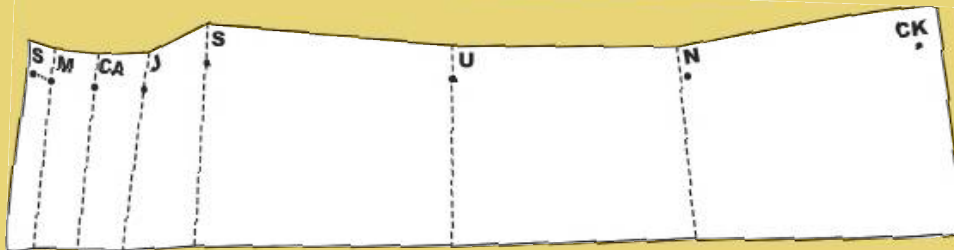
Finalmente, dividimos en catro partes iguais a distancia entre o Sol e Marte, e situamos Mercurio, Venus e a Terra, que designamos por Me, V e T (Figura 5).

Comparando coas distancias reais do Sol aos planetas veremos que a aproximación

usada non é precisa, pero é sinxela e dá unha idea intuitiva das distancias relativas, que é o único que aquí se intenta.



Figura 5: Foto do modelo de distancias



## Modelo de comparación de diámetros e distancias

É interesante ofrecer un modelo no que ademais das distancias a escala poidamos representar os planetas a escala. Hai que conseguir un equilibrio entre as distancias para que non sexan moi grandes pero que, á vez, os diámetros dos planetas non resulten invisibles. Unha boa opción consiste en establecer todos os valores en metros e dividir todos eles por 5 000 000; o resultado a escala é o que aparece na táboa a seguir::

Comezamos por situar a pelota de baloncesto do Sol nun curruncho do patio do colexio.

Mercurio é a cabeza dun alfiler situado a 12 m (un paso é un metro máis ou menos). Venus e a Terra serán dúas cabezas de dous alfileres algo maiores a 22 m e a 30 m en diferentes direccións. Marte, outra cabeza de alfiler como Mercurio, está situado a 46 m. Normalmente aquí se termina o Sistema Solar dentro do patio do colexio.

	Diámetros	Distancias ao Sol
Sol	28,0 cm - pelota de baloncesto	
Mercurio	0,1 cm - cabeza de un alfiler	12 m
Venus	0,2 cm - cabeza de un alfiler	22 m
Terra	0,2 cm - cabeza de un alfiler	30 m
Marte	0,1 cm - cabeza de un alfiler	46 m
Xúpiter	3 cm - pelota de golf	155 m
Saturno	2,5 cm - pelota de ping-pong	285 m
Urano	1 cm - canica	575 m
Neptuno	1 cm - canica	900 m

Podemos completar o sistema se o facemos nun parque público ou en varias rúas, en diferentes direccións, sempre que sexan suficientemente longas xa que Neptuno estará a 900 m do Sol inicial.

Podemos usar pelotas de golf para Xúpiter a 155 m del Sol, unha pelota de pimpón

para Saturno a 285 m e dúas bólas para Urano e Neptuno a 575 m e 900 m respectivamente (Figura 6).



Figura 6: Pelotas del modelo en la ciudad.



# Sol

Cuns 4.600 millóns de anos de idade, o Sol está na metade da súa vida. Cada segundo o núcleo solar converte 4 millóns de toneladas de materia nunha inmensa cantidade de enerxía (que en parte percibimos como radiación visible cando emerxe pola súa superficie) e unhas escorregadizas partículas chamadas neutrinos\*.

O Sol ten un campo magnético bastante intenso e moi complexo que está sempre mudando, e que periodicamente dá lugar a unha grande actividade\*\*. As liñas de campo magnético emerxen na superficie e producen as manchas solares. Estas aparecen escuras sobre a superficie do Sol porque están máis frías que o resto da superficie: a "só" 4000°C, cando a temperatura media é duns 5500°C.

\*Para máis detalles consultar o libro Festa de estrelas desta mesma colección

\*\*Para máis detalles consultar o libro Buscando o Norte desta mesma colección

Como o Sol é unha bóla de gas, a rotación do Sol produce distorsión nestes campos magnéticos e dá lugar á súa ruptura, o que produce explosións de partículas de moi alta enerxía (as fulguracións), e as execcións de masa da coroa (Figura 7). O Sol emite continuamente o vento solar, unha tenue brisa formada principalmente por protóns, núcleos de helio e electróns.



Figura 7: Detalles das manchas e as fulguracións a que dan lugar. (Fonte: TRACE)

## Observación das manchas solares

Observar o Sol é perigoso polo seu gran brillo e polos raios ultravioleta emitidos pola coroa solar, que poden causar serios danos oculares.

Para observarmos as manchas solares usamos, mais non directamente, uns prismáticos coa axuda dun adulto. Non se pode ollar o Sol a través deles, senón que se utilizan para proxectar a imaxe do Sol sobre unha cartolina. Destapamos só un dos dous oculares e colocámolo nun burato que recortaremos nunha cartolina para que o disco solar destaque sobre a zona de sombra da cartolina. Orientamos o ocular cara ao Sol sen ollar por el, unicamente tenteando a súa posición e ollando as sombras sobre a cartolina.



Figura 8: Observando as manchas solares cuns prismáticos.

