

# EL SISTEMA SOLAR

CURS 2009-2010

Josep Oriol Font Cot

SEMINARI DE CIÈNCIES SOCIALS  
IES ELS TRES TURONS (ARENYS DE MAR)

**Portada:** la superfície de Mart, fotografiada pel rover *Spirit* el mes de gener de 2004. A l'horitzó, a uns 3 quilòmetres de distància, es poden veure els *Turons Columbia*, que van rebre aquest nom en homenatge als astronautes del transbordador espacial Columbia que van perdre la vida el febrer de l'any anterior. *Spirit* va arribar als *Turons Columbia* uns mesos més tard.

**Contraportada:** espectacular vista de Io, un satèl·lit de Júpiter que manté una gran activitat volcànica, tal i com palesa el plomall volcànic que es retalla sobre el negre cel de l'espai. Aquesta imatge va ser obtinguda per la Voyager 1 el 5 de març de 1979.

# SUMARI

|  |    |
|--|----|
| <b>1. EL SOL, L'ESTRELLA DE LA VIDA</b>  | 4  |
| ALGUNS APUNTS SOBRE LA HISTÒRIA DE L'OBSERVACIÓ DEL SOL<br>MICROPORUS, PORUS, TAQUES, FOCUS, ESPÍCULES I PROTUBERÀNCIES<br>MÉS ENLLÀ DE LA CROMOSFERA: LA CORONA SOLAR<br>COM FUNCIONA EL SOL? |    |
| <b>2. MERCURI, EL PLANETA DELS EXTREMS</b>   | 7  |
| L'ESTRANY ANY DE MERCURI   |    |
| <b>3. VENUS, UN INFERN DISFRESSAT</b>  | 9  |
| <b>4. LA LLUNA</b>   | 11 |
| <b>5. MART, EL PLANETA ROIG</b>  | 13 |
| ELS SATÈL·LITS DE MART<br>PER QUÈ NO SEMPRE VEIEM MART IGUAL DE BÉ?  |    |
| <b>6. JÚPITER, UN SISTEMA SOLAR EN MINIATURA</b>   | 19 |
| EL PLANETA I LA SEVA DINÀMICA ATMOSFERA<br>ELS SATÈL·LITS DE JÚPITER   |    |
| <b>7. SATURN, EL SENYOR DELS ANELLS</b>  | 22 |
| EL PLANETA<br>ELS ANELLS DE SATURN<br>ELS SATÈL·LITS DE SATURN   |    |
| <b>8. URÀ, UN MÓN CAPGIRAT</b>   | 26 |
| HISTÒRIA DEL SEU DESCOBRIMENT<br>URÀ EN XIFRES<br>L'ATMOSFERA D'URÀ<br>ELS ANELLS D'URÀ<br>ELS SATÈL·LITS D'URÀ  |    |
| <b>9. NEPTÚ, EL MÉS ALLUNYAT DEL SISTEMA SOLAR</b>   | 31 |
| HISTÒRIA DEL SEU DESCOBRIMENT<br>NEPTÚ EN XIFRES<br>ELS DESCOBRIMENTS DE LA VOYAGER 2<br>ELS ANELLS DE NEPTÚ<br>ELS SATÈL·LITS DE NEPTÚ  |    |
| <b>10. PLUTÓ, DE GRAN PLANETA A PLANETA NAN</b>  | 34 |
| <b>11. ELS COSSOS MENORS (I): ELS ASTEROIDES</b>   | 37 |
| QUÈ SÓN ELS ASTEROIDES?<br>ELS ASTEROIDES, VIATGEN SOLS PER L'ESPAI, O FORMEN GRUPS?<br>DESCOBRIMENTS DELS ASTEROIDES<br>HIPÒTESIS SOBRE LA SEVA FORMACIÓ                                      |    |
| <b>12. ELS COSSOS MENORS (II): ELS COMETES</b>   | 39 |
| EL LLARG CAMÍ CAP A LA COMPRESIÓ DELS COMETES<br>ANATOMIA D'UN COMETA<br>A LA RECERCA DE L'ORIGEN DELS COMETES   |    |
| <b>BIBLIOGRAFIA COMENTADA I RECOMANADA</b>   | 42 |
| <b>REVISTES ESPECIALITZADES D'ASTRONOMIA</b>   | 43 |
| <b>AGRUPACIONS ASTRONÒMIQUES MÉS PROPERES</b>  | 43 |

# 1. EL SOL, L'ESTRELLA DE LA VIDA

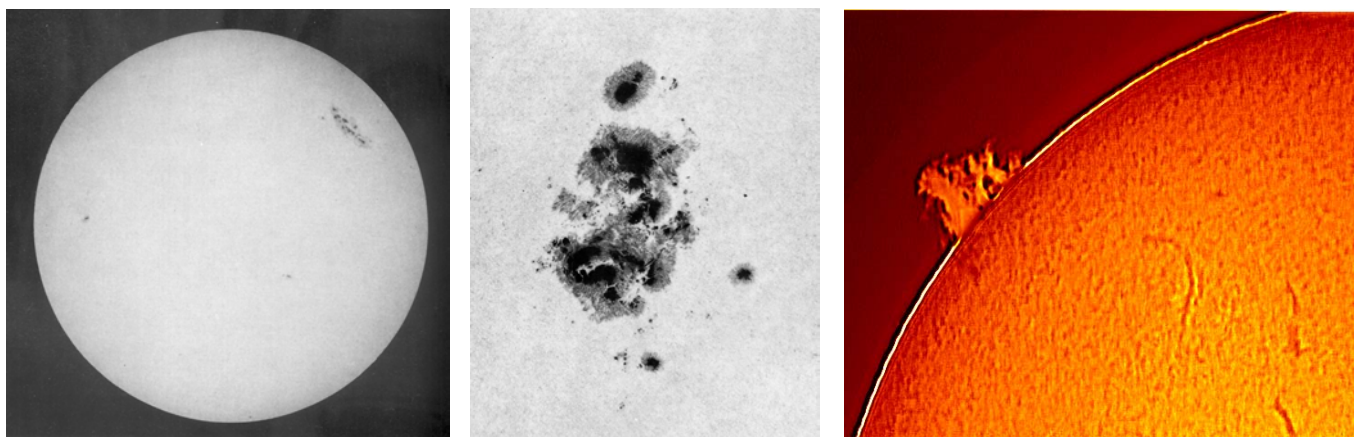
El Sol és una enorme esfera de gas, amb gairebé un milió quatre-cents mil quilòmetres de diàmetre. També és l'estel més proper a nosaltres. La vida a la Terra seria impossible sense l'existència del Sol, que també marca d'una manera determinant les condicions que es donen a la resta dels planetes del Sistema Solar.

## ALGUNS APUNTS SOBRE LA HISTÒRIA DE L'OBSERVACIÓ DEL SOL

El Sol és també un dels objectes més fàcils d'observar, i des de fa molt temps en coneixem algunes coses. Molt abans de l'era telescòpica –més o menys fa 2.000 anys-, els xinesos havien vist punts negres sobre el disc solar en determinats moments en què aquest astre es trobava molt a prop de l'horitzó. Aquests puntets que s'havien pogut apreciar són les taques solars, que molts segles després veié Galileu amb la seva ullera astronòmica. Quan Galileu va fer públic el seu descobriment, no tothom estigué d'acord en atribuir a aquests fenòmens una natura solar. Basant-se en les afirmacions dels filòsofs de l'antiga Grècia (sobretot Aristòtil), l'església catòlica deia que el Sol havia de ser un objecte perfecte i immaculat, és a dir, que a la superfície solar no hi podia haver taques ni cap mena d'impuresa. Per això, les anotacions de Galileu li van provocar més d'un problema amb el Vaticà.

## MICROPORUS, PORUS, TAQUES, FOCUS, ESPÍCULES I PROTUBERÀNCIES

Afortunadament, del segle XVII ençà s'ha avançat molt en la comprensió del què és el Sol, i el nostre coneixement també ens permet saber força coses de les taques solars. Sense entrar en massa detalls, podem dir que les taques solars són formacions que es produeixen a la fotosfera, que és el nivell del Sol que veiem a simple vista o amb un telescopi ordinari. La fotosfera es troba a una temperatura de  $5.700^{\circ}\text{C}$ ; quant a les taques solars, ja fa temps que se sap que són zones on la temperatura, d'uns  $4.000^{\circ}\text{C}$ , és més baixa que a la resta de la fotosfera: per això les veiem més fosques. En realitat, si poguéssim agafar una d'aquestes taques i la situéssim a l'espai també la veuríem brillar. Les taques solars tenen un cicle de naixement, creixement i desaparició, i la seva major o menor presència a la fotosfera ens indica el grau d'activitat solar. Una gran quantitat de taques ens parla d'una forta emissió de partícules i radiació, la qual cosa té efectes directes sobre la Terra, repercutint, per exemple, en l'espectacularitat de les aurores o bé en les comunicacions per ràdio.



Tres imatges del Sol. **A l'esquerra:** fotografia que ens permet veure el disc solar sencer, amb una gran formació de taques al costat superior dret i algunes taques més a diverses zones de la fotosfera solar. **Al centre:** imatge més detallada de la fotosfera solar, concretament d'un gran grup de taques solars. S'aprecien perfectament tant les ombres de les taques com les penombres. Aquestes dues imatges han estat obtingudes amb un telescopi ordinari. **A la dreta:** el Sol, fotografiat emprant un telescopi equipat amb filtre H $\alpha$ . S'aprecia una espectacular protuberància. Fotografia: Ferran García Luque (per més informació de tot plegat consulteu el text).

Pel que fa als tipus de taques, podem dividir-les en porus, microporus, taques i focus. Els porus són petites taques, que amb telescopi veiem quasi bé sempre puntuals i on no s'hi aprecien



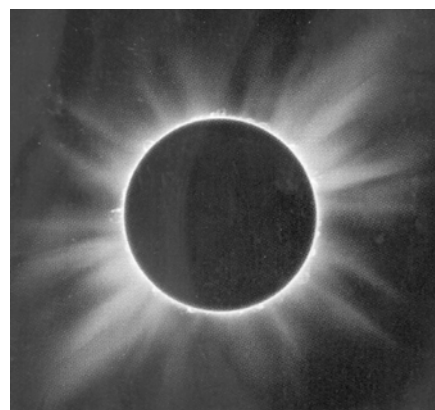
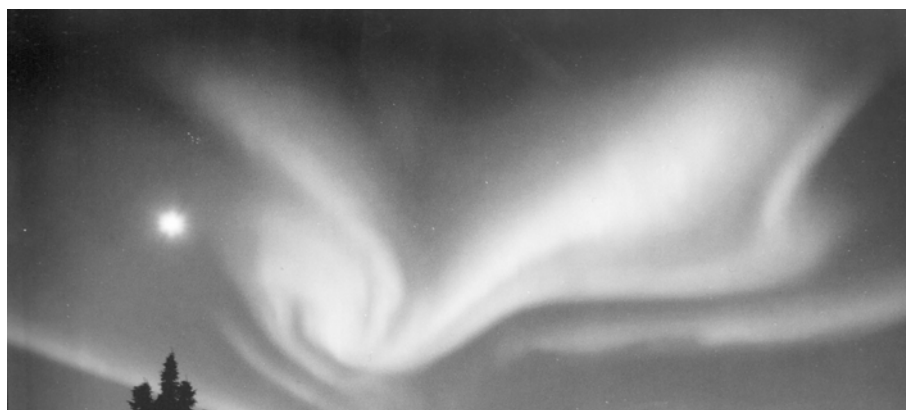
diferències en la intensitat de la foscor. Els microporus són tan petits que moltes vegades es troben al límit de visibilitat dels telescopis. Per la seva part, les taques posseeixen un diàmetre prou gran com per fer-hi apreciables dues zones: l'interior, més fosca, que anomenem ombra, i una altra regió que l'envolta, anomenada penombra. L'ombra té una temperatura més baixa que la penombra. Finalment, un focus és el conjunt de taques, que també pot incloure la presència de porus i microporus, que formen un grup determinat.

A més de les taques, un telescopi d'aficionat permet veure altres detalls, com les fàcules. Aquestes formacions són regions solars més brillants i una mica més calentes que el conjunt de la fotosfera; les fàcules tenen un color blanc intens, mentre que la tonalitat de la fotosfera és pàl·lidament groga. Les fàcules acostumen a estar relacionades amb les taques solars, i la seva presència ens pot indicar la imminent aparició de taques. Com que la brillantor que percebem del disc solar a nivell de la fotosfera no és uniforme, és més fàcil detectar fàcules a prop del limbe solar, on es produeix un enfosquiment gradual de Sol, també visible fins i tot des de petits telescopis.

Observar el Sol amb llum blanca és una magnífica experiència, tot i que en la visió del disc solar que s'obté amb un filtre H $\alpha$  de l'hidrogen és encara més espectacular. En aquesta banda de l'espectre electromagnètic la fotosfera és poc brillant, cosa que no succeeix amb la cromosfera, que és la capa de gas que es troba immediatament per sobre de la fotosfera. A aquesta regió solar la temperatura passa dels 4.500°C al seu nivell més inferior fins els 20.000° C a la part superior. A la cromosfera s'hi poden veure detalls molt característics, com les espícules i les protuberàncies. Les espícules són projeccions de material que, ascendint en vertical, poden assolir els 10.000 km d'altura; per la seva part, les protuberàncies són erupcions transitòries de gasos ionitzats (és a dir, carregats elèctricament) que, seguint les línies del camp magnètic, es produeixen a la superfície del Sol. Si les protuberàncies es troben a poca distància del limbe solar les apreciarem com grans flamarades que es projecten vers l'espai.

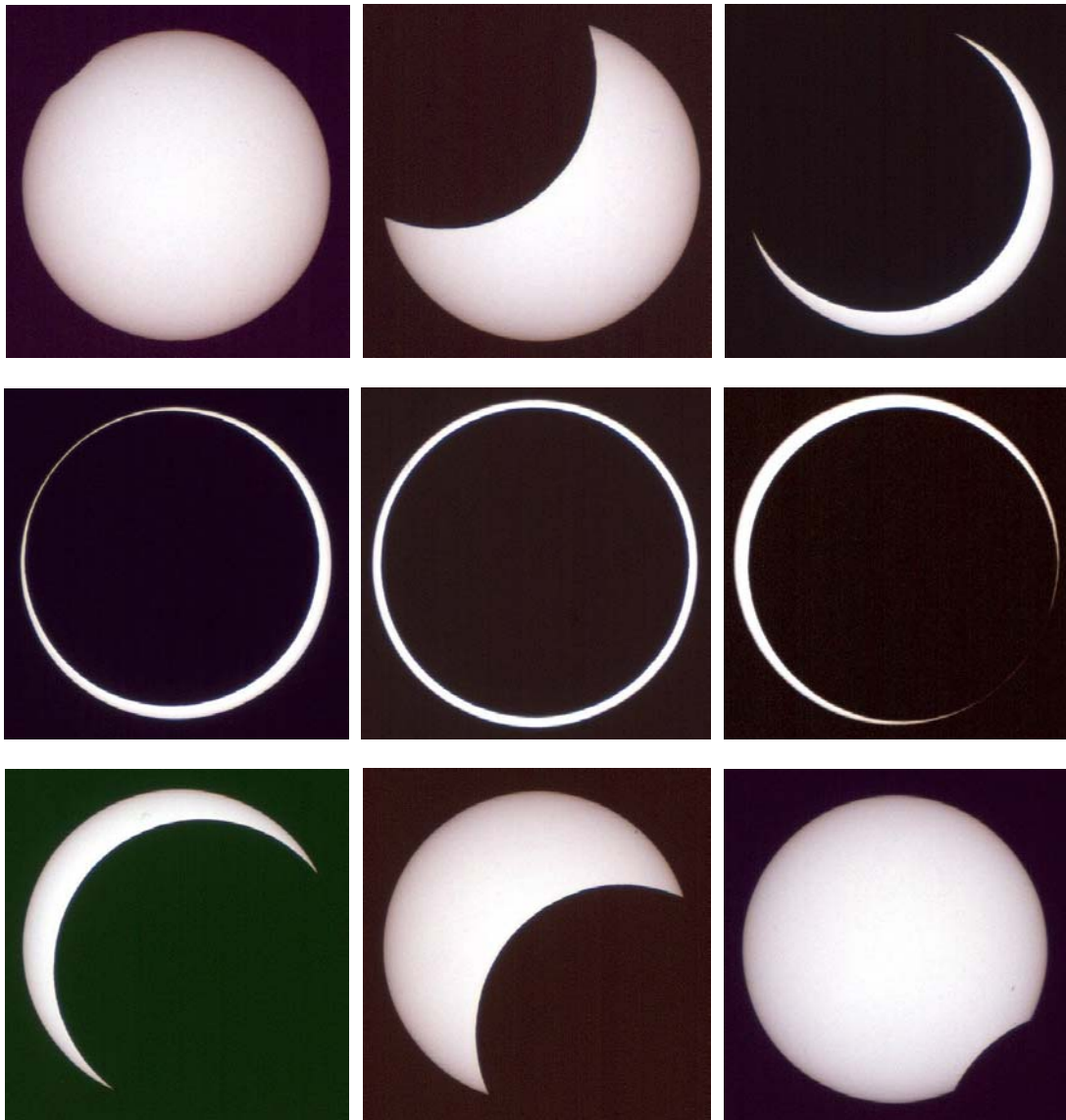
## **MÉS ENLLÀ DE LA CROMOSFERA: LA CORONA SOLAR**

Pel damunt de la cromosfera el Sol té una capa externa, irregular, bastant fina i no massa coneguda que els astrònoms anomenen zona de transició. La temperatura de la zona de transició passa dels 20.000° C fins gairebé el milió de graus centígrads. I més enllà s'estén vers l'espai una capa de l'atmosfera solar molt poc densa, que coneixem amb el nom de corona solar i podem apreciar en la fotografia inferior dreta, obtinguda durant un eclipsi de Sol. La corona solar és immensa, perquè arriba a milions de quilòmetres de distància de la cromosfera. La temperatura de la corona solar assoleix fins els 2 milions de graus centígrads, una temperatura extremadament elevada que els astrònoms encara no saben ben bé com explicar. Finalment, més enllà de la corona s'estén el vent solar, que fonamentalment és un corrent de protons i electrons que banya el Sistema Solar. El vent solar es deixa sentir fins l'heliopausa, que és el lloc on, molt més enllà de Plutó, aquesta emissió de radiació i partícules solars queda neutralitzada per la radiació de la resta de l'Univers. Quan el vent solar arriba a la Terra provoca les aurores, com la que podem veure a la fotografia inferior de l'esquerra.