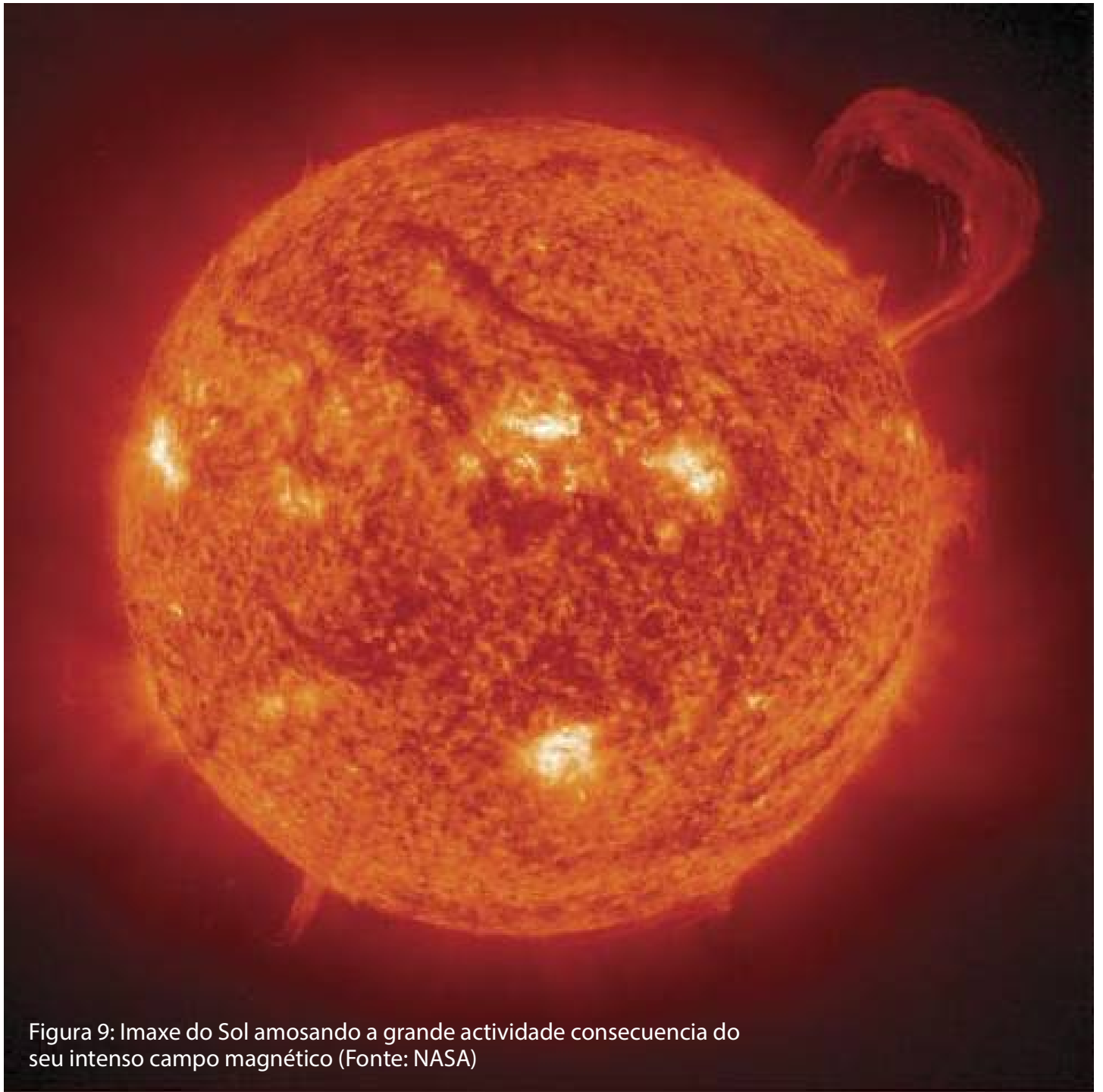


Figura 9: Imaxe do Sol amosando a grande actividade consecuencia do seu intenso campo magnético (Fonte: NASA)

## Modelo de liñas de campo magnético e manchas solares

Para visualizarmos as liñas do campo magnético solar que xeran as manchas solares usamos algúns imáns sobre a fotografía do Sol (Figura 9).

En primeiro lugar imprimimos a foto do Sol (Figura 9) e pegamos en pares de manchas solares uns pequenos imáns circulares planos de maneira que un teña o polo norte arriba e o outro abaixo. Colocamos despois un imán en forma de ferradura neles e así temos a visualización das liñas do campo magnético asociadas a un dos pares de manchas solares, que saen da superficie solar, e que en ocasións provocan grandes fulguracións. Pódese substituír o imán de ferradura por un anaquiño de limpa-pipas que colocamos enriba dos imáns circulares (Figura 11).

Estas execucións grazas ao vento solar, chegan ao campo magnético do noso planeta ou doutro e dan lugar ás auroras. De feito observáronse auroras en Xúpiter, Saturno e Neptuno, ademais de na Terra.

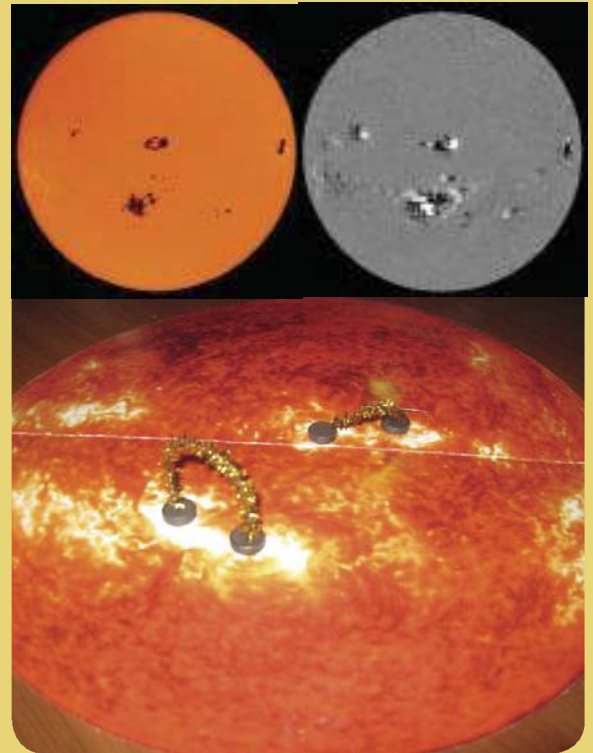


Figura 10a: Imaxe do sol no visible (cor falseada). Figura 10b: Imaxe magnética do sol en branco e negro para amosar a polaridade das manchas. O branco corresponde ao polo sur e o negro ao polo norte da mancha. Figura 11: Modelo con limpa-pipas.

# Mercurio

Mercurio é o menor planeta do Sistema Solar (aínda que non é moito máis pequeno que Marte) e o máis próximo ao Sol. Precisamente por ser o primeiro planeta que atopamos desde o Sol é o que se despraza de maneira máis rápida. Os gregos crían que era o mensaxeiro dos deuses, ao valoraren a súa rapidez de movementos sobre a bóveda celeste (Figura 12).

Pola súa proximidade ao Sol, Mercurio é incapaz de reter unha atmosfera apreciable. A súa superficie fainos lembrar a Lúa, posto que está chea de cráteres de impacto de todos os tamaños (incluíndo a enorme Cuenca Caloris, resultado do impacto dun obxecto de centos de quilómetros de diámetro).

Mercurio posúe outra peculiaridade: o seu día dura 59 días terrestres, o seu ano 88 e o tempo entre dúas saídas do Sol consecutivas é de 176 días; ¡dous anos de Mercurio! A zona iluminada alcanza temperaturas terribles, até máis de 600°C, mentres que na rexión nocturna descende en picado até os -150°C!



Figura 12: Mercurio, o mensaxeiro dos deuses.

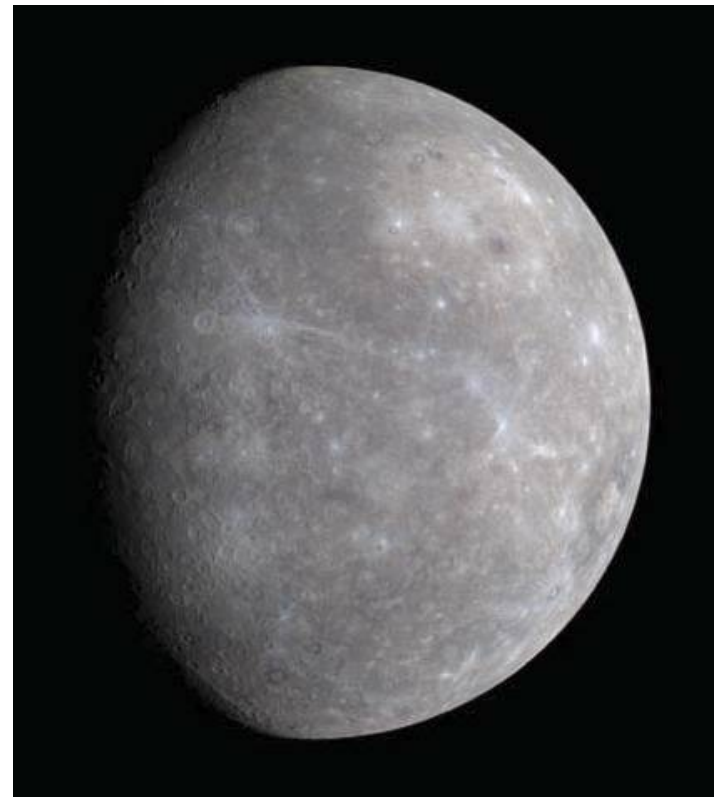


Figura 13: Superficie de Mercurio.

## Modelo de cráteres de impacto

Pódese reproducir o aspecto dos cráteres de impacto con fariña e cacao en po. Primeiro hai que recubrir o chan con xornais para non ensuciar e para facilitar a recollida da fariña e o cacao despois de realizar a actividade, co obxecto de reciclalos á hora de repetir a actividade.

Distribuimos unha capa lisa de 1 ou 2 cm de fariña cun coador para evitarmos bolocos. Seguidamente poñemos unha capa duns poucos milímetros de cacao en po sobre a fariña co coador. Desde uns 2 m de altura (abonda levantar os brazos por riba da nosa cabeza) deixamos caer unha culler sopeira de cacao en po que deixará marcas semellantes aos cráteres que se ven sobre a superficie de Mercurio e doutros moitos corpos do Sistema Solar.

Para seguir a investigar pódense lanzar sobre o leito de fariña diversas pelotas ou pedriñas, de distintos tamaños e materiais. Tamén se poden lanzar incidindo dende arriba ou con inclinación e estudar os resultados obtidos. Nestes casos pódese seguir a experimentar cunha superficie de fariña ou cunha superficie de arxila, sempre tendo en conta que haberá que dar maior

profundidade á capa de material sobre a que se impacta (se non, o obxecto que lancemos rebotará contra a superficie que haxa baixo da fariña ou da arxila).



Figura 14: Cráteres con fariña e cacao.



# Venus

Cando está no seu brillo máximo é o obxecto máis brillante do firmamento despois do Sol e da Lúa. Malia ser un planeta coñécese como a “estrela da mañá” (cando vai por diante do Sol) ou como “estrela da tarde” (cando vai por detrás). Os romanos déronlle o nome da deusa do amor e da beleza (Figura 15).

É o planeta rochoso coa atmosfera máis densa: a súa presión é noventa veces maior que a da atmosfera terrestre. O aire é basicamente dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e crea o maior efecto invernadoiro de todo o Sistema Solar, cunha temperatura media na superficie que chega a  $460^\circ\text{C}$  (maior que a temperatura media de Mercurio, e moito maior, afortunadamente, que a da Terra) (Figura 16).

A densa atmosfera está coroada por unha perpetua capa de nubes. En máis de 400 anos de observación xamais se abriu un claro que permita observar a súa superficie. As nubes, entre outros compoñentes, teñen ácido sulfúrico. E crese que pode haber chuvieiras deste composto altamente corrosivo.



Figura 15: Deusa romana da beleza.



Figura 16: A capa nebulosa de Venus é tan espesa que non nos permite ver a súa superficie.



## Modelo de efecto invernaderoiro

Tomamos dous botes de cristal con tapa e dous termómetros, todos eles iguais. Facemos un burato na tapa dos botes de diámetro un pouco maior que o dos termómetros. Un destes botes será a atmosfera da Terra (cosa doada, pois o bote encerra unha porción de auténtica atmosfera terrestre), e o outro será de composición máis semellante á de Venus; é dicir, terá maior abundancia de  $\text{CO}_2$ .

Para conseguilo collemos unha palliña para refrescos, introducímola no bote polo orificio da tapa e sopramos. O aire exhalado polos nosos pulmóns está enriquecido en  $\text{CO}_2$ . Logo introducimos os termómetros polos orificios das tapas e usamos plastilina para evitarmos que haxa intercambio de aire entre os frascos e o exterior. O extremo inferior do termómetro non debe tocar as paredes nin o fondo do bote. Ademais debemos pór un anaco de papel enganchado ao fondo dos botes de maneira que faga de parasol aos termómetros, e dese xeito evitar que a luz solar incida directamente nos termómetros.

Unha vez feito todo isto, deixamos os frascos ao sol e, pasado un tempo,

comparamos a medida dos termómetros. Veremos que a lectura do bote con  $\text{CO}_2$  é máis alta, o que encaixa co que ocorre en Venus e na Terra.



Figura 17: Modelo de efecto invernaderoiro.

Á maneira de suxestión pódese repetir o experimento cos botes pintados de branco, ou negro ou forrados de papel de aluminio e comparar para ver que resultados se obteñen.

# A Terra

É o único planeta do Universo do que sabemos que alberga vida. Formado hai 4570 millóns de anos está cuberto na súa maior parte de auga, 71%, é só é sólida e seca o 29% da súa superficie. Pero en realidade, a cantidade de auga na Terra é moitísimo menor que a cantidade total de rocha. A súa temperatura superficial é moi variable, pero a media é de 15°C, nin moi baixa nin moi alta, o que dá as condicións necesarias para que exista auga líquida na súa superficie e se desenvolva a vida.

A vida terrestre influíu de maneira extraordinaria nas propiedades do planeta (ou, polo menos, da parte do planeta que nos é accesible). Así, a composición da nosa atmosfera, cun extraordinario 21% de osíxeno libre, indícanos que hai algo diferente (a respecto de Venus e Marte) que son os organismos fotosintéticos. Se elimináramos toda a vida terrestre, o osíxeno do aire combinaríase rapidamente cos materiais da cortiza e deixaría de estar presente en estado libre.