## COM FUNCIONA EL SOL?

Un cop sabem com són les capes més externes del Sol cal que ara ens hi cabussem, per així saber alguna cosa del seu interior. El motor que fa funcionar la nostra estrella es troba al seu nucli. En aquesta zona del Sol la temperatura és de 15 milions de graus centígrads, i és on s'hi produeixen les reaccions de fusió nuclear que permeten transformar l'hidrogen en heli a la gairebé increïble velocitat de 600 milions de tones d'hidrogen per segon. Aquest procés de fusió nuclear allibera una immensa quantitat de radiació, que travessa una zona una mica més freda que envolta el nucli: aquesta regió s'anomena zona radiant. I més amunt, a una regió que els astrònoms anomenen zona convectiva, aquesta enorme energia és transportada fins la fotosfera mitjançant un procés que anomenem convecció. Per explicar-ho d'una manera molt senzilla, la convecció és semblant al que podeu veure si us fixeu en la manera que bull la llet en un bol. Quan bull, la llet transmet l'energia mitjançant la convecció, i en aquesta comparació la superfície de la llet que bull seria l'equivalent de la fotosfera solar.

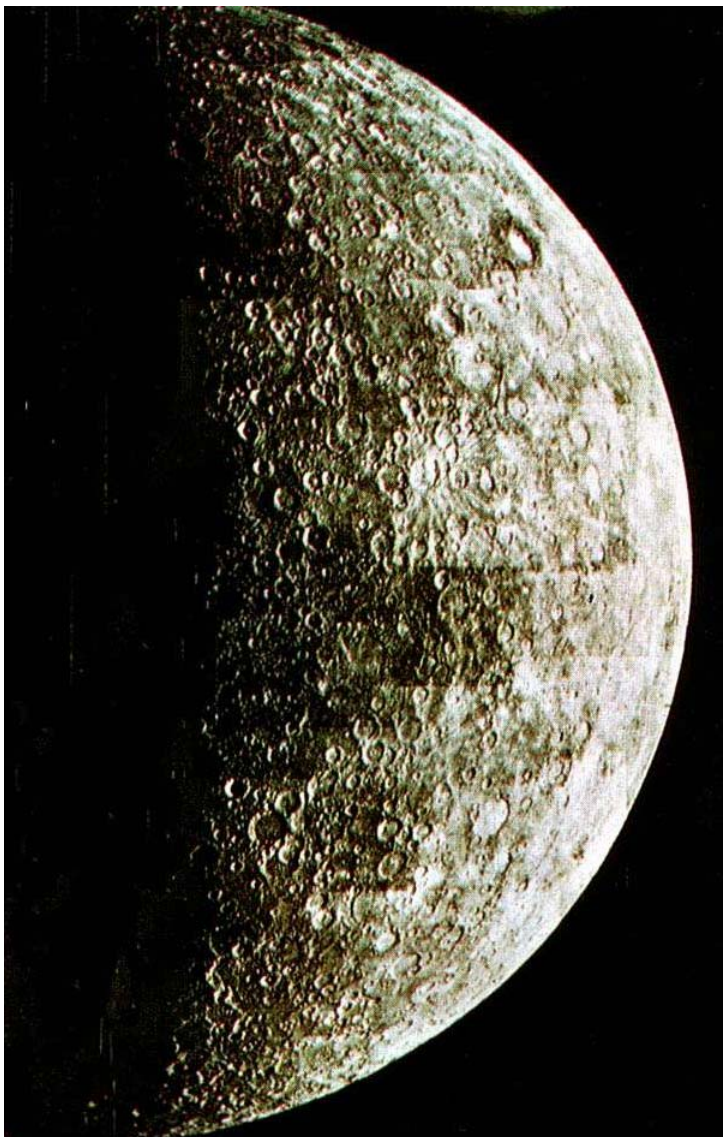


Un eclipsi total de Sol és el major espectacle que podem gaudir al cel. Sense arribar a ser tant impressionant, l'observació d'un eclipsi anular també és meravellosa. A dalt podem veure diverses fotografies del darrer eclipsi anular de Sol que s'ha vist des de la Península Ibèrica; concretament, aquestes imatges van ser realitzades el 3 d'octubre de 2005, des de Requena (València). De dalt a baix i d'esquerra a dreta: 09h 43' 01" Temps Civil (TC) (Exposició: 1/125 seg.); 10 h 24' 14" TC (Exp.: 1/125 seg.); 10 h 55' 15" TC (Exp.: 1/30 seg.) 10 h 59' 06" TC (Exp.: 1/30 seg.); 11 h 00' 38" TC (Exp.: 1/30 seg.); 11 h 02' 49" TC (Exp.: 1/125 seg.); 11 h 09' 31" TC (Exp.: 1/60 seg.); 11 h 34' 48" TC (Exp.: 1/125 seg.); 12 h 22' 21" TC (Exp.: 1/125 seg.). Telescopi refractor Vixen New Polaris, Ø 80 mm; F 910 mm. Lent de Barlow x2. Pel·lícula diapositiva Fujichrome Sensia 100 ASA; càmera Pentax K-1000, acoblada al telescopi sense objectiu. Autors: Oriol Font Cot i Núria Ricós Cruells.

## 2. MERCURI, EL PLANETA DELS EXTREMS

Mercuri és el planeta dels extrems. És el més proper al Sol, com també és el més petit del Sistema Solar (té un diàmetre d'uns 4.880 km., és a dir, si fa no fa a mig camí del de la Lluna i Mart). També és el planeta que es mou més de pressa (a causa, precisament, de la seva proximitat al Sol), el que té una òrbita més excèntrica (o dit d'una altra manera, té l'òrbita menys circular), el que reflecteix menys llum solar, com també el més dens. La seva elevada densitat es deu a què el seu interior conté un alt percentatge de metalls molt pesats, com ara el ferro o el níquel; per això, l'atracció gravitatòria de Mercuri és força elevada, per la qual cosa a Mercuri pesàriem 1/3 part del que pesem a la Terra.

Abans de l'era espacial, es pensava que també era el planeta que enregistrava temperatures més elevades, però si féssim una competició per saber el planeta on hi fa més calor seria Venus, i no Mercuri, el que s'enduria la medalla d'or. Això no obstant, a Mercuri també hi fa moltíssima calor, si més no quan hi és de dia. Així, la temperatura pot arribar a assolir els 430° C de temperatura, de manera que fins i tot el plom s'hi fondria. I com que Mercuri gairebé no té atmosfera, de nit la temperatura baixa fins els 180° C sota zero. O sigui que no és un lloc massa adequat per passar-hi unes vacances! Aquesta enorme diferència entre la temperatura diürna i nocturna de Mercuri es deu al fet que la seva atmosfera és molt poc densa. És per aquest motiu que, tal i com passa a la Lluna, els meteorits han copejat Mercuri des de fa milers de milions d'anys, fins el punt que, en l'actualitat, aquest planeta presenta una superfície plena de cràters. Tal i com testimonia la imatge inferior, aquest és el panorama que es va trobar la nau Mariner 10 quan, a mitjans dels anys setanta del passat segle, va sobrevolar el planeta.



A Mercuri, d'impactes meteorítics n'hi ha hagut de totes les mides, formant-se cràters que van dels pocs metres fins els centenars de quilòmetres de diàmetre o encara més. De fet, la caiguda de meteorits sobre aquest planeta ha arribat a provocar veritables cataclismes, fins l'extrem de sacsejar literalment tot el planeta. L'exemple més impressionant el trobem a un indret de la seva superfície que anomenem Fossa Caloris. L'impacte d'un gran meteorit de desenes de quilòmetres de diàmetre fa uns 4.000 milions d'anys va provocar una conca d'impacte de 1.300 km, a més d'aixecar materials de la superfície a més de 1.000 km de distància dels límits exteriors d'aquesta conca. L'impacte va ser tan fort que les ones sísmiques provocades per aquest xoc varen generar un fortíssim terratrèmol a la part oposada del planeta, les conseqüències del qual són visibles als nostres dies, ja que el terreny de la part oposada a la Fossa Caloris encara està deformat. I això no és tot: un cop van arribar a la part oposada a l'impacte, les ones sísmiques van rebotar de nou, fracturant les roques de la Fossa Caloris. I a més, la violència de la patcada va fondre parcialment la superfície allí on es va produir.



Fins l'any 2008 només una sonda interplanetària (la nord-americana Mariner 10) havia sobrevolat el planeta Mercuri. Des de llavors van passar gairebé 35 anys, i tot i que la Mariner 10 obtingué un munt de dades i imatges, el cert és que també deixà un piló d'interrogants sense resposta, atès que tan sols va cartografiar el 40% de la superfície de Mercuri. Feliçment, d'ençà el mes de gener de 2008 aquesta situació ha canviat molt: ara coneixem molt millor el planeta Mercuri gràcies als sobrevols que ha efectuat la sonda Messenger, també nord-americana. La imatge superior dreta mostra un immens cràter, que ultrapassa els 700 km de diàmetre. Ha estat batejat amb el nom de Rembrandt; en funció del seu grau d'erosió, els planetòlegs consideren que té una antiguitat de 3.900 milions d'anys. Rembrandt és un enorme cràter d'impacte, com ho són gairebé tots els que s'han localitzat a Mercuri. Una excepció molt notable és el cràter volcànic que s'aprecia a la fotografia inferior dreta, també captat per la càmera de la sonda Messenger. Quantes sorpreses amaga encara Mercuri?



## L'ESTRANY ANY DE MERCURI

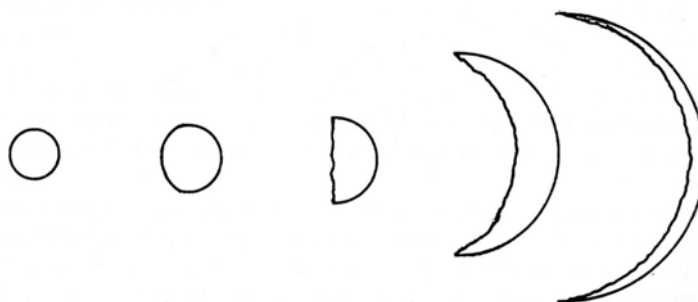
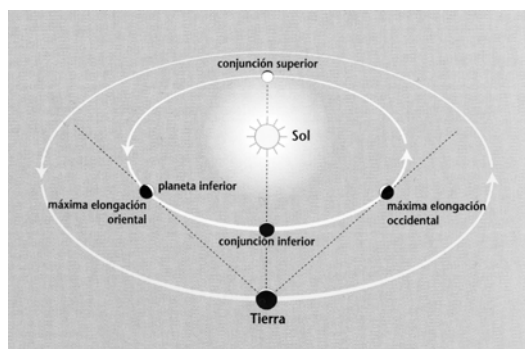
A Mercuri hi passen una sèrie de coses molt curioses, que tenen a veure amb la durada del seu dia (o període de rotació, de 59 dies terrestres), la durada del seu any (o període de translació, de 88 dies terrestres) i l'excentricitat de la seva òrbita. En primer lloc, si fem un càlcul ben senzill ens adonarem que cada dia i mig que passa a Mercuri equival a un any mercurià. Això vol dir que, si ens trobéssim a la superfície d'aquest planeta, veuríem sortir el Sol per l'est i posar-se per l'oest, però a una velocitat desesperadament lenta. A més a més, com que l'òrbita de Mercuri és molt excèntrica, la velocitat de translació d'aquest planeta varia molt. Per això, hi ha moments en què la velocitat de translació de Mercuri és molt més ràpida (això passa quan es troba més a prop de Sol); en aquests moments, el moviment de Mercuri al voltant del Sol és tan ràpid que, vist de la superfície del planeta, el Sol s'atura al cel i, durant vuit dies aproximadament, retrocedeix. Durant aquest temps, l'òrbita de Mercuri s'allunya progressivament del Sol, per la qual cosa la velocitat del moviment de Mercuri al voltant del Sol (és a dir, la seva translació) va sent cada cop menor. Quan això passa, el Sol, vist sempre des de la superfície de Mercuri, torna a aturar-se, i de nou prossegueix el seu recorregut pel firmament, fins que es pon rera l'horitzó oest.



### 3. VENUS, UN INFERN DISFRESSAT

Després del Sol i la Lluna, Venus és el tercer objecte més brillant del cel. La seva lluentor és tan intensa que en una matinada o en un capvespre transparent i sense Lluna pot arribar a projectar lleus ombres i, fins i tot, si es troba a prou distància del Sol i sabem on és, el veurem durant el dia.

El fet que tan sols veiem Venus abans de sortir el Sol o després de la seva posta es deu a que té una òrbita més propera al Sol que no pas la nostra. És el mateix que succeeix amb Mercuri, tot i que en el cas de Venus la nostra perspectiva fa que el puguem veure molt més separat del Sol que no pas Mercuri, ja que aquest planeta encara es troba més a prop de la nostra estrella. Com a conseqüència d'això, Venus també presenta un cicle de fases. Quan Venus passa per la seva mínima distància aparent del Sol –sempre en relació a la nostra perspectiva- es produeix una conjunció, que serà superior o inferior si respectivament es dona després o abans de la seva aparició matinal. Prenem com a referència la conjunció superior. Poc després d'aquest fenomen, començarem a guaitar Venus durant el vespre, primer a poca altura sobre l'horitzó, però nit rere nit s'anirà veient cada cop més amunt, fins que al cap d'uns mesos assolirà la seva major altura aparent sobre l'horitzó. En aquest moment Venus es trobarà en la seva màxima elongació vespertina, i en el decurs dels mesos anteriors hauria augmentat, de manera progressiva, la brillantor. Un cop assolida la màxima elongació vespertina es produirà el procés a la inversa, però ara la seva caiguda serà més ràpida, fins desaparèixer rere la lluentor solar en un parell de mesos: en aquest punt haurà assolit la conjunció inferior, i durant els següents mesos el procés es repetirà en el cel matinal. La imatge inferior esquerra ho il·lustra:

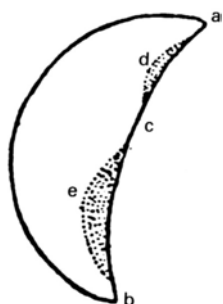


Vist amb telescopi, en l'inici del procés Venus és un disc bastant petit, però de mica en mica va augmentant la seva mida, a la vegada que cada cop es veu menys porció il·luminada del disc. Quan és a pocs dies de la màxima elongació, Venus assoleix la major brillantor. Ara el planeta es troba en dicotomia, és a dir, que el veiem amb una fase del 50%. Passada la màxima elongació, el disc il·luminat es reduirà ràpidament, mentre el diàmetre aparent de Venus augmentarà bastant de pressa. En total, des de l'inici de l'aparició vespertina fins poc abans de la conjunció la mida aparent de Venus s'arribarà a multiplicar per més de cinc. La il·lustració superior de la dreta permet apreciar-ho.