O interior do planeta, inaccesible directamente, estudouse por medio de ondas sísmicas. Así, comprobouse que baixo unha delgada cortiza dura (dunhas decenas de quilómetros de grosor), existe unha capa, o manto, onde as rochas flúen como se fosen un líquido moi viscoso. Por baixo do manto está o núcleo, formado por ferro, níquel e outros metais

fundidos, onde se orixina o campo magnético da Terra. Sorprendentemente, a parte máis interna do núcleo terrestre é sólida, xa que a inmensa presión á que está sometida predomina sobre a temperatura (que é superior á da superficie visible do Sol).



Figura 18: Planeta Terra visto desde o espazo (Fonte: NASA).

## Modelo de garavanzos xerminando

Poñemos unha bóla de algodón e un garavanzo en catro vasos iguais. En tres manteremos o algodón mollado durante todo o experimento e o cuarto deixámolo sen auga.

Situamos cada vaso nun lugar diferente con distintas condicións de luz, temperatura e humidade. Un situámolo onde dea a luz do Sol, outro nun lugar con pouca luz, en penumbra, e o terceiro dentro dun frigorífico. Situamos o vaso sen auga xunto ao que está ao Sol.

Pasados uns 10 días veremos que o garavanzo sen auga non xerminou, igual que o que estaba no frigorífico, ás escuras e con baixas temperaturas. O garavanzo en penumbra xerminou, pero o seu talo é feble e moi alongado, mentres que o garavanzo con auga e situado en zona soleada desenvolveuse mellor: para xerminar e medrar o garavanzo pide unha temperatura media, humidade e luz solar.

Pódense facer máis intentos con diferentes sementes en distintos lugares e cotexar resultados.



Figura 19: Catro garavanzos cultivados (de esquerda a dereita: ao sol, ás escuras, en frigorífico e sen auga).

# Marte

É un planeta facilmente visible: nos casos máis favorables pode chegar a ser máis brillante que Xúpiter, aínda que menos que Venus. Toma o seu nome do deus romano da guerra, Marte, por mor da súa cor avermellada, que evocaba a do sangue (Figura 20). A súa característica cor ocre débese aos compostos de ferro da súa superficie.

O seu diámetro é aproximadamente a metade que o da Terra, pero posúe a montaña máis alta do Sistema Solar (o volcán Olympus Mons), cunha altura de máis de 25 km. E tamén o canón máis extenso (Valles Marineris), cuns 5000 km de lonxitude e unha profundidade que chega a acadar 6 km (Figura 21); é tan ancho que en moitos sitios dende un bordo non se pode distinguir o bordo oposto xa que queda por baixo do horizonte. Obsérvanse indicios de correntes de auga na súa superficie, se ben son moi antigos; na actualidade, a auga só se encontra en forma de xeo nos casquetes polares (que varían de extensión con estacións semellantes ás terrestres), e moi probablemente no subsolo.



Figura 20: Marte, deus romano da guerra.

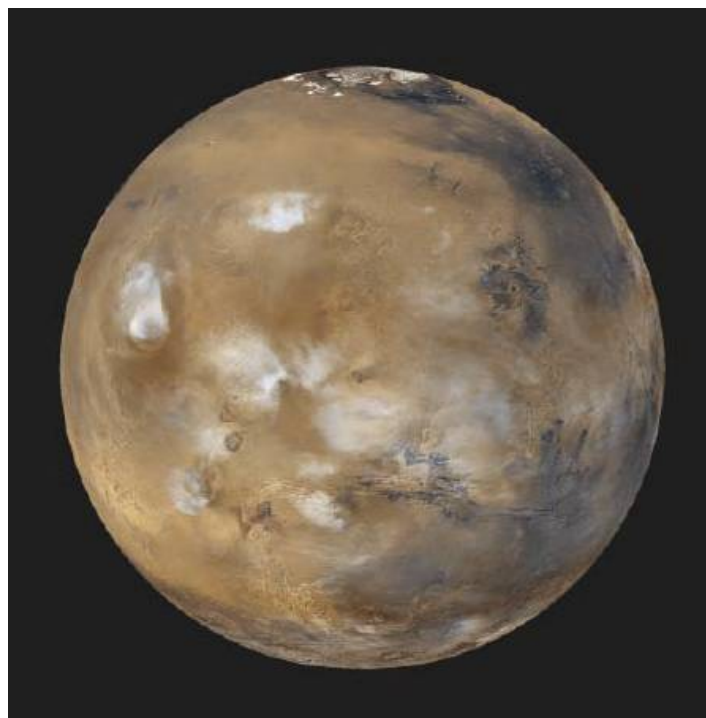


Figura 21: Superficie do planeta Marte (Fonte: NASA).

## Modelo de gravidades superficiais

Marte e Mercurio son os planetas máis pequenos do Sistema Solar, o que leva consigo que teñan a gravidade superficial menor de todos os planetas: Marte posúe aproximadamente unha terceira parte da gravidade superficial terrestre. Isto significa que lanzar unha nave espacial en Marte resultaría moito máis doado que na Terra, e que ao dar un chimpno en Marte, co mesmo esforzo, conséguese saltar moito máis alto (case tres veces máis) que no noso planeta.

Algo semellante sucede na Lúa, que ao ser aínda máis pequena multiplica os chimpnos na Terra por seis.

Para visualizarmos este efecto propoñemos que o alumno salte por riba dunha caixa de zapatos. Medimos a altura desta caixa cunha fita métrica, multiplicamos o resultado por 3 ou por 6 e miramos na fita cal sería a altura do chimpno que poderíamos realizar en Marte ou na Lúa coa mesma musculatura e o mesmo esforzo.

Pódese complementar a actividade buscando na rede filmes dos astronautas do Apolo 11 camiñando sobre a superficie lunar e observar os seus chimpnos. Non é

equivalente xa que levaban un vestido espacial realmente pesado. O que si se observa é o lento que caen, semella a "cámara lenta".

# Cinto de asteroides

Os asteroides son corpos rochosos orbitando o Sol entre Marte e Xúpiter. Son de todos os tamaños, dende centos de km de diámetro até semellantes a partículas de po. É difícil dar o seu número, porque depende do tamaño que decidamos que é demasiado pequeno para ser un asteroide (entón serían meteoroides, que entrando na atmosfera dan lugar a meteoros, e os que alcanzan o chan chámanse meteoritos). Hai meteoros metálicos, e é posible recoller meteoritos microscópicos cun imán\*.

O maior asteroide é Ceres, considerado planeta dende o seu achado en 1801 até 1850, en que foi degradado a asteroide ao atopar moitos análogos nesta zona. Ceres ten un diámetro de 1000 km e a súa forza gravitacional permitiulle acadar forma esférica, mais non limpar a súa órbita. Por todo iso, Ceres foi clasificado en 2006 como planeta anano.