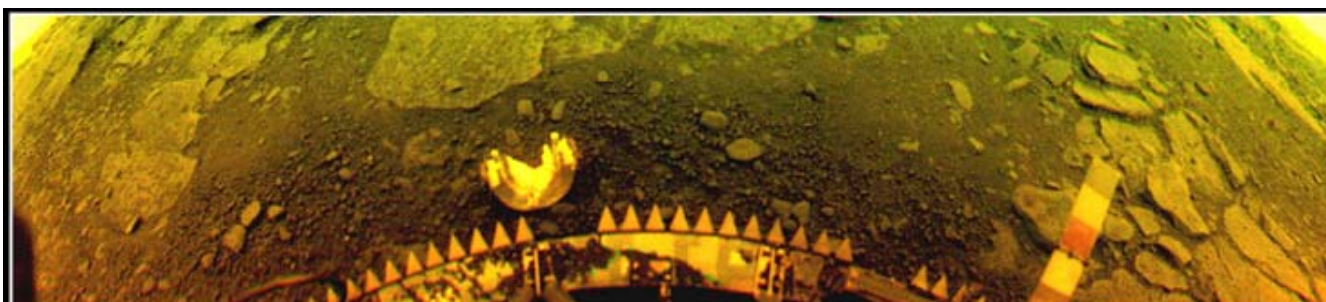
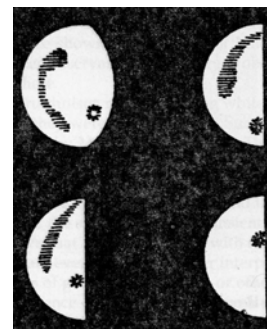
En bona mesura, el fet que veiem Venus tan brillant des de la Terra ho provoca la seva capa de núvols, molt espessa i d'una fondària d'uns 25 km. Aquesta capa de núvols es troba, si fa no fa, entre uns 45 i uns 70 km per damunt de la superfície de Venus. La part més baixa dels núvols també és la més densa, i conté una concentració prou gran d'àcid sulfúric com per provocar una permanent pluja d'aquest compost, una pluja que, a causa de l'elevada temperatura de les capes més internes de l'atmosfera de Venus, s'evapora abans d'arribar a la superfície. Però el gas més abundant de l'atmosfera de Venus és el diòxid de Carboni, que arriba a assolir un percentatge d'un 96,5% del total, i que augmenta de densitat, fins el punt que la pressió atmosfèrica que hi ha a la superfície és la que, de manera aproximada, trobem al mar a uns 1000 metres de fondària.

Fins l'era espacial no es va saber que aquestes lleus diferències d'intensitat reflecteixen variacions en la densa i permanent cobertura nuvolosa de Venus, sota la qual s'amaga una

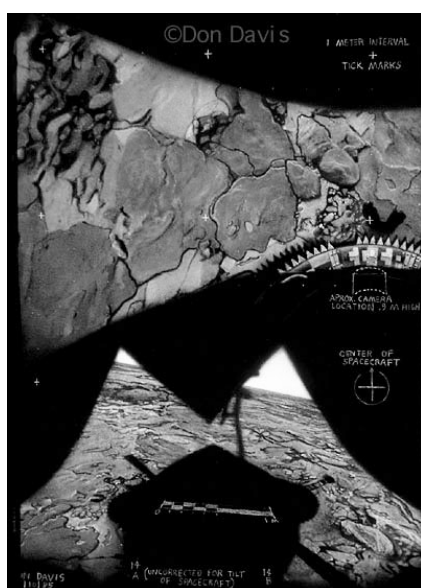
asfixiant atmosfera de diòxid de carboni. A la superfície, les sondes russes han enregistrat unes 100 atmosferes de pressió i quasi bé 500°C de temperatura, cosa que fa de Venus el planeta més càlid del Sistema Solar.



Els dibuixos de Venus de la dreta els va fer Cassini, entre 1666 i 1667; el de l'esquerra és de 1780 i l'autor és William Herschel, el descobridor d'Urà. Tant els dibuixos de Cassini, com sobretot el de Herschel, són els que més s'assemblen al que es pot veure amb un telescopi: la fase del planeta –molt fàcil d'apreciar-, un disc molt brillant, i si hi ha sort, algunes zones més fosques a prop del terminador.



**A dalt**, el color de la superfície i del cel de Venus tal i com nosaltres el veuríem. **A baix**, la mateixa imatge, eliminant els efectes de l'absorció de l'atmosfera venusiana (imatges obtingudes per la sonda soviètica Venera 13).

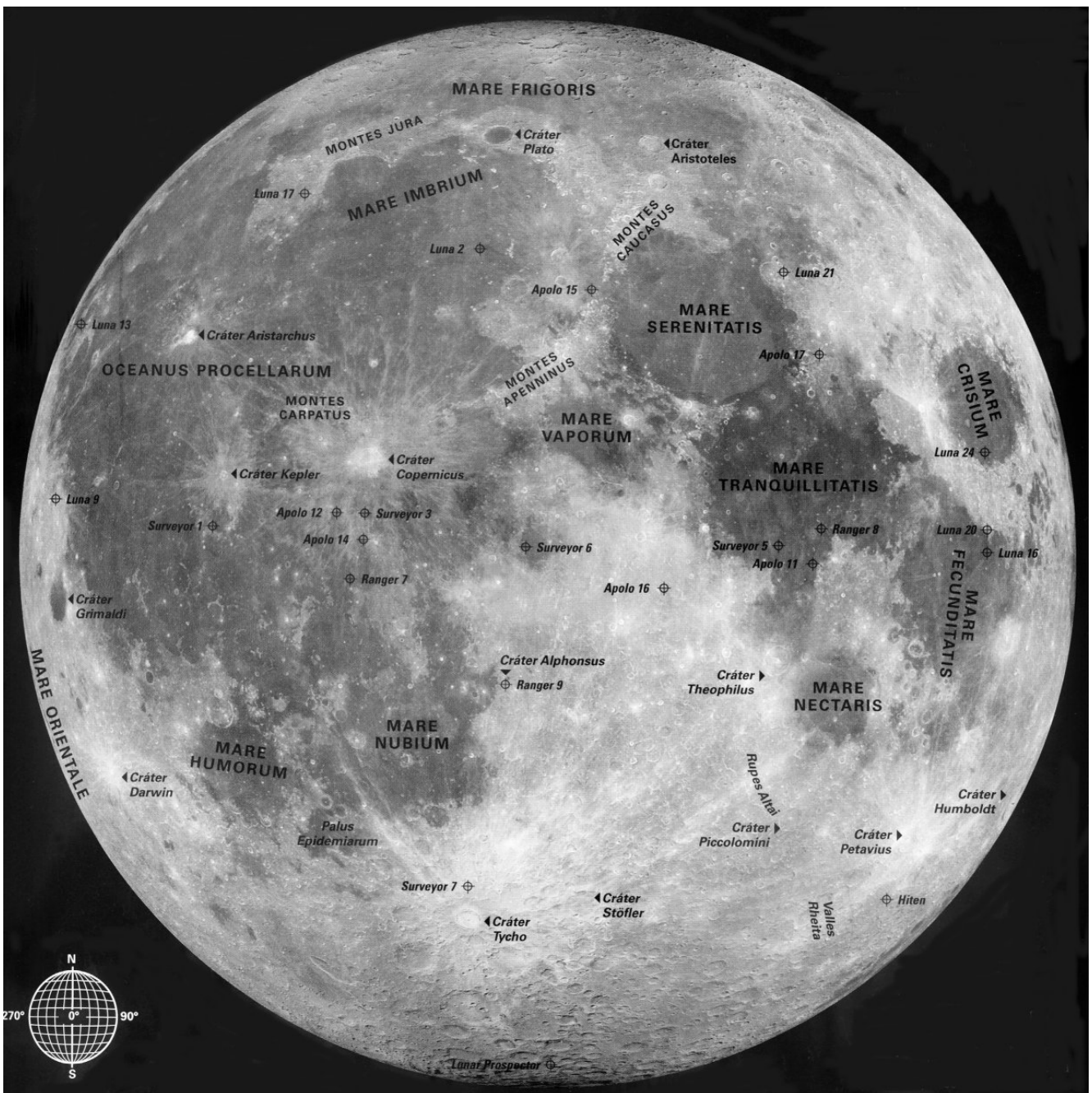


Tant l'any 1982 (**a l'esquerra i a dalt de tot**) com l'any 1975 (**al centre**) les sondes soviètiques Venera 9, 10, 13 i 14 van poder aterrar a la superfície de Venus, resistint si fa no fa una hora, el que els va permetre transmetre algunes imatges del tòrrid desert venusian abans que l'inferral temperatura les espallés. Una mica abans –l'any 1974-, la nau nord-americana Mariner 10 va transmetre moltes imatges quan va sobrevolar Venus abans de continuar el seu viatge fins a Mercuri: **a la dreta** en podem veure una. Des de l'espai, tan sols es poden veure els núvols d'àcid sulfúric, que romanen, si fa no fa, 70 km pel damunt de la superfície de Venus.

## 4. LA LLUNA

Contràriament al que es pot pensar, els millors dies per observar la Lluna amb un telescopi no són els propers al pleniluni, sinó quan es troba en fase creixent o minvant. Si la Lluna és plena, els raigs de llum cauen en perpendicular sobre la seva superfície, desfent o esmorteint fins la mínima expressió els contrastos de la seva orografia. En canvi, quan la Lluna és en un dels dos quarts hi ha una zona de la seva superfície on s'acaba el dia i comença la nit –el terminador– que ens reserva un munt de sorpreses fascinants.

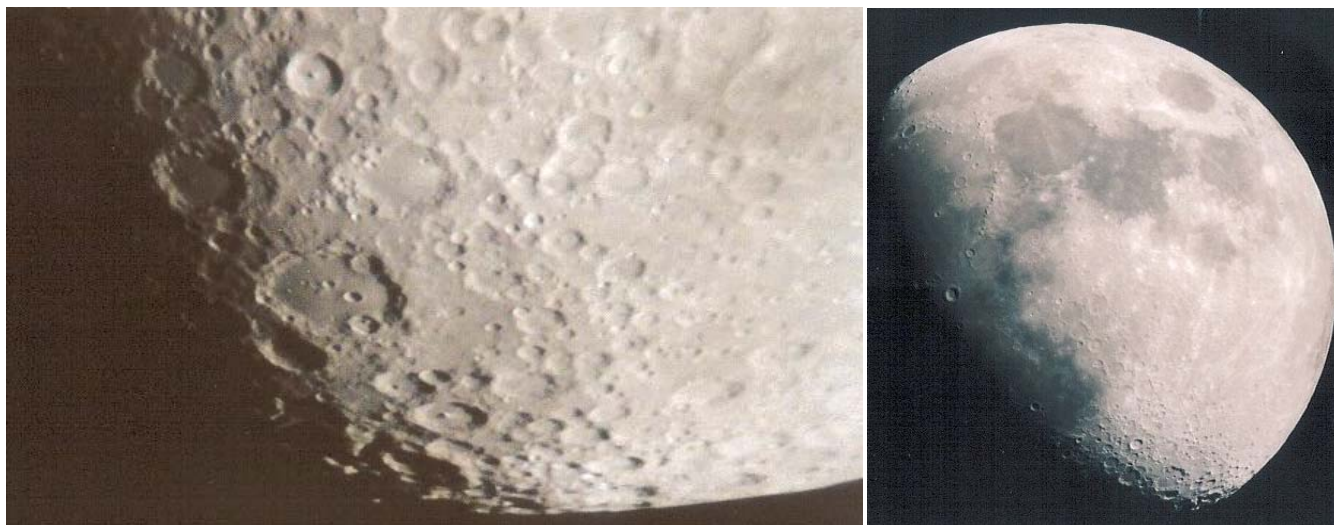
I a la superfície de la Lluna, què és el que hi podem veure? Els mars d'una banda i les terres o continents de l'altra, on hi ha serralades i cràters. Els mars reben aquest nom, perquè quan Galileu els observà va creure, degut a la poca definició que obtenia amb les seves ulleres astronòmiques, que realment eren mars d'aigua, quan en realitat són enormes depressions que es formaren a causa de l'impacte de grans meteorits fa milers de milions d'anys. Posteriorment, aquestes depressions es van reomplir amb laves basàltiques de l'interior de la Lluna.



**Superior:** la Lluna plena, amb els noms dels mars, els oceans i els principals cràters. A la imatge també s'han assenyalat els llocs de la Lluna on algunes de les naus espacials, tripulades o no, han allunat –o s'han estavellat– de 1959 ençà (Rees, M. (ed.) (2005), p. 152).



En canvi, a les terres o continents hi ha serralades, amb muntanyes que assoleixen fins 8 km d'altitud, i la major part dels circs o cràters, alguns dels quals amiden més de 200 km de diàmetre. Se sap que la immensa majoria dels cràters es van formar en caure meteorits a la superfície de la Lluna, tot i que n'hi hagi un molt petit percentatge d'origen volcànic. La forma dels cràters ens permet esbrinar el seu origen. Una manera molt senzilla per saber si veiem un cràter creat per un meteorit és tractar de trobar-hi un pic a la seva part central, que és una de les conseqüències de l'impacte i que a vegades es conserva.



**A dalt:** la Lluna, en dues imatges obtingudes per la Núria Ricós el mes de desembre de 2006 emprant l'antic telescopi refractor del Grup d'Astronomia "Cosmos", de Mataró. El cràter més gran és *Clavius* que, amb 225 km de diàmetre és, de fet, dels més grans de la Lluna. Aquestes imatges són les darreres que s'obtingueren amb aquest instrument, abans de retirar-lo de la cúpula. A baix: l'encant d'un eclipsi total de Lluna és ben diferent al d'un eclipsi de Sol, tot i no ser tan espectacular; de fet, ben probablement res a la natura iguala en corprenedora bellesa un eclipsi total de Sol. Aquesta composició resumeix allò que es va veure durant l'eclipsi total de Lluna del 3 de març de 2007 (cortesia de "Cosmos", Grup d'Astronomia de Mataró).



**Eclipsi Total de Lluna – 3 de Març de 2007**

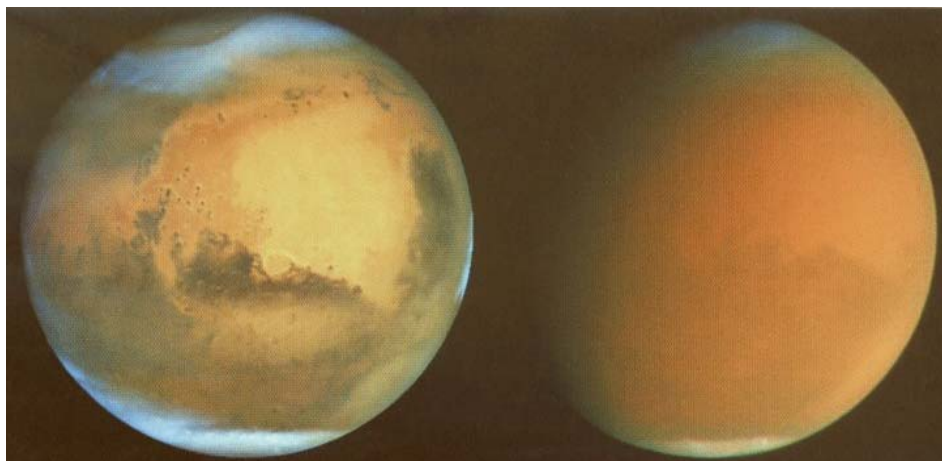
**Fotografies:**  
Ramon Lázaro, Núria Ricós i Cristina Monferrer

**Composició:**  
Esteve Cortés

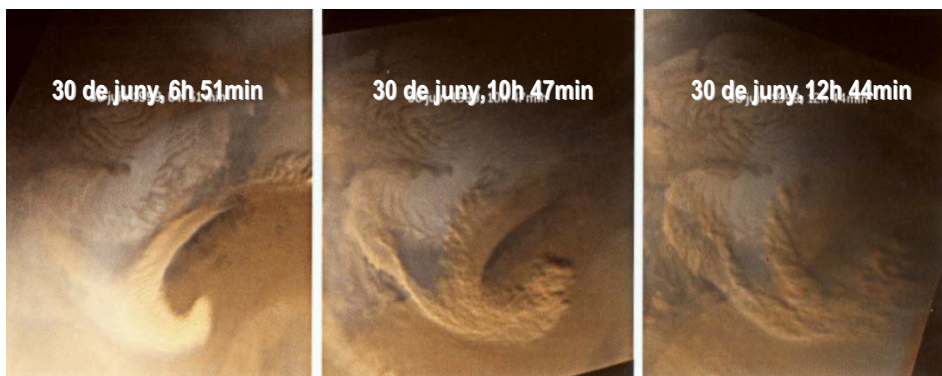
## 5. MART, EL PLANETA ROIG

Mart és un món que, d'un parell de segles ençà, ha fascinat els astrònoms. En molt bona mesura, aquesta fascinació cal cercar-la en el fet que, en certs aspectes, Mart s'assembla molt a la Terra. En efecte, el planeta roig té un dia de 24 hores i 37 minuts (és a dir, gairebé igual al de la Terra), mentre que la inclinació del seu eix de rotació és de poc més de 25 graus, per la qual cosa a Mart, com a la Terra, s'hi produeixen estacions.