Os asteroides típicos teñen tamaños moito menores ao de Ceres, xa que o seu campo gravitacional non é bastante intenso para suavizar a súa forma e adoitan ter forma de pataca. As súas superficies están cheas de cráteres, efecto de violentos impactos. Descubriuse que moitos posúen pequenos satélites.

\* Para máis detalles consultar o libro Buscando o Norte desta mesma colección

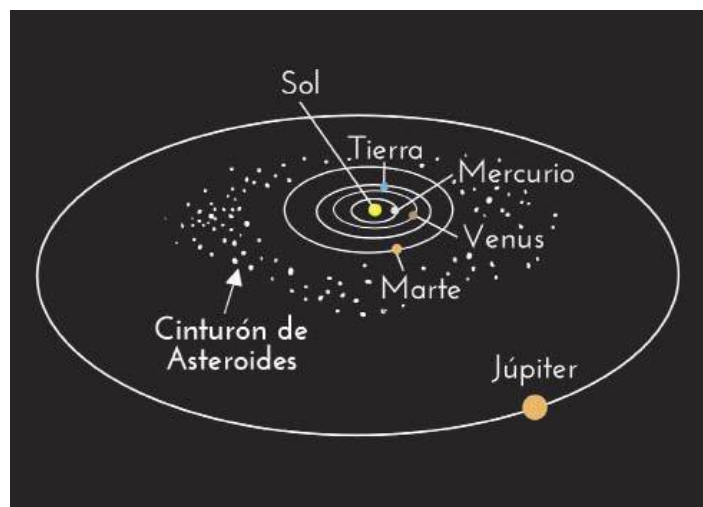


Figura 22: Cinto de asteroides.



Figura 23: Asteroide Gaspra (Fonte: Sonda Galileo).



## Policías do ceo

A finais do século XVIII os astrónomos estaban convencidos de que entre Marte e Xúpiter debía existir outro planeta, un planeta perdido que non se descubriera até ese momento. Un grupo deles decidiu rastrexar o ceo até dar con el. Estes cazadores de planetas cualificáronse a si mesmos como “policías do ceo”.

Curiosamente, Ceres foi descuberto polo astrónomo italiano Giuseppe Piazzi poucas semanas antes de que lle chegase a invitación para formar parte do grupo. Propoñemos como actividade facer algo semellante e rastrexar o firmamento. Non é sinxelo descubrir un novo corpo no noso Sistema Solar na actualidade, pero si que é doado observar o paso da estación espacial ISS.

Pódese advertir a simple vista (e é sorprendentemente brillante) se se sabe cal é a zona celeste onde se debe ollar e a que hora se debe facer. Para iso cómpre unha consulta á web <http://spotthestation.nasa.gov/>



Figura 24: Ceres.



Figura 25: A ISS tal como se ve dende a Terra (Fonte: Jürgen Michelberger).



# Xúpiter



Figura 26: O deus romano Xúpiter

Xúpiter é o maior dos planetas do Sistema Solar. O seu diámetro é 11 veces o da Terra, e a súa masa case 318 veces a do noso planeta. Como é moi brillante e móvese con maxestosa lentitude entre as estrelas os antigos gregos déronlle o nome do pai dos deuses: Xúpiter.

Este planeta é unha enorme bóla de gas (fundamentalmente hidróxeno e helio) cun núcleo de rocha varias veces máis masivo que a Terra. Del podemos observar as estruturas de nubes que se forman e desfase, influídas en boa parte pola rápida rotación do planeta (dá unha volta sobre o seu eixo en pouco máis de nove horas). De maneira especial, existe unha inmensa mancha (un ciclón do tamaño de dúas Terras) que se leva observando continuamente dende hai catrocentos anos (Figura 27). No entanto, nos últimos anos está diminuindo o seu tamaño considerablemente.

Por mor tamén da súa rápida rotación, Xúpiter posúe un intenso campo magnético, que é con diferenza o máis potente de todos os planetas.

Ao seu redor encontramos moitos satélites, catro dos cales son tan grandes que poderían pasar por planetas: Ío, Europa, Ganímedes e Calixto. En Europa, crese que existe un océano de auga líquida cuberto por unha capa de xeo e considérase moi prometedor do punto de vista biolóxico.



Figura 27: Xúpiter e a súa gran mancha.

## Modelo de comparación de volumes de Xúpiter e a Terra

O raio de Xúpiter é 11 veces o da Terra. Como o volume de unha esfera é  $\frac{4}{3}$  de pi por o raio ao cubo, o volume de Xúpiter é máis de 1300 veces o volume da Terra. ( $11 \times 11 \times 11 = 1331$ ).

Simulamos a Terra con un garavanzo. O diámetro de un garavanzo mide aproximadamente 1 cm de diámetro. Para simular o diámetro de Xúpiter (que debe ser 11 veces maior) tomamos dúas ensaladeiras semiesféricas de cociña de 11 cm de diámetro e usamos uns 2 quilos de garavanzos para encher as dúas semiesferas (as dúas ensaladeiras). Para facelo máis sinxelo é bo dispor dunha "medida" que verifiquemos que unha vez colmada corresponde a uns 100 garavanzos. Así é moi sinxelo ver cantas veces corresponde encher a "medida" para poder cubrir a ensaladeira, e así se conta máis facilmente (Figura 28). O total ha de ser duns 1300 garavanzos (1331 como se viu antes).

Pódense comparar outros planetas entre si ademais de Xúpiter e da Terra. É un bo exercicio de proporcións.



Figura 28: Comparando o volume de Xúpiter e o da Terra.

# Saturno



Figura 29: Saturno pintado por Rubens en 1636 tras coñecer a súa interpretación por Galileo como corpo triplo (parte superior do cadro).

Saturno era o quinto planeta observado por gregos e romanos. É coñecido polo seu sistema de aneis, que se observan dende a Terra. Todos os planetas gasosos teñen aneis, mais os de Xúpiter, Urano e Neptuno son moito menos espectaculares (e difíciles de observar dende a Terra). Os aneis xiran no plano ecuatorial do planeta amosando a posición do seu ecuador. Os aneis de Saturno son moi brillantes por estar formados de po, rochas e xeo, o seu diámetro é duns 300 000 km; o seu bordo interno dista uns 67 000 km do centro de Saturno.

Como planeta, Saturno é semellante a Xúpiter, pero menor. A súa densidade media é inferior á da auga. A súa rotación é rápida, e está arrodeado de moitos satélites: destaca Titán, cunha atmosfera máis densa que a terrestre con lagos de etano e metano (e posiblemente butano) líquidos na súa superficie.