El cert és que, si guitem Mart amb un telescopi, hi podrem copsar diversos trets superficials bastant notables. El color del planeta és discretament rogenc, cosa que podem apreciar fins i tot a ull nu. Si l'observem amb un telescopi, de seguida ens cridarà l'atenció un dels seus casquets polars, d'un blanc molt pur i perfectament retallat a un dels extrems del disc marcià. Ja hem dit que la tonalitat de Mart és d'un roig suau, però si mirem el planeta amb més atenció apreciarem que, en realitat, aquesta és la tonalitat predominant, però no l'única, ja que també hi ha algunes zones més fosques, d'un color proper al gris. I si tenim sort, fins i tot divisarem alguna regió blanca al limbe del planeta. Si ens ho hem passat bé i tenim a l'abast un telescopi de ben segur voldrem repetir l'experiència algunes nits més. A poc a poc ens familiaritzarem amb el planeta, i podrem copsar canvis a la seva superfície, ja que les taques fosques, que són la suma de diversos accidents geogràfics (cràters, muntanyes, valls), aniran variant de posició, cosa que delatarà la rotació del planeta. Les zones blanques són núvols o boirines, i hi podrem apreciar modificacions en la seva mida i/o desplaçaments sobre el disc marcià. És poc probable que s'arribi a alterar la fesomia del planeta fins el punt de desaparèixer els trets superficials. Però que sigui poc probable no vol dir que no hagi passat mai; de fet, els astrònoms ho han pogut enregistrar més d'una vegada (vegeu, a tall d'exemple, les dues imatges inferiors). Quan això passa, es produeix una tempesta de pols a nivell global: llavors, Mart adquireix una tonalitat groguenca –visible fins i tot a ull un–, que pot abastar quasi tota la seva superfície. Si això succeeix l'observació del planeta perd interès, ja que pràcticament tot deixa de ser visible, excepte el casquet polar, i encara força esmorteït.



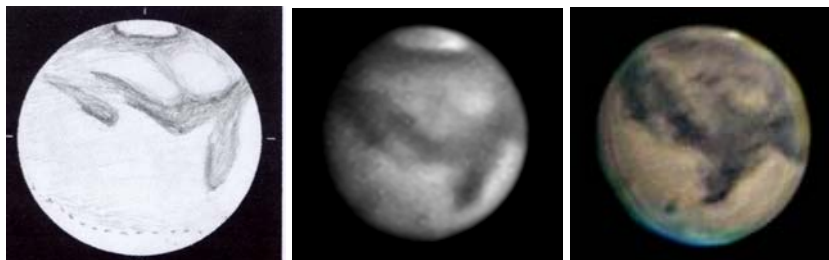
**Les dues imatges superiors** van ser obtingudes pel telescopi espacial Hubble el 26 de juny de 2001 (**esquerra**) i el 4 de setembre d'aquell mateix any. Mostren la mateixa zona de Mart, i reflecteixen els canvis en la fesomia de la superfície provocats per una gran tempesta de pols. Es va començar a formar a un extrem del casquet polar sud, i en pocs dies s'estengué fins l'equador, cobrint la major part de la superfície de Mart en unes setmanes.



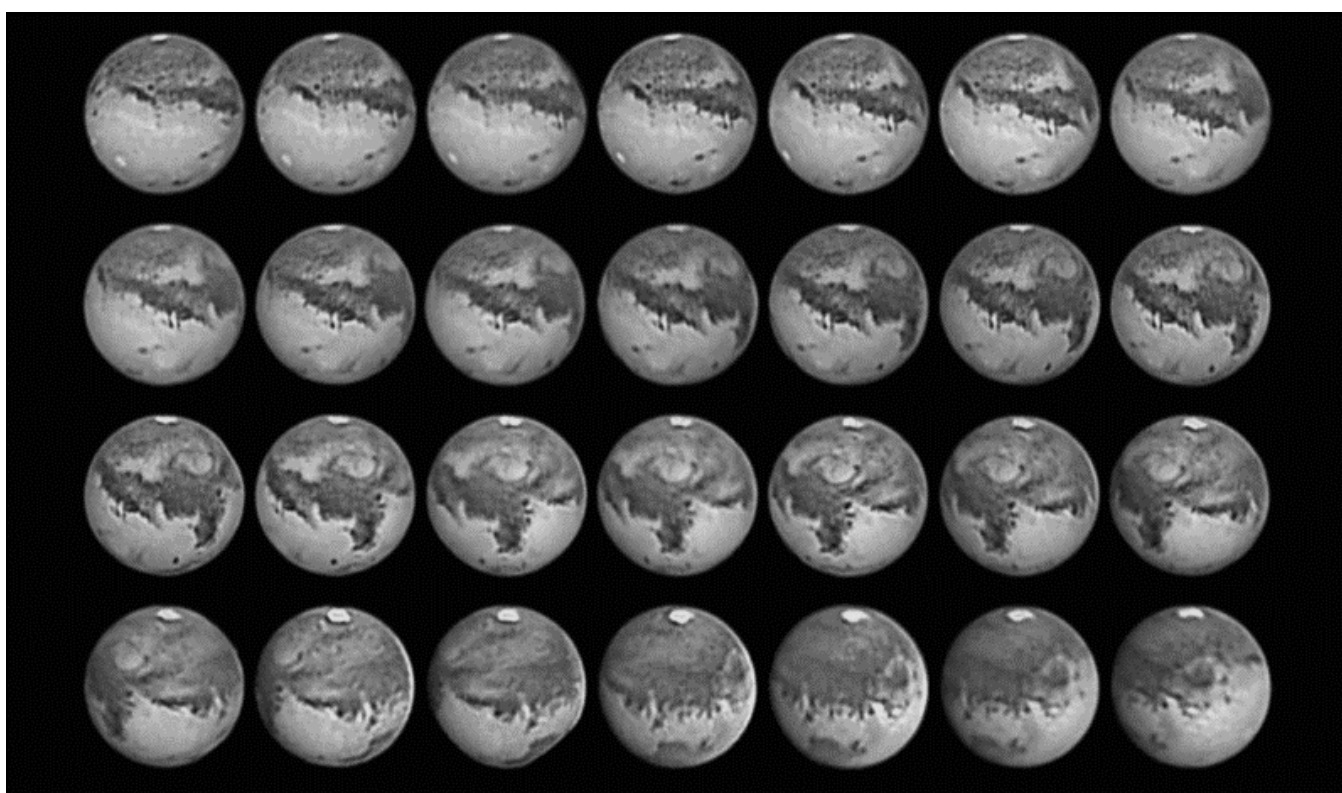
**Les tres imatges inferiors** permeten apreciar, amb gran detall, l'evolució d'una tempesta de pols que, durant l'estiu de 1999, es va produir a la regió del pol nord marcià. Fixeu-vos en què entre la primera i la darrera imatge ni tan sols hi ha 6 hores de diferència (imatges obtingudes per la sonda Mars Global Surveyor).



Fins fa cent anys Mart tan sols podia ser estudiat visualment. Durant les primeres dècades del segle XX es va començar a aplicar la fotografia pel seguiment del planeta roig, cosa que va facilitar un coneixement molt més objectiu de bona part dels seus trets superficials. Però el gran salt endavant s'ha donat d'ençà la difusió de les noves tècniques de captació d'imatges. En primer lloc, des de fa una vintena d'anys es generalitzà l'ús de les càmeres CCD (les imatges de l'oposició de 1988 reproduïdes a aquesta pàgina, captades des de l'observatori francès de Pic du Midi, en són una esplèndida mostra); més recentment, càmeres digitals, i sobretot *webcams*, s'han acabat imposant. Gràcies a aquests ginys, els observatoris professionals, com també els aficionats a l'astronomia, poden captar imatges planetàries amb una gran definició.



Tres imatges del planeta Mart obtingudes per aficionats. La de l'**esquerra** és un dibuix de l'any 2003 (autor: Oriol Font); la del **centre** va ser obtinguda amb una càmera CCD també l'any 2003; finalment, la de la **dreta** és una imatge captada amb una *webcam* l'any 2005 (Cortesia del Grup d'Astronomia de Tiana).

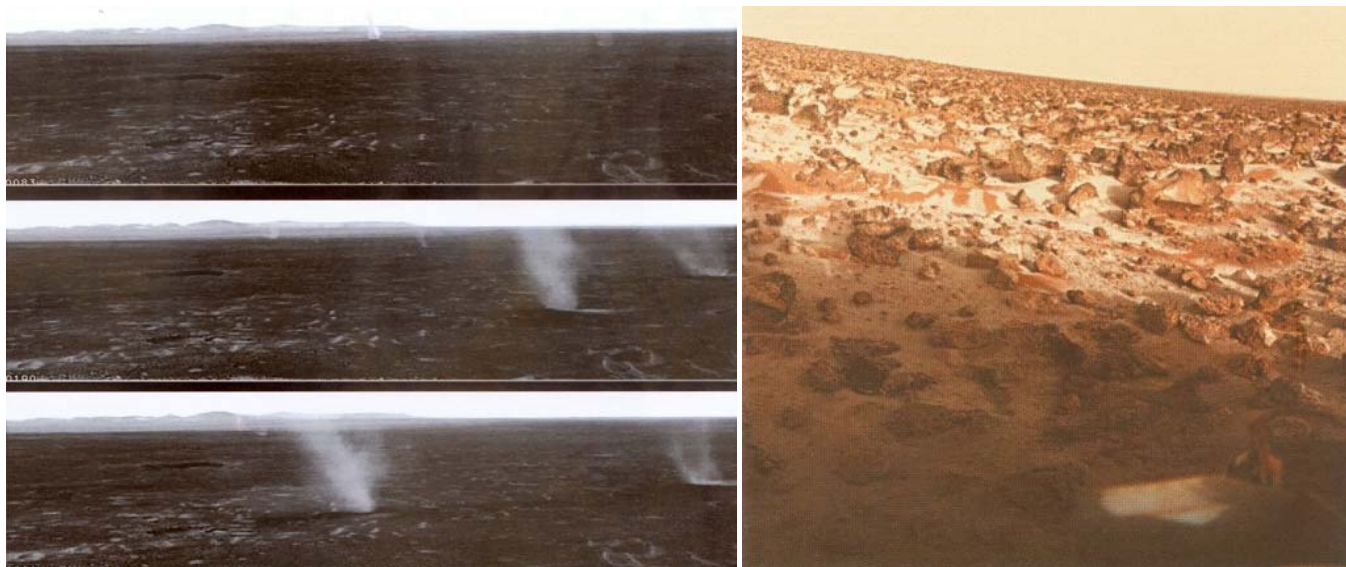


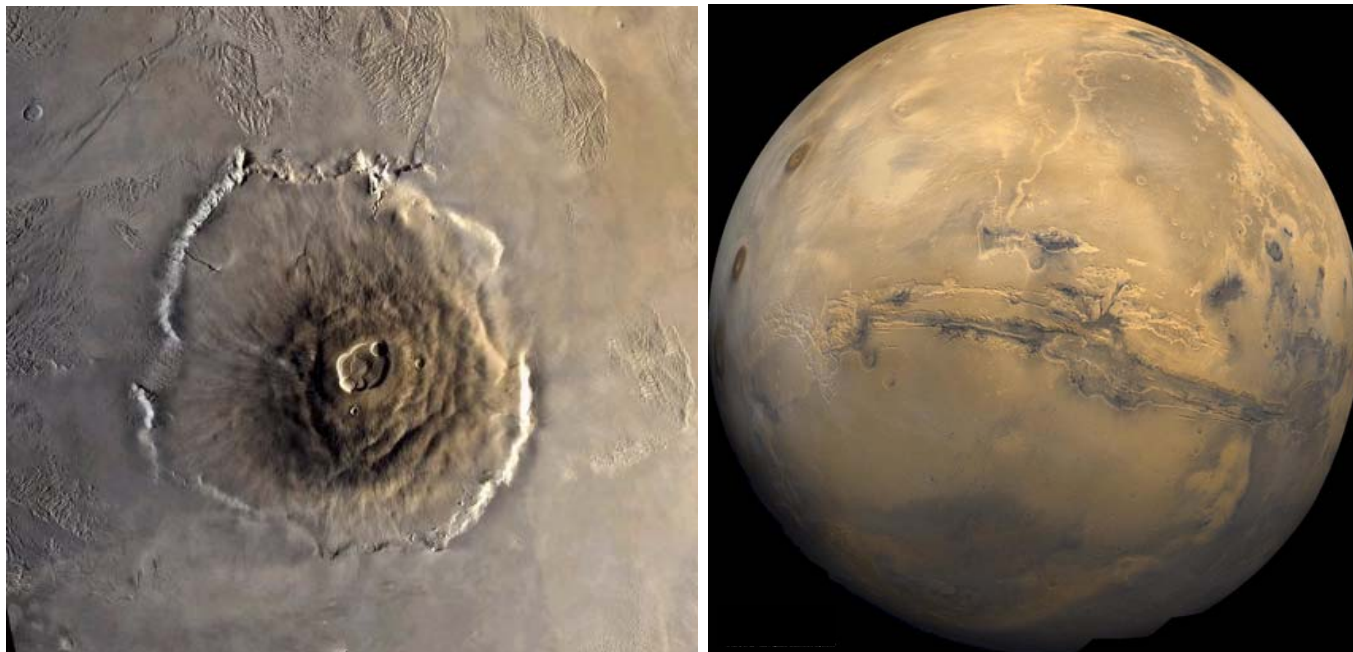
En realitat, la imatge més exacta del planeta roig ens l'han donat les sondes interplanetàries, que tant els nord-americans com, en menor mesura, els soviètics i els europeus, han enviat a Mart des de mitjans de la dècada dels seixanta del passat segle. Gràcies a aquests ginys, sabem que, gairebé amb tota seguretat, Mart té una superfície geològicament inactiva, però que conserva espectaculars vestigis d'un passat remot molt actiu. Testimonien aquesta pretèrita activitat un conjunt d'enormes volcans, alguns dels quals amb més de 20 km d'altura. Concretament, *Olympus Mons* és la formació volcànica més gran del Sistema Solar, ja que té uns 25 km d'altura i més de mig miler de quilòmetres de base. Però a Mart no tan sols hi ha volcans gegantins: també hi ha altres trets superficials, les dimensions dels quals ens deixen astorats. Per exemple, a prop de l'equador trobem un immens sistema de canyons, que assoleixen més de 4.000 km de longitud (és a dir, gairebé una quarta part de la circumferència de Mart!), així com una amplària que sobrepassa, en molts punts, els 700 km i una fondària mitjana de 8 km. Si poguéssim posar el Gran Canyó d'Arizona al seu costat, no veuríem més que un petit afluent.



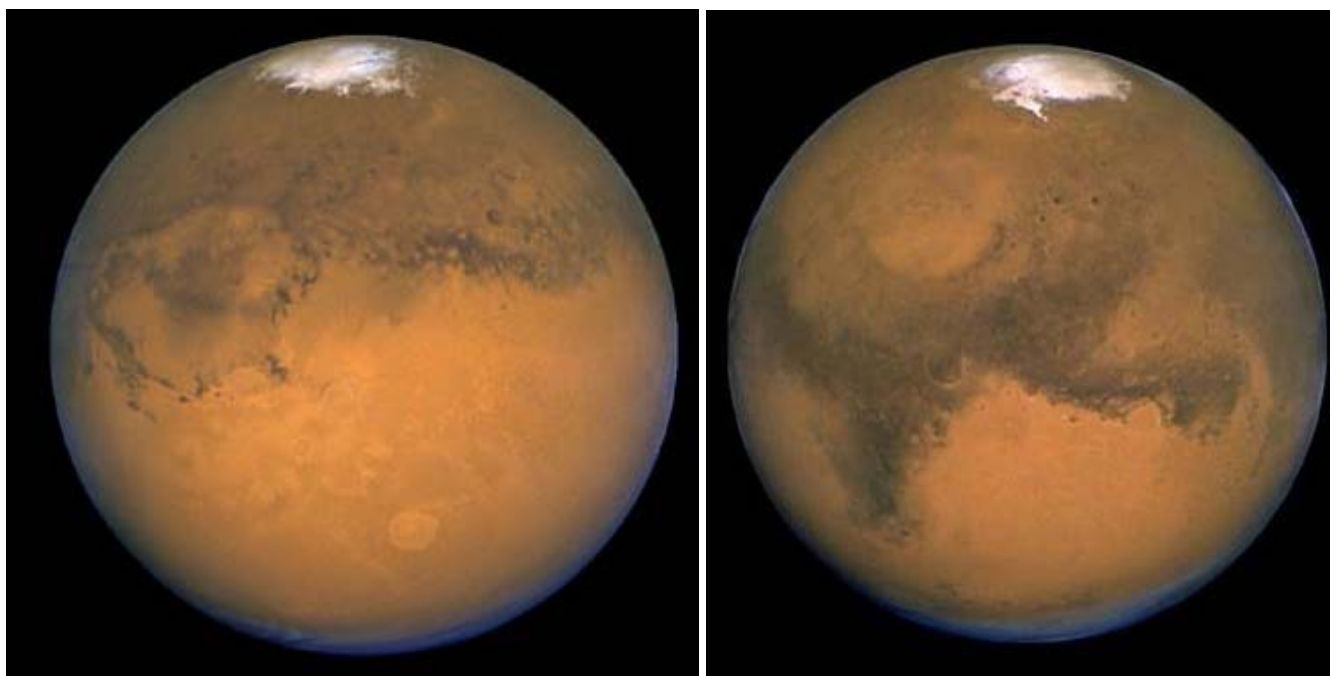


**A dalt:** una esplèndida imatge del casquet polar nord durant la primavera marciana. Aquesta imatge és una síntesi de fotografies obtingudes per la sonda Mars Global Surveyor durant el mes de juliol de 2002. Entre la primera imatge i la darrera tan sols hi ha 14 hores de diferència. Els casquets polars estan formats, gairebé en la seva totalitat, per gel de diòxid de carboni, que durant l'hivern marcíà precipita sobre la superfície. Quan arriba la primavera, gairebé tot el gel acumulat (amb gruixos que assoleixen fins 1 m d'altura) de nou s'evapora. **A baix, a l'esquerra:** els *dust devil* (literalment, diables de pols) són petits tornados que es formen a la superfície de Mart a prop del migdia marcíà. La gran diferència de temperatura que hi ha entre la superfície marciana (escalfada pel Sol) i la molt tènue atmosfera –una diferència que ja és apreciable a pocs centímetres pel damunt del terra– provoca forts canvis de pressió atmosfèrica, que generen corrents ascendent d'aire, els quals aixequen pols del sòl. La velocitat que assoleixen aquests tornados és elevada (poden superar els 100 km/h), però el fet que l'atmosfera marciana sigui molt enrarida té com a resultat que, si hipotèticament un *dust devil* ens passés pel damunt, tan sols notaríem una mena de brisa marina. Les imatges van ser preses pel rover Spirit el 13 de juliol de 2005. Entre la imatge del mig i la de sota hi ha 34 segons de diferència, mentre que entre la de dalt i la de baix n'hi ha 104. **A baix, a la dreta:** la nau Viking 2 va fotografiar la superfície gebrada de Mart l'any 1978. Es creu que el gel és d'aigua, tot i que no es pot descartar que, en part, sigui diòxid de carboni.





**A dalt, a l'esquerra:** *Olympus Mons* és la formació volcànica més gran del Sistema Solar, ja que té uns 25 km d'altura i més de 500 km de base. **A dalt, a la dreta:** a prop de l'equador trobem *Valles Marineris*, un immens sistema de canyons, que assoleixen més de 4.000 km de longitud (és a dir, gairebé una quarta part de la circumferència de Mart!), així com una amplària que sobrepassa, en molts punts, els 700 km i una fondària mitjana de 8 km. Si poguéssim posar el Gran Canyó d'Arizona al seu costat, no veuríem més que un petit afluent. **A baix:** dues imatges de Mart, obtingudes pel telescopi espacial Hubble durant la gran oposició de 2003. A part d'un dels dos casquets polars (concretament el de l'hemisferi sud), s'aprecien les zones clares i fosques que es poden veure amb un telescopi, tot i que la millor definició d'aquestes fotografies permet veure encara més trets orogràfics, com cràters d'impacte i algunes calderes volcàniques, entre les quals *Olympus Mons* (és la taca ovalada més clara que s'aprecia a l'inferior de la imatge de l'esquerra: compareu-la amb la imatge superior esquerra). Les fotografies transmeses pel telescopi espacial Hubble també permeten veure núvols i boirines al limbe del planeta.



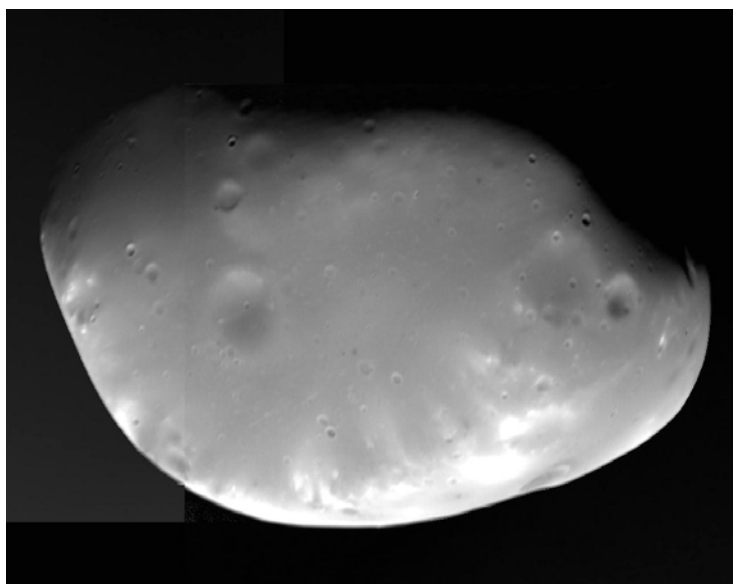
Les sondes interplanetàries també ens han permès conèixer molt bé l'atmosfera marciana. Ja fa més d'un segle que sabem que l'atmosfera de Mart és bastant canviant: casquets polars que s'estenen i es fonen, boirines, núvols i tempestes de pols no són difícils de veure amb un bon telescopi des de la Terra. Abans de l'era espacial teníem una visió de conjunt raonablement correcta de l'atmosfera marciana; ara, gràcies a les naus espacials en tenim un retrat molt precís i detallat. A nivell de la superfície marciana, les sondes interplanetàries han mesurat una



pressió atmosfèrica tan baixa que l'aigua no s'hi pot mantenir en estat líquid. Dissortadament, aquesta no és l'única diferència notable entre la Terra i Mart. A més de ser extremadament dèbil, l'atmosfera de Mart també és irrespirable, ja que no té més que lleus vestigis d'oxigen (menys del 0,1%), sent el diòxid de carboni el gas més abundant, assolint un aclaparador 95,3% del total. Per si no n'hi hagués prou, la temperatura global del planeta roman per sota els 60 graus centígrads sota zero, si bé és cert que, a l'estiu i a prop de l'equador, el termòmetre pot pujar pel damunt de zero graus.

## ELS SATÈL·LITS DE MART

Mart té dos satèl·lits. Van ser descoberts l'agost de l'any 1877, en el decurs de dues nits consecutives, per l'astrònom nord-americà Asaph Hall. Durant moltes nits d'aquell any, Hall va cercar a debades algun satèl·lit al voltant de Mart. Segons sembla, quan Hall havia tirat la tovallola, la seva muller va demanar-li que ho intentés una darrera nit i que, si no tenia èxit, ho deixés estar. Aquella mateixa nit descobrí el primer satèl·lit, i la següent veié el segon. Atès que Mart és el déu de la guerra, Hall els va batejar, de manera molt adient, amb els noms de Deimos (Pànic) i Phobos (Terror). D'esquerra a dreta, els podem veure a les dues imatges inferiors, obtingudes per les sondes Viking.



Phobos i Deimos són dos petits objectes, de forma irregular. El més gran és Phobos, ja que assoleix unes mides de 27 x 21 x 19 quilòmetres; per la seva part, Deimos amida 15 x 12 x 11 quilòmetres. Són astres molt foscos, i Phobos orbita tan a prop de Mart que la seva òrbita és molt inestable, fins el punt que s'ha calculat que, d'aquí uns 30 milions d'anys, caurà sobre Mart. Les imatges transmeses per les sondes interplanetàries ens han mostrat uns objectes plens de cràters d'impacte. Pel gran nombre de cràters, els astrònoms calculen que són astres molt antics, ja que s'estima que deuen tenir més de 3.000 milions d'anys d'antiguitat. Hom considera que Phobos i Deimos deuen ser asteroides capturats per la força de gravetat de Mart, però en l'actualitat això no és més que una hipòtesi.

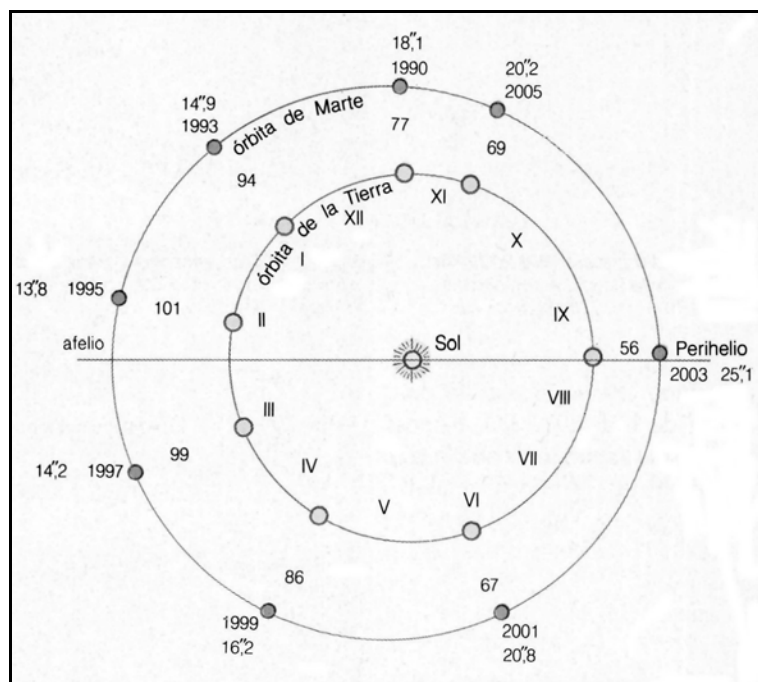
**A la dreta:** una esplèndida imatge en fals color i d'alta resolució de Phobos, captada per la sonda Mars Reconnaissance Orbiter l'any 2008. Aquesta imatge permet veure detalls de menys de 10 metres.



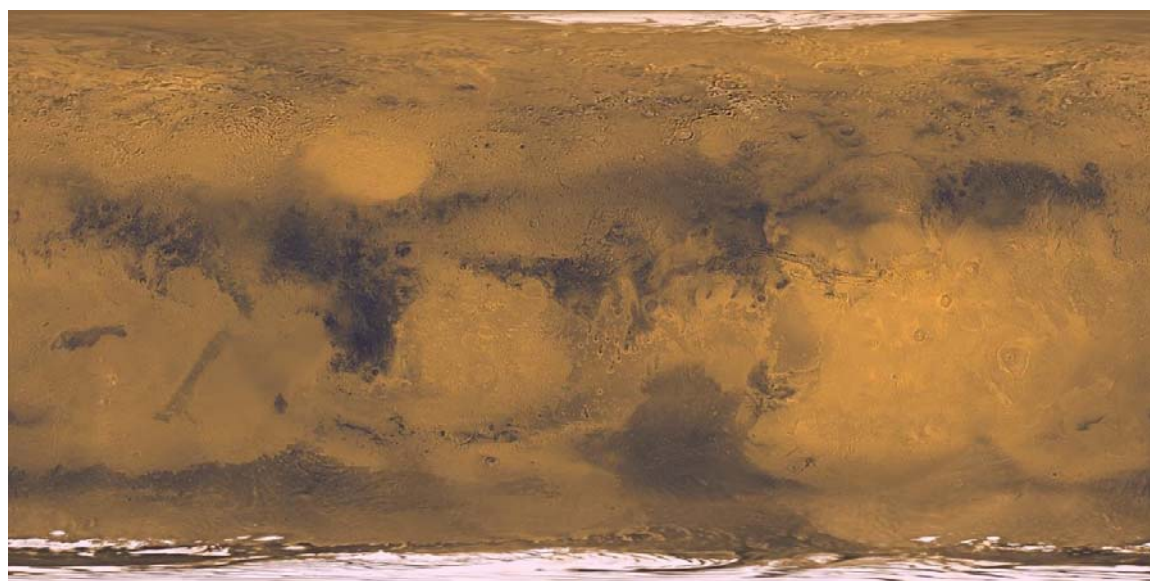
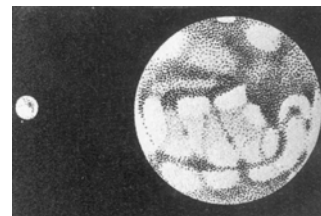


## LES OPOSICIONS DE MART: PER QUÈ NO SEMPRE VEIEM MART IGUAL DE BÉ?

La Terra triga 365 dies en donar una volta al Sol. Per la seva part, Mart necessita quasi bé el doble de temps per completar una translació, exactament 687 dies. La combinació dels moviments orbitals d'ambdós astres fa que cada poc més de dos anys Mart es trobi molt a prop de la Terra, és a dir, en oposició; així, les dues darreres oposicions es van produir el 28 d'agost de 2003, l'1 de novembre de 2005 i el 20 de desembre de 2007, mentre que aquest curs es produirà una nova oposició, concretament el 10 de gener de 2010. Això no vol dir que Mart tan sols es vegi bé exactament durant aquests dies; en realitat, durant les cinc i sis setmanes anteriors i posteriors a l'oposició Mart es pot guaitar de manera òptima, sent, és clar, les dates més properes a l'oposició les millors per observar-lo. Ara bé, com que l'òrbita de Mart és molt el·líptica hi ha vegades que Mart es troba més lluny o més a prop de la Terra, és a dir, hi ha oposicions millors (la de l'any 2003 va ser extraordinària) i n'hi ha de pitjors, com la de l'any 2007, i sobretot la de l'any 2010. El diagrama inferior se centra en les oposicions ocorregudes entre els anys 1990 i 2005. És prou il·lustratiu del que s'acaba d'explicar:



**A l'esquerra:** diagrama que mostra les oposicions de Mart entre els anys 1990 i 2005. Les xifres que hi ha al costat dels anys de les oposicions (expressades en segons (") d'arc) es refereixen al diàmetre aparent de Mart vist des de la Terra. Les xifres que hi ha entre les òrbites de Mart i la Terra (101, 94, 77, 69, 56, 67, 86 i 99) es refereixen a la distància, en milions de quilòmetres, que hi ha entre Mart i la Terra. Els números romans al·ludeixen als mesos de l'any. La línia periheli - afeli fa referència a la màxima i la mínima distància de Mart al Sol. **A baix, a la dreta:** vist des de la Terra, el diàmetre de Mart varia molt en funció de la seva posició: per això és molt important poder observar-lo sobretot quan es troba ben a prop d'una oposició.



**A l'esquerra:** planisferi de la superfície del planeta Mart, elaborat en base a multitud de fotografies obtingudes per les sondes interplanetàries en el decurs de les darreres dècades. El sud del planisferi és a la part superior de la imatge.

## 6. JÚPITER, UN SISTEMA SOLAR EN MINIATURA

El planeta Júpiter és el de majors dimensions de tot el Sistema Solar. Tot en Júpiter és enorme: té un diàmetre superior als 142.000 km (és a dir, quasi bé dotze vegades el de la Terra) i una massa superior a la de tots els planetes i satèl·lits del Sistema Solar. Dins de Júpiter s'hi podrien encabir més de 300 planetes com la Terra, i els satèl·lits d'aquest gran astre superen de llarg la seixantena, una xifra que, de ben segur, en el futur serà depassada. Cal assenyalar, també, que Júpiter té un anell, tot i que molt tènue, fins el punt que no es va poder descobrir fins que les naus Voyager van sobrevolar el planeta l'any 1979.