## Modelo do anel de Saturno

Usamos un DVD e unha bóla de porexpan de 5 cm de diámetro (deberían ser 4.8 cm); para un modelo a escala. Cun coitelo separamos as partes transparente e brillante do DVD. Partimos a bóla de porexpan pola metade e pegamos o DVD transparente no medio. Sostemos o planeta e o anel brillante con dous dedos polos seus polos. Variando a posición do modelo obsérvase o anel máis ou menos inclinado (Figuras 30a, b e c).



Figuras 30a, b e c: Fotos do modelo.

Cando a comezos de 1600, Galileo observou Saturno co seu telescopio, debuxouno ás veces como unha esfera simple pero ás veces como tres esferas próximas (Figura 31) porque ao non ter unha imaxe clara do anel interpretouno de maneira errónea.



Figura 31: Debuxos de Galileo nunha carta destinada a Belisario Vinta datada o 30 de xullo de 1610.

## Modelo de densidades: Saturno aboia

Saturno é o planeta de menor densidade: inferior á da auga. Nun estanque suficientemente grande para arroxalo, o planeta aboiaría (se non temos en conta que a súa baixa temperatura conxelaría a auga de socato).

Os planetas do Sistema Solar clasifícanse en terrestres (Mercurio, Venus, a Terra e Marte) e gasosos (Xúpiter, Saturno, Urano e Neptuno). Consideramos un símil de planetas con anacos de minerais de volume semellante (é doado comprobalo poñéndoos nun vaso cheo de auga, a derramada indica o volume). Tomamos cada mineral cunha densidade media próxima á de cada planeta segundo a táboa adxunta. Se sopesamos na man cada un deles notamos que uns son moito máis lixeiros ca outros. Para Saturno non é doado acadar un mineral da súa densidade: usamos madeira que deixa claro que este planeta “aboia”.

Comparando a densidade da pirita con

calquera pedra da superficie terrestre vemos que a pirita é moito máis densa xa que o núcleo terrestre é moito máis denso que a cortiza.

Planeta	Densidad	Mineral
Mercurio	5,41 g/cm <sup>3</sup>	Pirita (5,0 – 5,2)
Venus	5,25 g/cm <sup>3</sup>	Pirita (5,0 - 5,2)
Terra	5,52 g/cm <sup>3</sup>	Pirita (5.0 - 5.2)
Marte	3,90 g/cm <sup>3</sup>	Calcopirita (3,5 - 4,3)
Xúpiter	1,33 g/cm <sup>3</sup>	Acibeche (1,2 – 1,3)
Saturno	0,71 g/cm <sup>3</sup>	Madeira Oliveira (0,8 – 1,0)
Urano	1,30 g/cm <sup>3</sup>	Acibeche (1,2 – 1,3)
Neptuno	1,70 g/cm <sup>3</sup>	Opalo (1,8 - 2,3)

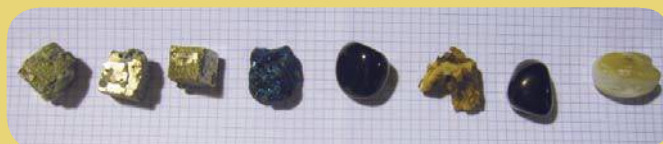


Figura 32: Minerais de distintas densidades semellantes aos planetas do Sistema Solar.

# Urano

Os antigos gregos coñecían os cinco planetas observables a simple vista e identificábanos cuns dos seus deuses: Mercurio, Venus, Marte, Xúpiter e Saturno (tamén consideraban a Lúa como planeta -e, ás veces, o Sol-). O primeiro planeta descuberto na época moderna foi Urano, en 1781, grazas ao telescopio que construíu William Herschel e á súa tenacidade na observación do ceo (e á axuda da súa irmá Caroline).

Urano ten o eixe de rotación practicamente no seu plano de translación arredor do Sol; ou sexa, o seu eixe de rotación está tombado (figura 33). Crese que tal inclinación se debe a un choque no pasado. Os seus polos están onde os outros planetas teñen máis ou menos o ecuador; polo tanto son as zonas con máis radiación solar e onde as noites duran uns 42 anos (o equivalente a medio “ano de Urano”).

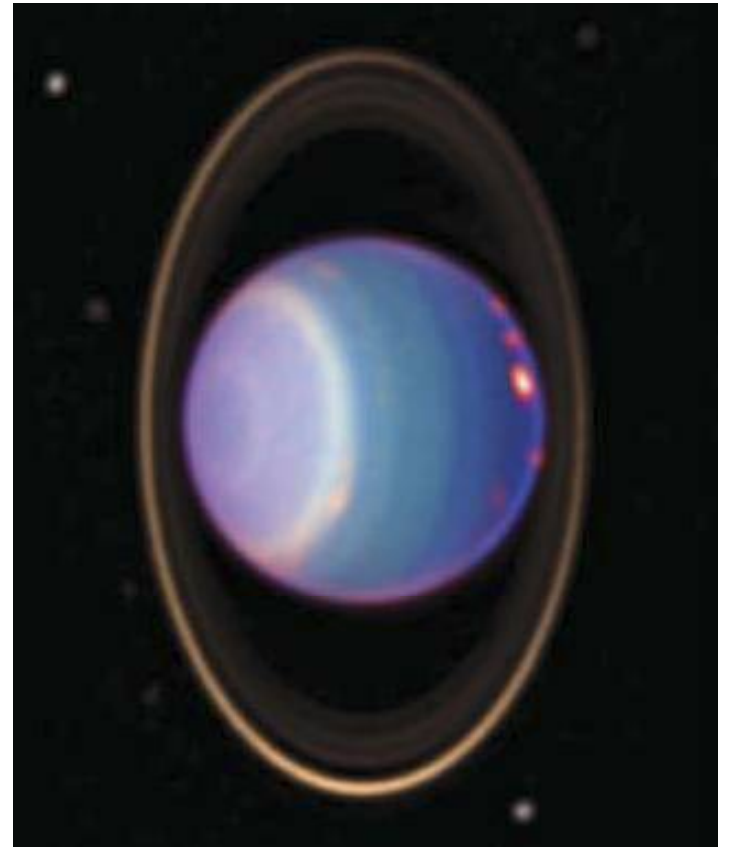


Figura 33: Urano e os seus aneis ecuatoriais. A rexión iluminada revela a súa face cara ao Sol.

Planeta	Inclinación	Duración do día	Duración do ano
Terra	23°	24 h	1 ano
Marte	24°	24 h 39 min	1,88 anos
Urano	89°	17 h 14 min	84 anos

## Modelo de estacións

A inclinación do eixe de rotación dun planeta causa as estacións. O ecuador da Terra forma  $23^\circ$  respecto ao seu plano de translación, o de Marte  $24^\circ$  respecto ao seu plano orbital; polo tanto a Terra e Marte teñen estacións moi semellantes. O ecuador de Urano forma  $89^\circ$  (é case perpendicular) con respecto ao seu. As estacións (verán e inverno) na Terra e Marte son moi semellantes, pero en Urano as estacións son moito máis esaxeradas e no canto de tres meses (seis en Marte) duran 21 anos.

Montamos un modelo para analizar as estacións con catro bólas e unha candea. O plano orbital será o da mesa, onde situamos unha candea que representa o Sol. O eixe de rotación debe formar coa mesa  $67^\circ$  ( $90^\circ - 23^\circ$ ) para a Terra,  $66^\circ$  ( $90^\circ - 24^\circ$ ) para Marte, e  $1^\circ$  ( $90^\circ - 89^\circ$ , case  $0^\circ$ ) para Urano. Situamos as catro bólas formando unha cruz, lembrando que os eixes de rotación das 4 bólas deben ser paralelos.

É a altura do Sol sobre o horizonte o que marca a estación: nun hemisferio é verán cando o Sol se ve máis alto (hai máis horas de insolación e os raios caen verticalmente); en cambio, cando a altura

máxima do Sol sobre o horizonte é máis baixa é inverno, (o Sol está menos horas no ceo que no verán)<sup>\*\*\*</sup>.

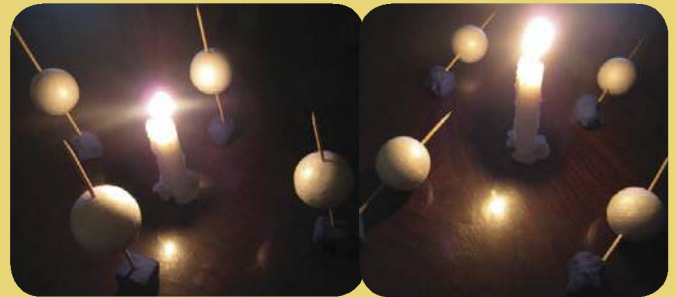


Figura 34: Estacións na Terra.

Figura 35: Estacións en Urano.

As inclinacións dos eixes de rotación dos demais planetas son máis ou menos amplas. Mercurio ten unha inclinación de  $0^\circ$ , de maneira que non hai estacións (aínda que a súa distancia ao Sol varía tanto que o seu efecto é grande). Mentres, Venus xira ao revés que os demais planetas; crese que é debido a que un grande impacto lle fixo xirar o seu eixe uns  $180^\circ$ .

<sup>\*\*\*</sup>Para máis detalles procede consultar o libro "Terra paralela" desta mesma colección.



# Neptuno

Na actualidade Neptuno é o último planeta do Sistema Solar, despois de que Plutón fose degradado a “planeta anano”. Posúe unha delicada cor azul, causada pola absorción de luz vermella polo metano (que reflicte moita luz azul). Como Xúpiter, posúe unha inmensa tormenta de forma ovada e escura, aínda que non está claro que sexa de tan longa duración como a gran mancha vermella xoviana.

O vento nas súas capas de nubes é extraordinariamente violento, con velocidades que acadan os 2.000 km/h. Resulta sorprendente nun planeta cuxa distancia ao Sol é tan grande que a temperatura da rexión que podemos observar é terriblemente baixa.

Como todos os planetas xigantes, Neptuno posúe unha abondosa compañía de satélites, o máis grande dos cales é Tritón, cos seus 2.700 quilómetros de diámetro. Como xa se comentou anteriormente, está arrodeado por uns pequenos e escuros aneis en forma de arco (non dan a volta completa ao planeta).



Figura 36: Neptuno (Fonte: NASA).



## Neptuno non se descubriu, calculouse

Seica Johann Gottfried Galle descubriu Neptuno en 1847, mais esta afirmación merece contarse polo miúdo.

En realidade a existencia de Neptuno deduciuse por cálculos matemáticos. A astronomía é unha ciencia e polo tanto predí fenómenos; por exemplo, usando cálculos matemáticos predinse os eclipses que van acaecer en calquera lugar da Terra.

Dáse a circunstancia que John Couch Adams, daquela estudante da universidade de Cambridge, predixo a existencia de Neptuno. Para explicar as anomalías na órbita de Urano, debía haber algún corpo cuxa presenza perturbase o movemento de Urano. Así Adams puido calcular a posición celeste na que debía estar o novo planeta. Inmediatamente solicitou ao director do observatorio de Cambridge, James Challis, que dirixise os seus telescopios cara a esa posición para comprobar a presenza do novo planeta, pero Challis non lle fixo caso.

Case ao mesmo tempo, Urbain Leverrier, astrónomo profesional de recoñecido prestixio, fixo os mesmos cálculos que Adams e envioullos a Galle, director do observatorio de Berlín, quen comprobou

ao momento a existencia do planeta preto da posición predita.

Sen dúbida, Leverrier chegou á mesma predición sen coñecer os cálculos previos de Adams, pero o feito de que este fose un mozo estudante descoñecido impediulle, durante moitos anos, que a comunidade internacional recoñecese o seu mérito.



Figura 37: John Couch Adams.  
Figura 38: Urbain Leverrier.

# Cinto de Kuiper e nube de Oort

O Cinto de Kuiper está constituído por obxectos que orbitan arredor do Sol máis alá da órbita de Neptuno; por iso tamén se lles chama “obxectos transneptunianos”. Principalmente están formados por xeo sucio, é dicir, xeo con po e rochas (Figura 39).

O máis coñecido é Plutón, descuberto en 1930, e durante moitos anos considerouse un planeta. En 2006 clasificouse como planeta anano debido a que as súas características eran claramente distintas ás dos outros planetas. Por exemplo, a súa órbita é moito máis alongada que a dos planetas, que son case circulares, e chega a estar máis preto do Sol que Neptuno; ademais a súa órbita está inclinada  $17^\circ$  respecto ás órbitas de todos os demais planetas (Figura 39) que se encontran esencialmente nun único plano (coa excepción de Mercurio, cuxa órbita está inclinada  $7^\circ$ ). Como ademais se encontraron varios obxectos que deberían ser planetas se Plutón o fose, definiuse un novo concepto, o planeta anano, que é un obxecto con forma esférica, pero que non liberou doutros obxectos o contorno da súa órbita.

Máis alá do cinto de Kuiper, estendéndose até case a metade da distancia á estrela máis próxima, encontramos a nube de Oort, composta por milleiros de millóns de cometas. A diferenza do cinto de Kuiper, que ten forma de anel, a nube de Oort ten forma esférica.

A súa existencia non se comprobou aínda, pois a inmensa maioría de obxectos que a deben formar están tan afastados e son tan pequenos que non se poden observar cos nosos instrumentos, pero deduciuse a súa existencia polas observacións dos cometas.