### EL PLANETA I LA SEVA DINÀMICA ATMOSFERA

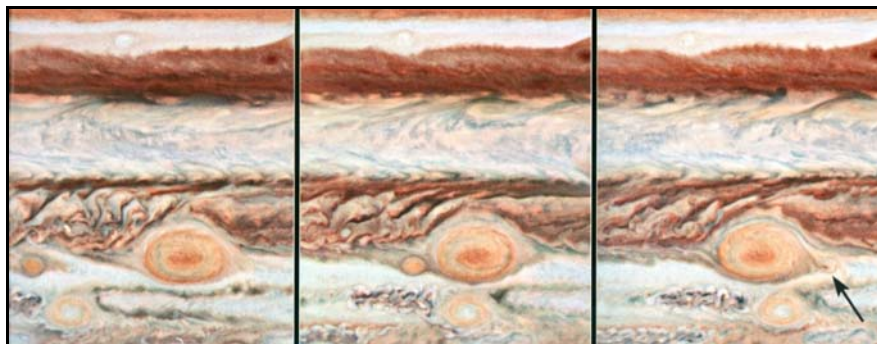
Els trets més destacats d'aquest planeta ja es van poder veure en el decurs del segle XVII, com les bandes de núvols o la taca vermella, localitzada per primer cop l'any 1664 per Robert Hooke. Es tracta d'un cicló de dimensions gegantines, que des de llavors ha estat observat de manera ininterrompuda. En algunes ocasions, la taca vermella quasi bé ha desaparegut, mentre que altres vegades les seves dimensions l'han acostat als 50.000 km de diàmetre. En funció dels elements que circulen pel seu interior, també el seu color pateix variacions, passant del vermell més intens al blanc més immaculat. Sense anar més lluny, ara fa un parell d'anys si fa no fa era blanquinosa, i durant força setmanes un segon cicló gairebé tan gran com la taca vermella –batejat amb el nom de petita taca vermella– va romandre a tocar aquesta tempesta; en canvi, els darrers anys el color ha esdevingut més salmonat. Altres detalls de l'atmosfera joviana són les bandes i les zones, que completen una rotació en menys de 10 hores. Les zones romanen a més altura que no pas les bandes: les primeres són de color blanc i en bona mesura estan formades per cristalls d'amoníac, mentre que les segones són marronoses, una tonalitat provocada, en part, per l'hidrosulfur d'amoní. Sota les zones i les bandes hi ha petites faixes blavoses, que deuen la seva tonalitat a l'aigua. A més de les bandes, les zones i la taca vermella, a l'atmosfera joviana també hi ha òvals, condensacions a les bandes, fistons i ponts de color marró entre bandes. Els núvols de Júpiter assoleixen velocitats molt elevades: les naus Voyager van mesurar, a finals dels anys setanta, ràfegues de vent d'uns 150 metres per segon. També van enregistrar velocitats variables en funció de la latitud, sent més violents a l'altura de l'equador i més suaus a prop dels pols.



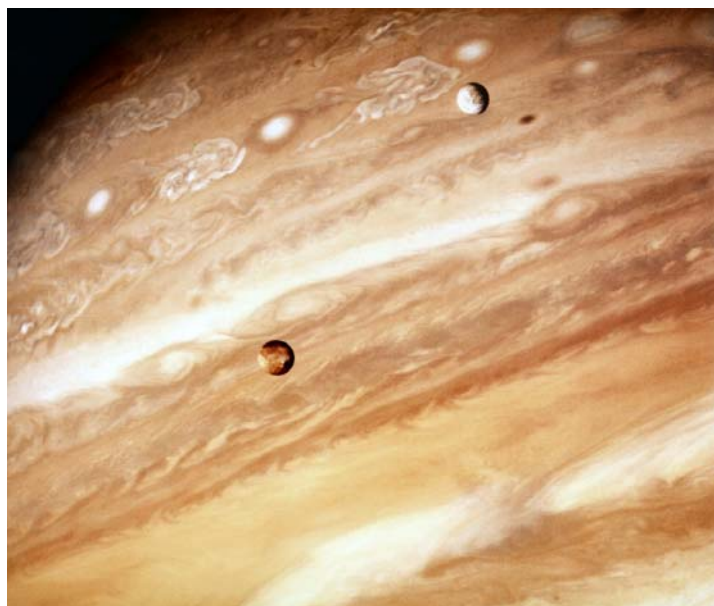
**A dalt:** seqüència d'imatges de Júpiter, obtingudes per l'Oriol Font Cot i la Núria Ricós Cruells la nit del 7 al 8 de maig de 2005, emprant un telescopi Schmidt-Cassegrain de 203 mm de diàmetre i 2030 mm de distància focal, equipat amb lent de Barlow x 2. Aquesta sèrie d'imatges permet apreciar la rotació de la Gran Taca Vermella. Les imatges s'han obtingut en forma de fitxers de vídeo en format *avi*, fent servir el programa de control de la *webcam* (*Philips Toucam Pro II*). Els vídeos s'han processat amb el programa *Registax 3.0*; en primer lloc, s'han seleccionat de manera automàtica les millors imatges de cada vídeo, s'han alineat i sumat, i cada una de les imatges resultants s'ha processat mitjançant el mètode de *wavelets* inclòs en el mateix programa. D'esquerra a dreta, 7 de maig, a les 20 hores 50 minuts; a les 21h 35m; a les 22h 38m; a les 23h 01m; i 8 de maig, a les 00h 02m. Totes les hores venen expressades en Temps Universal (Cortesia del Grup d'Astronomia de Tiana).

Júpiter és un planeta que es comporta més com una bombolla de gas (amb un percentatge d'hidrogen que frega el 90%) que no pas com un objecte sòlid. Aquest fet, afegit a la seva ràpida rotació –inferior a les 10 hores–, a més de fer que els fenòmens atmosfèrics se'ns presentin paral·lels a l'equador, provoca un aplatament del seu disc, que és visible fins i tot amb petits telescopis.

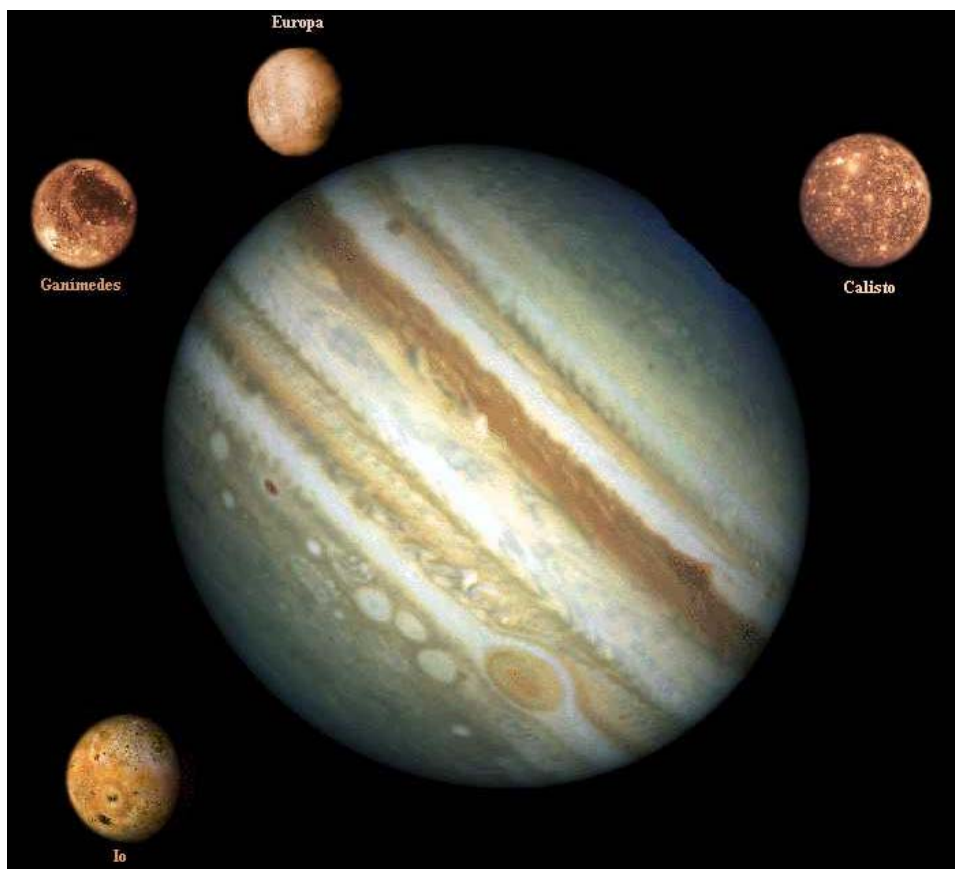




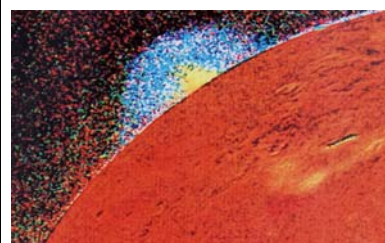
**A l'esquerra:** seqüència d'imatges de la Gran Taca Vermella (RS) i les seves rodalies obtingudes pel telescopi espacial Hubble el 15 de maig (esquerra), 28 de juny (centre) i 8 de juliol de 2008. Es pot apreciar clarament el moviment tant de la RS com d'un altre òval vermell (assenyalat a la dreta), que és atrapat i deformat per la RS.



**A dalt, a l'esquerra:** les llunes de Júpiter Europa (superior) i Io (inferior) semblen surar sobre el planeta Júpiter. Aquesta suggerent imatge va ser obtinguda per la sonda Voyager 1, el mes de febrer de 1979. **A dalt, a la dreta:** el planeta Júpiter, en una esplèndida imatge, obtinguda per la nau Cassini, el desembre de 2000. El petit disc negre que s'aprecia a la mateixa latitud que la Gran Taca Vermella és l'ombra del satèl·lit Europa.



Les sondes espacials han permès obtenir imatges de Júpiter i els seus satèl·lits d'una qualitat que, des de la Terra, és impossible d'assolir. El muntatge de la dreta s'ha realitzat a partir d'imatges preses per la nau Cassini, que posteriorment arribà a Saturn. Aquest muntatge permet apreciar tant el planeta Júpiter –i la seva inconfundible Gran Taca Vermella– com els quatre principals satèl·lits. A baix podem veure una de les milers d'imatges que van transmetre les naus Voyager a finals dels anys setanta. Concretament és un plomall volcànic de Io.





## ELS SATÈL·LITS DE JÚPITER

Júpiter és una mena de Sistema Solar en miniatura. Té un total de 63 satèl·lits, dels quals 55 són irregulars i tan sols 8 regulars. Tal i com passa amb Saturn, les òrbites de bona part d'aquests satèl·lits són força irregulars (molt el·líptiques, retrògrades, presenten un pla orbital molt allunyat del de Júpiter, etc.). No és possible deturar-nos amb detall en cada un dels seus satèl·lits; val la pena, però, explicar les característiques més importants de les quatre llunes principals.

A més del disc de Júpiter, precisament van ser els quatre satèl·lits més brillants el primer que, a inicis del segle XVII, veié Galileu amb la seva ullera. Nit rera nit, Galileu en seguí llur moviment, i ben aviat s'adonà que aquests puntets voltaven el planeta, amb la qual cosa va poder demostrar l'existència d'astres orbitant un planeta que no era el nostre.

Val la pena que en fem cinc cèntims de cadascun. El més proper, quant a distància a Júpiter, és Ío. Té un diàmetre semblant al de la Lluna (3.643 quilòmetres, front als 3.476 quilòmetres de la nostra Lluna), i en trobar-se molt a prop de Júpiter (si fa no fa, a la mateixa distància que la nostra Lluna de la Terra) pateix unes enormes marees provocades per l'atracció gravitatòria de Júpiter; de fet, són tan intenses que l'escorça de lo es deforma, i el seu interior s'escalfa i es fon. Això provoca unes erupcions volcàniques molt intenses, tant que part del material expulsat pels volcans es posa en òrbita. En el cas d'Europa (que té un diàmetre de 3.122 quilòmetres) les marees gravitatòries que provoca Júpiter són menors, ja que el satèl·lit es troba, més o menys, al doble de distància de Júpiter que no pas Ío. Amb tot, la fricció provocada per la força de gravetat de Júpiter provoca prou escalfor com perquè, molt probablement, sota l'escorça de gel d'Europa hi hagi un oceà d'aigua de força quilòmetres de fondària. Finalment, cal que també dediquem uns mots a Ganímedes i Cal·listo, amb 5.262 i 4.821 quilòmetres de diàmetre respectivament. Dels dos, el més proper a Júpiter és Ganímedes, ja que roman a poc més d'un milió de quilòmetres de distància d'aquest planeta. És més gran que Mercuri i que Plutó. És rocallós, i una capa de gel el cobreix; alguns cràters d'impacte, de color blanc, ens permeten deduir que, quan es van formar (fa milions i milions d'anys), part del gel es va fondre, cobrint parcialment la conca d'impacte abans de tornar-se a glaçar. Igual que passa amb Ganímedes, Cal·listo és també un món rocallós, cobert per gel i esquitxat per les marques blanques deixades per la fusió i congelació del gel com a conseqüència d'impactes de meteorits.



**A dalt:** imatges de tres dels quatre principals satèl·lits de Júpiter, obtingudes per diverses sondes interplanetàries. **A l'esquerra** podem veure Ganímedes, en un mosaic d'imatges captades per la càmera de la sonda Galileu el juny de 1997; **al centre** guaitem Cal·listo, tal i com el va fotografiar la Voyager 2 el juliol de 1979. Tant Ganímedes com Cal·listo són móns rocallosos, amb una capa superficial de gel crateritzat a causa de l'intens bombardeig meteorític que han patit ambdós satèl·lits, en especial Cal·listo. Finalment, **a la dreta** apreciem Europa, en un mosaic d'imatges preses per la Galileu el mes de març de 1998. Sota la glaçada i esquerdada superfície d'aquest satèl·lit, s'ha hipotetitzat amb l'existència d'un oceà d'aigua (per més informació, vegeu l'apartat d'aquesta pàgina).

## 7. SATURN, EL SENYOR DELS ANELLS

### EL PLANETA

Com Júpiter, Saturn és una mena d'enorme bola de gas, gairebé tota d'hidrogen, orbitant al voltant del Sol. La rotació de Saturn també és molt ràpida, quasi tant com la de Júpiter (9 hores 50 minuts a l'altura de l'equador en el cas de Júpiter front a 10 h 14 minuts a la mateixa latitud en el cas de Saturn). També Saturn té bandes i zones com Júpiter, si bé no es veuen tan contrastades. Abans de l'arribada de les naus espacials a Saturn, es creia que l'aspecte més difús de les bandes i les zones estava directament relacionat amb una atmosfera menys activa que no pas la de Júpiter. En realitat, això no és, ni de bon tros, veritat. Com Júpiter, Saturn té vents molt violents i molts òvals, de mides molt variables i sempre molt actius.

Un dels fenòmens més interessant de l'atmosfera de Saturn és el denominat Gran Oval Blanc (en anglès, GWS o *Great White Spot*). És una tempesta molt violenta, que de manera periòdica ha aparegut i desaparegut d'ençà l'any 1876. Des de llavors, s'ha vist quatre vegades més, concretament els anys 1903, 1933, 1960 i 1990. És a dir, si fa no fa, es deixa veure cada 30 anys. Com que Saturn triga vint-i-set anys a completar una translació, i atès que l'eix de rotació de Saturn presenta una inclinació de poc més de 26 graus (és a dir, molt semblant a la de la Terra), es creu que hi ha una relació directa entre l'aparició de la GWS i el cicle de les estacions de Saturn. Hom considera que la GWS es forma a causa de corrents d'aire ascendent molt potents, que es refreden en assolir una certa altura, formant cristalls de metà i aigua que formen grans extensions nuvoloses de color blanc. Als núvols s'hi ha enregistrat vent que oscil·la entre els 30 i els 100 metres per segon.



**A l'esquerra** podem veure una imatge del planeta Saturn obtinguda mitjançant un telescopi d'aficionats. En l'actualitat, les noves tecnologies fan possible captar fotografies que, si bé no són tan definides com les obtingudes per les sondes espacials, sí que han permès donar un espectacular salt endavant en relació als resultats que, des de la Terra, podien obtenir-se tan sols fa unes dècades (cortesia del Grup d'Astronomia de Tiana). **A baix, a l'esquerra:** una gran quantitat d'òvals, de mides molt variables, poden apreciar-se perfectament a aquesta imatge d'alta resolució, captada per la sonda Cassini l'any 2008.



**Superior, a la dreta:** no tan sols es produeixen aurores polars a la Terra. També a Saturn n'hi ha; com les de Júpiter, són molt espectaculars (imatge captada pel telescopi espacial Hubble, el 17 de gener de 1998).

## ELS ANELLS DE SATURN

Si féssim un llistat de les set meravelles del firmament, de ben segur Saturn hi hauria de ser. I és que quan veiem aquest planeta per primera vegada, la seva bellesa ens deixa astorats, i si ens afeccionem a l'astronomia i continuem observant Saturn amb un telescopi, al llarg dels anys ens adonarem que, d'un any a l'altre, els seus anells se'ns presenten amb un angle de visió diferent. A què es deu això? El fet que veiem els anells de Saturn més oberts o més tancats -fins l'extrem de desaparèixer visualment-, té una explicació força senzilla. Saturn triga poc més de vint-i-nou anys en completar una translació al voltant del Sol, o dit amb altres paraules, l'any de Saturn és igual a poc més de vint-i-nou anys terrestres. A causa de la diferent inclinació de l'eix de rotació del planeta Saturn en relació a l'eix de rotació terrestre, al llarg d'una translació de Saturn veiem com els anells presenten una màxima inclinació vers el nostre angle de visió, que va disminuint, fins que ens sembla veure'ls desaparèixer, just al moment en què se'ns presenten de cantó. Quan això succeeix –i ben aviat passarà, concretament el mes de setembre de 2009-, veurem el disc de Saturn travessat, a l'altura del seu equador, per una ratlla negra i finíssima, que és un espectacle bastant curiós. Per tant, l'aparició i desaparició dels anells de Saturn no és més que un joc de perspectives canviant.