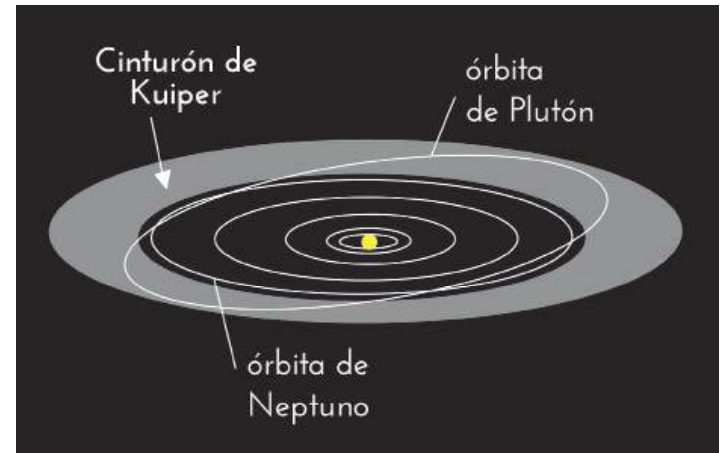


Figura 39: Cinto de Kuiper formado polos obxectos que xiran arredor do Sol máis alá da órbita de Neptuno.

## Método de detección de Plutón

En 1930 Clyde Tombaugh estaba a analizar as fotografías tomadas dende o Observatorio Lowell, en Arizona, cando se deu conta que tiña fotografado un obxecto que se desprazaba ao pasar dunha placa á outra. Para reproducir esta experiencia imprimimos as fotografías 41 e 42, sitúanse unha enriba da outra e óllanse pasando rapidamente. Dá a impresión de que un punto branco (Plutón) parece saltar dunha posición á outra (Figura 43).

De feito foi así como se detectou, empregando as imaxes reproducidas nas Figuras 41 e 42. Este procedemento úsase aínda para descubrir obxectos do Sistema Solar, xa que ao estar próximos se pode ver o seu desprazamento respecto ao fondo de estrelas.



Figura 40: Plutón e a súa lúa Caronte forman un sistema que xira respecto ao centro de gravidade do sistema. (Fonte: NASA).



Figura 41 e 42: Fondo de ceo con Plutón en dúas posicións diferentes.



Figura 43: Amosando como se leva a cabo o experimento.

# Cometas

Os cometas son pequenos corpos duns poucos quilómetros de diámetro, feitos de xeo sucio (xeo mesturado con rochas e po), que cando se achegan ao Sol se subliman (é dicir, pasan directamente de sólido a gas). Os cometas móvense en órbitas elípticas (moi alongadas) que os manteñen a maior parte do tempo a gran distancia do Sol, onde practicamente non se poden observar. Durante os seus períodos de máximo brillo, os cometas caracterízanse pola presenza dunha cola de gas e outra de po.

Un cometa pode bater cun planeta e producir unha catástrofe global. Se ben se trata dun fenómeno moi infrecuente, parece que lles dá certa razón aos antigos cando consideraban que os cometas eran astros de mal agoiro. En 1994, vimos como batía o cometa Shoemaker-Levy 9 con Xúpiter, e en 2013 un obxecto duns 30 metros de diámetro (talvez un fragmento de cometa) desintegrouse sobre o norte de Rusia.

Todos os cometas que coñecemos pertencen ao Sistema Solar, pero clasifícanse en cometas de curto período (retornan antes de 200 anos, como o cometa Halley, cuxo período é de 76 anos) e cometas de longo período (con asiduidade de milleiros de anos ou máis). Parece que algúns cometas de curto período proveñen do Cinto de Kuiper, mentres que outros de

período máis longo poden vir directamente da Nube de Oort. En calquera caso, a miúdo as interaccións cos planetas mudan as súas órbitas.



Figura 44: O cometa Shoemaker-Levy 9 fragmentouse debido ao intenso campo gravitacional de Xúpiter e finalmente bateu sobre a súa superficie (Fonte: NASA).

## Modelo de cometa cunha pelota, tiras de fita e un secador

Podemos facer un modelo moi sinxelo para simular a cola dun cometa usando unha pelota e pegando nela cintas de 1 cm de ancho (ou algo menos) de dous tipos de tecido: de nailon e de satén (é mellor que sexan de cores distintas).

Cun secador de pelo simulamos o efecto do campo magnético arrastrado polo vento solar que actúa sobre a cabeleira do cometa. As fitas colócanse respecto ao secador en sentido oposto ao vento. Con iso simúlase a cola dun cometa en posición non oposta ao Sol.



Figura 45: Cometa Hale Bopp coa dobre cola: iónica na dirección oposta ao Sol e a cola de po algo curvada (Fonte: Observatoire de Haute, Provence, France).



Figura 46: Cometa co secador.

## Bibliografía

Anguita, F., Historia de Marte: Mito, exploración, futuro, Editorial Planeta, 1998

Light, M., Luna, Mondadori, 1999

Llorca, J., Trigo, J. M., El Sistema Solar. Nuestro Pequeño Rincón en la Vía Láctea, Ed. Universitat Jaume I, 2004

Llorca, J., Meteoritos y cráteres: fragmentos de otros mundos que caen en la Tierra, Milenio Publicaciones, 2004

Moore, P., La Luna, Hemann Blume (1986)

Ros, R.M., Capell, A., Colom, J., Sistema Solar. Actividades para el aula, Antares, Barcelona, 2005.

Sparrow, G., Guía Turística del Sistema Solar, Ediciones Akal (2007)

Stavinschi, M. El Sistema Solar, 14 pasos hacia el Universo, Network for Astronomy School Education, NASE, Ed. Rosa M Ros & Beatriz García, Antares, Barcelona, 2010.

Trigo, J. M., Meteoritos, Los Libros de la Catarata 2012

## Enlaces web:

<http://es.unawe.org>

<http://unawe.org>

<http://sac.csic.es/unawe>

<http://naseprogram.org>

<http://apod.nasa.gov>

<http://pds.jpl.nasa.gov/planets/welcome.htm>

<http://photojournal.jpl.nasa.gov>

<http://alpo-astronomy.org>



UNAWÉ, Universe Awareness, é unha iniciativa internacional para despertar nos nenos e nenas o interese pola ciencia a través da observación do universo. É bo que tomen conciencia de que forman parte do cosmos e de que teñen todo un mundo por exploraren.

Ciencia en Acción (CEA) promove, desde os seus comezos no ano 2000, a difusión da ciencia, a innovación educativa e o fomento das vocacións científicas. CEA está aberta a todos os países de fala hispana e portuguesa e, coordinada con Science on Stage-Europe, actúa como plataforma internacional.

O Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) é unha institución comprometida con “Ciencia en Acción” e con UNAWÉ. Presta o seu apoio a ambos entes alentando as relacións entre o conxunto dos países hispanos.