**A dalt:** una impressionant imatge de Saturn i els seus anells, transmesa per la sonda interplanetària Cassini.

La història del descobriment dels anells de Saturn va ser una d'aquelles carreres d'obstacles a les quals ens té acostumats la ciència. El 1610 Galileu veié tres estrelles, la del mig més gran que les laterals. Dos anys més tard aprecià que les estrelles laterals havien desaparegut, i com que desconeixia què era allò que aparentment s'havia volatilitzat, no va trobar cap resposta satisfactòria. Els següents observadors tampoc van entendre què veien al voltant del disc, i van parlar d'arcs de circumferència, òvals o mitges llunes. Finalment, l'any 1659 Huygens cregué que era un anell rígid el que envoltava el disc. És cert que això és el que sembla apreciar-se a partir d'una observació telescòpica, però en realitat els anells de Saturn són, tal i com digué James Clerk Maxwell l'any 1856, una immensa quantitat de partícules –de pols, roca i gel- que formen multitud d'anells, els quals orbiten al voltant del planeta a velocitats diferents segons les distàncies a què es troben, més de pressa com més a prop del planeta i més a poc a poc com més lluny. Quant a les seves mides, sabem que aquestes partícules oscil·len entre la pols i uns pocs metres de diàmetre; per altra banda, les partícules dels anells de Saturn col·lisionen les unes amb les altres, però sense violència. I són molt gruixuts? Doncs no: per fer-nos una idea, el gruix dels anells ve a ser el d'un full de paper de seda que cobris un camp de futbol.

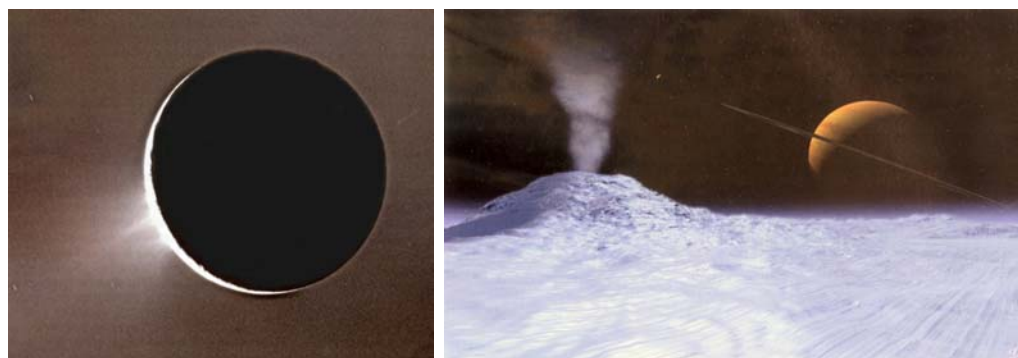


Les imatges dels anells de Saturn que van proporcionar primer la Pioneer 11, però sobretot les Voyager 1 i 2 i uns anys més tard el telescopi espacial Hubble i la sonda Cassini, mostren una complexa estructura on s'hi poden comptar centenars d'anells. Ja abans de l'era espacial, amb total seguretat s'havien identificat un total de quatre anells, que de fora endins són l'A, el qual a la vegada és subdividit en dos per la tènue divisió d'Encke, observada per primer cop l'any 1837, a més del B -el més brillant de tots-, el C i el D, molt tènue, descobert el 1968 des de l'observatori francès de Pic-du-Midi. Sota cels excepcionals i amb l'instrumental adient es poden veure lleus subdivisions entre els anells, sense tenir en compte altres matisos confirmats pels vols interplanetaris, com les línies radials que veié Antoniadi l'any 1896. Amb un telescopi d'aficionat, i sempre que els anells no estiguin de perfil, podrem veure sense dificultat la divisió de Cassini (descoberta per aquest astrònom l'any 1675), i si la nit és prou estable, també apreciarem l'anomenat anell de crespó -el C-, que és a la part més interna. Però és la visió de conjunt del disc, l'anell i els satèl·lits el que crida més l'atenció, així com la lleu diferència cromàtica que hi ha entre el planeta, de color groc pàl·lid, i els anells, d'un color que oscil·la entre el blanc quasi bé pur de l'anell B i la tonalitat lleugerament grisenca dels altres dos, l'A i el C. Res no pot substituir aquesta sensació visual que, sense cap mena de dubte i tal i com ja he dit més amunt, és una de les grans meravelles del firmament.

## ELS SATÈL·LITS DE SATURN

Tal i com passa amb Júpiter, el sistema de satèl·lits de Saturn és molt nombrós. El planeta dels anells totalitza 57 satèl·lits, dels quals 21 són regulars i la resta irregulars. De ben segur, la llista no és definitiva, i els propers anys, o dècades, testimoniaran noves troballes que s'afegiran als que ja trobem. No és possible parlar de tots els satèl·lits amb detall, per la qual cosa ens deturarem en els més característics.

Un satèl·lit de Saturn sense cap mena de dubte molt peculiar és Mimas. Aquest satèl·lit és el més proper a Saturn d'entre els de majors dimensions (orbita a 185.520 km del planeta), tot i que, si el comparem amb la nostra Lluna, comprovarem que és bastant petit, ja que té un diàmetre de tan sols 418 km. Com la nostra Lluna, Mimas té una òrbita sincrònica, és a dir, presenta sempre la mateixa cara vers Saturn. Presenta una superfície molt crateritzada, el que ens parla d'un passat remot molt violent. Un d'aquests cràters (anomenat Herschel) hauria pogut desintegrar Mimas, atès que assoleix 130 km de diàmetre (més d'una quarta part del diàmetre del satèl·lit!) i 10 de fondària.

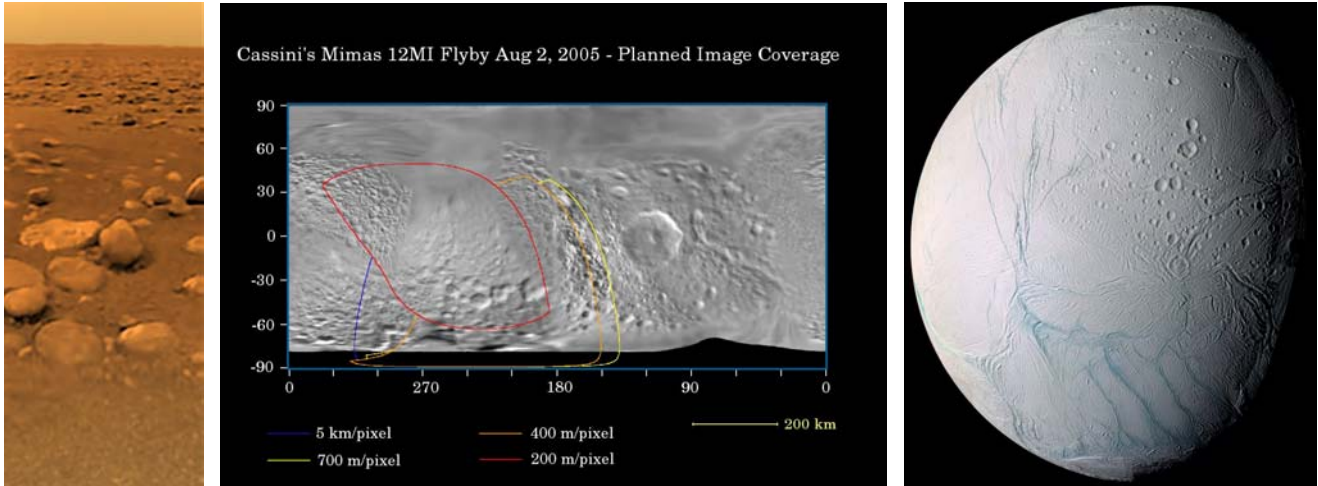


**Esquerra:** imatge captada per la nau Cassini l'any 2008. Permet apreciar el plomall que forma un guèiser de vapor d'aigua.  
**Dreta:** Saturn vist des d'Enceladus. Dibuix basat en les dades obtingudes per la sonda Cassini (per més detalls, consulteu el paràgraf inferior).

Enceladus roman a 238.020 km de distància de Saturn. És una mica més gran que Mimas (512 km de diàmetre front els 418 de Mimas) i, com Mimas, presenta sempre la mateixa cara cap a Saturn i orbita per la part exterior dels anells. A començaments de la dècada dels vuitanta, les Voyager van detectar gel a la superfície d'aquest satèl·lit, però el gran descobriment en relació a Enceladus el va fer la nau Cassini, quan va detectar guèisers de vapor d'aigua (veure la imatge superior esquerra). Les fractures per on surten les emanacions gasoses es troben a prop del pol Sud; tenen si fa no fa tres-cents metres de fondària i unes parets interiors en forma de V. Es considera que l'activitat geològica d'Enceladus en bona mesura la causa l'atracció gravitatòria de Saturn. Si comparem Enceladus amb Mimas ens adonarem que el primer dels satèl·lits esmentats és sorprenent, atès que la seva petitesa hauria de fer pensar en una

superfície fortament crateritzada, cosa que, sense tenir en compte els guèisers, tan sols s'aprecia a algunes parts del satèl·lit.

Dione és el satèl·lit de Saturn més distant del sistema d'anells. Orbita a 377.400 km de distància del planeta i, com Mimas i Enceladus, també presenta una cara permanentment orientada a Saturn. El diàmetre de Dione és de 1.120 km, i la seva superfície, molt crateritzada, reflecteix àrees amb signes d'activitat tectònica (falles, valls, depressions), no sabem si passada o encara present.



**A l'esquerra:** la superfície de Tità, en l'única fotografia que la nau Huygens va transmetre, el 14 de gener de 2005, des de la seva superfície. **Al centre:** planisferi de la superfície de Mimas. Observi's el gran cràter d'impacte Herschel, que amb un diàmetre de 130 km va estar a punt de desintegrar el satèl·lit. **A la dreta:** fotografia d'Enceladus, obtinguda per la sonda Cassini. Les regions blavoses reflecteixen la presència de gel d'aigua.

Més lluny trobem un altre satèl·lit de grans dimensions: és Rea, que orbita a 527.040 km de distància i té un diàmetre de 1.528 km. Com en el cas de Dione o Enceladus, la superfície de Rea està coberta per gel; amb tot, Rea s'assembla més a Mimas que no pas a Dione o Enceladus, ja que la superfície de Rea, molt crateritzada, no sembla haver patit grans canvis d'ençà la seva formació.

Però la joia de la corona del sistema de satèl·lits de Saturn és Tità. Orbita a 1,22 milions de quilòmetres de distància del seu amo gravitatori, i amb un diàmetre de 5.150 km s'erigeix, per mèrits propis, en el subcampionat del Sistema Solar, ja que llur diàmetre és tan sols superat pel de Ganímedes. Tità és un món fascinant: té una atmosfera un 50% més densa que no pas la de la Terra; el nitrogen és el gas més abundant, assolint més d'un 90% del total; d'entre la resta dels gasos, el metà és el més significatiu, ja que a l'atmosfera de Tità en trobem un 5%. En aquesta freda atmosfera (la temperatura mitjana a la superfície frega els 180°C sota zero), és el metà el causant de diversos fenòmens meteorològics, com diverses capes de boirines a les seves capes altes, així com núvols, que es troben molt més a prop de la superfície i són els causants de les precipitacions que formen rius i llacs de variades dimensions. El 14 de gener de 2005 la sonda europea Huygens va aterrar a la seva superfície, transmetent dades de la composició atmosfèrica a diferents altituds, així com imatges durant el descens i un cop va aterrar. Va ser una proesa de la tecnologia, ja que aquesta nau va romandre hivernada durant el seu llarg viatge de set anys, "despertant" sense problemes i funcionant gairebé a la perfecció.

El darrer satèl·lit de Saturn del que val la pena parlar és Japet. Orbita a 3,56 milions de quilòmetres de distància, i té un diàmetre de 1.436 km. L'òrbita d'aquest satèl·lit roman inclinada 14,72° en relació al pla equatorial de Saturn. Japet té una gran àrea fosca, anomenada Cassini Regio; de fet, aquesta regió és fosca com el carbó, i contrasta molt amb la resta del satèl·lit, brillant a causa del gel que la cobreix. No sabem com s'ha format la zona fosca de Japet: hi ha qui considera que és material eruptiu –de composició desconeguda– provinent de l'interior del satèl·lit; en canvi, altres investigadors defensen que, potser, són restes de matèria d'altres satèl·lits, provinent d'impactes meteorítics.

## 8. URÀ, UN MÓN CAPGIRAT

### HISTÒRIA DEL SEU DESCOBRIMENT

Urà és el primer planeta no conegut a l'antiguitat, encara que, ja en l'era telescòpica, havia estat observat i confós amb un estel en moltes ocasions abans del seu descobriment i identificació. La informació més antiga que s'ha trobat d'Urà es deu a John Flamsteed, el qual va catalogar el planeta com l'estrella 34 Tauri l'any 1690. William Herschel, un músic alemany de la cort del rei Jordi III d'Anglaterra, va descobrir el planeta Urà el 13 de març de 1781, utilitzant un telescopi construït per ell mateix, encara que en un principi va creure que es tractava d'un cometa. Inicialment li va donar el nom de Georgium Sidus (l'estel de Jordi). El nom de Georgium Sidus no va prosperar més enllà de Gran Bretanya, i Lalande, un astrònom francès, va proposar anomenar-lo Herschel en honor del seu descobridor. Finalment, l'astrònom alemany Johann Elert Bode va proposar el nom d'Urà en honor al déu grec, pare de Cronos (l'equivalent romà de Saturn). Al voltant de 1827, Urà era el nom més utilitzat per denominar el planeta fins i tot a Gran Bretanya, tot i que El HM Nautical Almanac el va seguir anomenant Georgium Sidus fins l'any 1850.

### URÀ EN XIFRES

El planeta Urà és el penúltim quant a la seva distància al Sol. Es troba a 2870 milions de quilòmetres, per la qual cosa l'energia que de la nostra estrella arriba fins aquest planeta és molt escassa. A aquesta distància, Urà es mou bastant a poc a poc i, a més, ha de recórrer una trajectòria al voltant del Sol molt gran: per això, no ens ha d'estranyar que per cada any d'Urà (és a dir, per cada translació d'Urà al voltant del Sol) passin 84 anys terrestres. El diàmetre d'Urà converteix a aquest astre en el tercer planeta més gran del Sistema Solar, ja que assoleix 51.118 km, és a dir, si fa no fa quatre vegades el diàmetre de la Terra. Al capítol dedicat a Saturn ja he comentat que la densitat de Saturn és tan baixa que, en el cas que tinguéssim un oceà d'aigua prou gran com per col·locar-lo, aquest planeta suraria. Pel que fa a Urà i, tal i com succeeix amb els quatre planetes gasosos del Sistema Solar, la seva densitat també és baixa, tot i que no tant com la de Saturn: així, Urà no suraria en un hipotètic oceà d'aigua, sinó que s'enfonsaria.

Una altra peculiaritat d'aquest planeta és el seu dia. Urà dona una volta sobre el seu propi eix en 17 hores i 14 minuts, tot i que ho fa de manera retrògrada, és a dir, a l'inrevés que la Terra. Per aquest motiu, si poguéssim observar una sortida de Sol des d'Urà veuríem que la nostra estrella no surt per l'est, sinó per l'oest. A aquesta peculiaritat cal afegir-ne una altra: la inclinació de l'eix de rotació d'Urà és de gairebé 98°, és a dir, que literalment el planeta està tombat. Tot plegat (rotació retrògrada i gran inclinació axial) ha fet suposar als astrònoms que alguna mena de cataclisme còsmic va sacsejar el planeta fa milers de milions d'anys, probablement als inicis de la formació del Sistema Solar. S'ha especulat amb la probabilitat que algun astre de grans dimensions podria haver xocat amb Urà, i s'ha suggerit que això hauria passat poc després de la formació del Sistema Solar, perquè l'òrbita d'Urà és gairebé circular; és a dir, que segons aquesta hipòtesi la trajectòria d'Urà al voltant del Sol hauria tingut moltíssim temps (milers de milions d'anys) per establir-se.

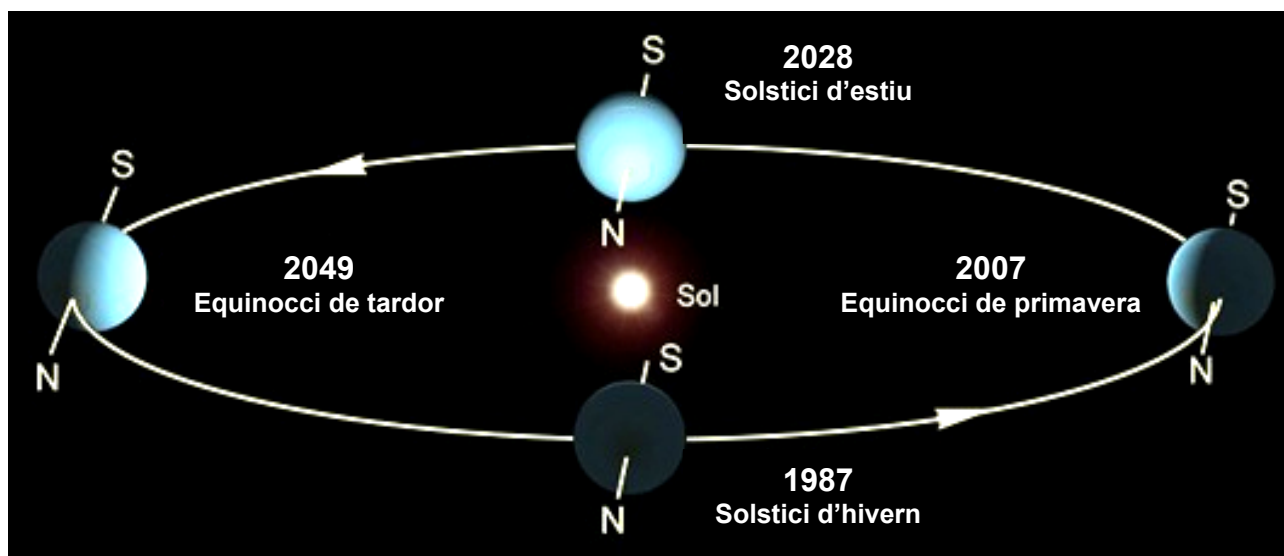
### L'ATMOSFERA D'URÀ

La composició de l'atmosfera d'Urà reflecteix, com tots els planetes gasosos, una aclaparadora presència de gasos molt lleugers. Així, l'hidrogen és el més abundant (83%), seguit de l'heli (15%) i el metà, el percentatge del qual frega el 2%. Quant a la resta d'elements, tant sols val la pena apuntar que l'amoniac és present a l'atmosfera d'Urà, això sí, en un percentatge molt petit (0,01%). I d'aigua gairebé no n'hi ha.

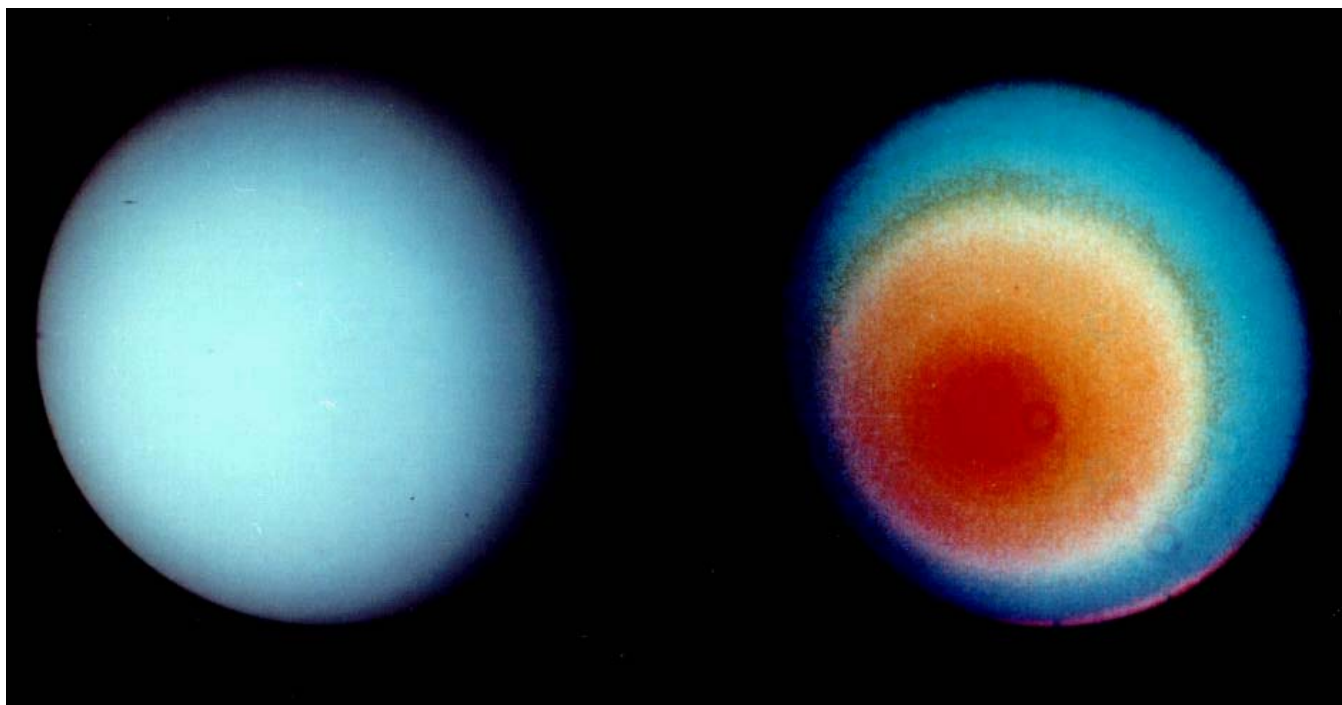


Els mesuraments efectuats per la nau Voyager 2 l'any 1986 van permetre saber que la temperatura mitjana dels núvols és de  $218^{\circ}\text{C}$  sota zero. Sembla ser que la temperatura d'Urà és bastant uniforme al llarg de tota la seva atmosfera. Durant el vol de la nau Voyager 2 l'any 1986, aquesta sonda espacial va trobar-se amb el planeta presentant un dels seus hemisferis mirant al Sol, mentre que l'altre hemisferi es trobava permanentment a les fosques. Això es deu a que Urà, com ja s'ha dit, té l'eix de rotació inclinat gairebé  $98^{\circ}$ . Fins aquí, tot es pot entendre perfectament. Ara bé, el que és veritablement curiós, i de fet encara no s'ha pogut explicar de forma satisfactòria, és que la Voyager 2 va detectar una temperatura més elevada (de l'ordre de  $5^{\circ}\text{C}$ ) a l'hemisferi fosc que no pas a l'il·luminat. S'ha suggerit que això podria tenir a veure amb el fet que el Sol, a l'escalfar un dels dos hemisferis de manera permanent, provocaria forts vents que circularien cap a l'hemisferi fosc, i aquest aire més càlid (o potser seria millor dir no tan gelat) contribuiria a mantenir la temperatura del costat no il·luminat a una temperatura lleugerament superior, ja que a aquest hemisferi l'absència de llum solar no provocaria moviments tan importants d'aire com a l'hemisferi il·luminat. Ara bé, això no és més que una hipòtesi, que en recerques futures caldrà confirmar o desmentir.

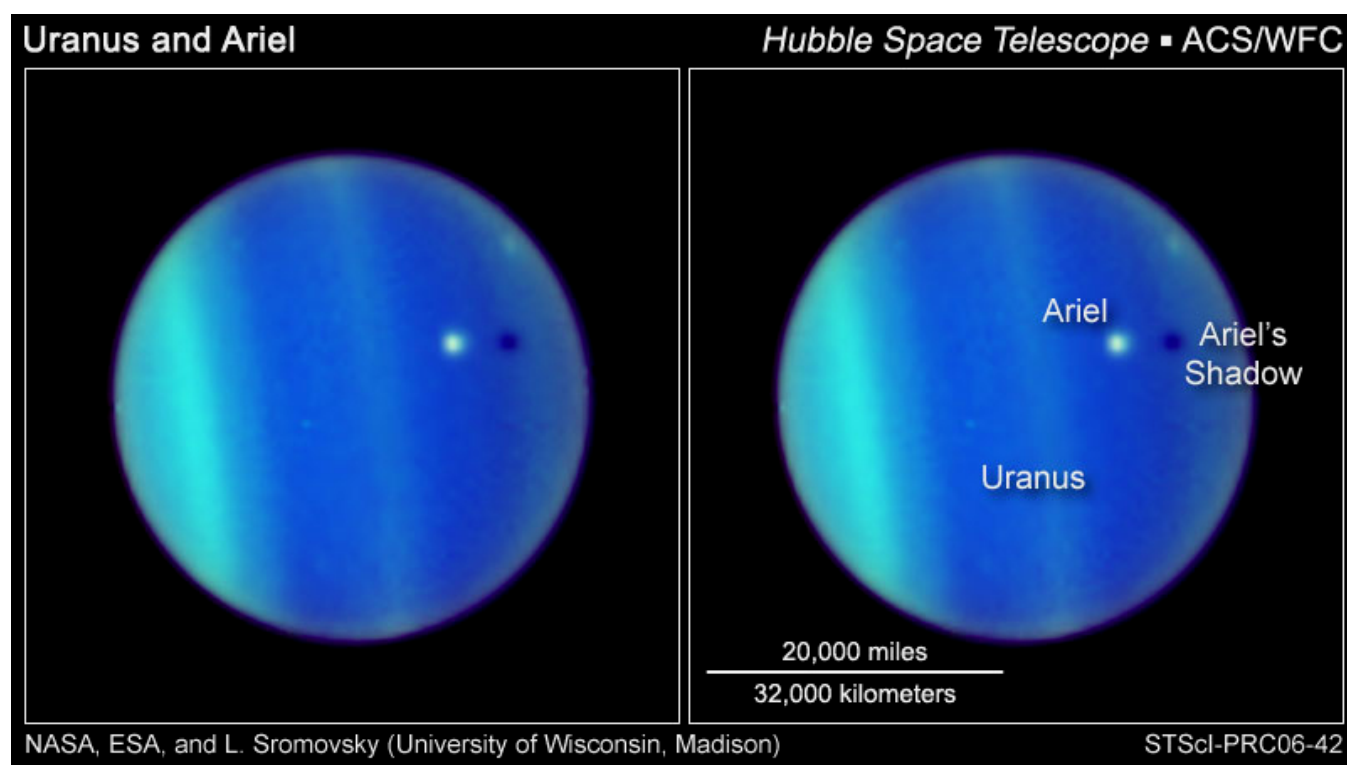
L'aparent tranquil·litat de l'atmosfera d'Urà que s'aprecia a les imatges que va enviar la Voyager 2 l'any 1986 es deu al fet que una boirina de metà amaga els nivells inferiors de núvols. Però aquesta tranquil·litat no és real, ja que la Voyager 2 va enregistrar vents molt forts (de centenars de quilòmetres per hora) sota la boira superior, i aquests vents arrossegueuen núvols d'amoníac. En realitat, l'aparent uniformitat canvia amb els anys, tal i com s'ha pogut comprovar d'ençà l'any 1986, quan Urà presentava un dels dos hemisferis permanentment orientat cap el Sol. Però el moviment de translació al voltant del Sol ha portat a Urà, al cap de més de 20 anys, a una posició molt diferent. Així, en l'actualitat el Sol no il·lumina permanentment un dels hemisferis, sinó que a Urà hi ha una alternança entre el dia i la nit. Això es pot apreciar perfectament al dibuix inferior (font: Galadí-Enriquez i Gutiérrez, 2001, adaptat):



Quan la nau Voyager 2 va arribar a Urà, l'hemisferi sud es trobava, com ja s'ha dit, permanentment orientat cap el Sol; és a dir, Urà es trobava en el Solstici d'hivern (o gairebé, ja que el Solstici d'hivern es va produir l'any 1985). Des de llavors, ja han passat més de vint anys, i en l'actualitat (o, més concretament, l'any passat) a Urà s'ha produït l'equinocci de primavera. Quan això passa, com que l'eix de rotació d'Urà (la línia N-S del dibuix) no mira al Sol, al planeta hi ha alternança entre els dies i les nits. És un canvi molt important, perquè actualment gairebé tot el planeta rep la llum i l'escassa calor del Sol en un període de poc més de disset hores (que és la duració del dia d'Urà), mentre que l'any 1985 tan sols rebia llum i calor solar la meitat d'Urà. I aquesta marcada diferència és la responsable dels canvis en la seva atmosfera, ja que, com ja s'ha dit, fa 20 anys una espessa boira no permetia veure les bandes i zones d'Urà (i per això el planeta semblava tranquil), mentre que a mesura que Urà s'acostava a l'equinocci de primavera la boira s'anava dissipant, fins desaparèixer del tot des de finals dels anys noranta fins l'actualitat.



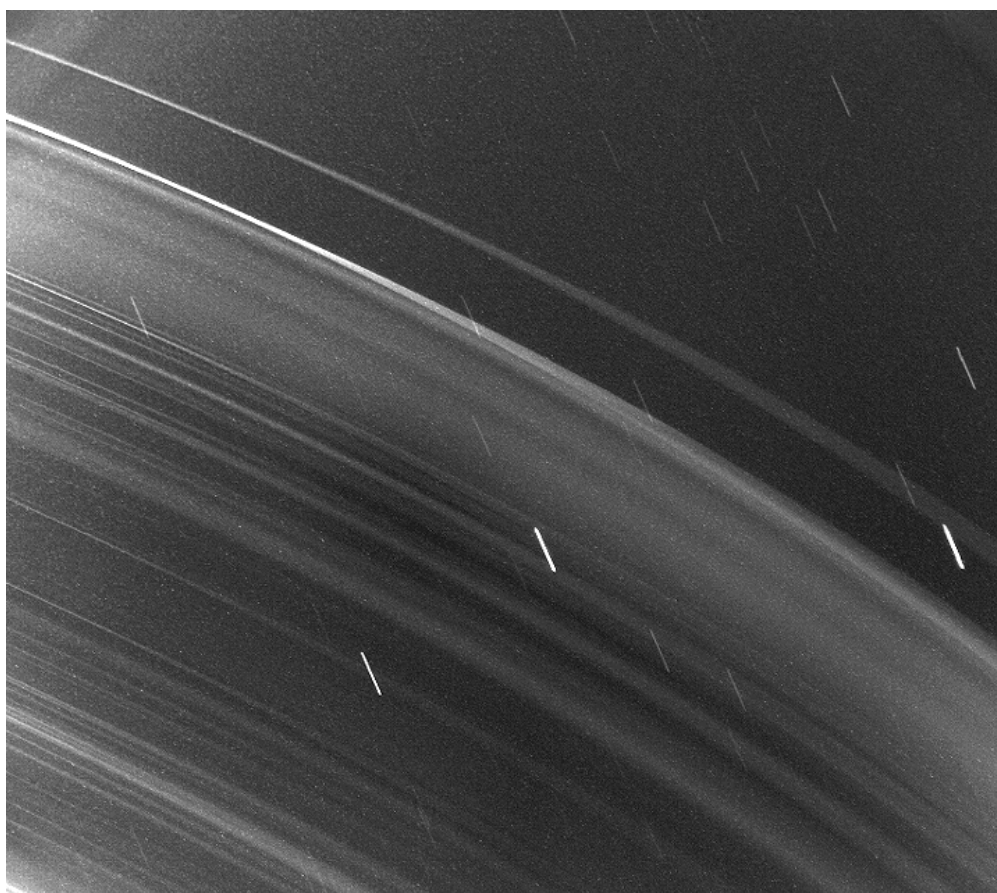
**A dalt:** així és com, l'any 1986, va veure la Voyager 2 Urà, quan presentava un hemisferi orientat permanentment al Sol a causa de la inclinació del seu eix. Llavors, Urà era un món monòton, del qual tan sols es podien veure les bandes i zones nuvoloses si el processat de les imatges s'exagerava molt. **A baix:** ben diferent, en canvi, és el món que va fotografiar el telescopi espacial Hubble uns anys després. L'explicació d'aquests canvis es dona a la pàgina anterior.



## ELS ANELLS D'URÀ

Igual que passa amb els altres planetes gegants del Sistema Solar, Urà posseeix un sistema d'anells, formats per partícules fosques (i molt més febles que no pas els anells de Saturn). Els anells d'Urà van ser descoberts casualment l'any 1977 per James L. Elliot, Edward W. Dunham i Douglas J. Mink, els quals, utilitzant el Kuiper Airborne Observatory (un observatori instal·lat al damunt d'un avió), van seguir l'ocultació d'una estrella per darrera del disc d'Urà. L'any 1977 cap nau interplanetària encara no havia sobrevolat Urà; per aquest motiu, un fenomen com

l'ocultació d'una estrella rera Urà era una bona oportunitat per recollir nova informació sobre les característiques de l'atmosfera del planeta (en observar la desaparició d'un estel rera un planeta, si aquest planeta no té atmosfera la llum de l'estel desapareixerà de manera brusca, mentre que si el planeta té atmosfera la desaparició de la llum serà més lenta com més densa sigui l'atmosfera, i més ràpida com més debil sigui l'atmosfera). Així, amb tot el material a punt, els astrònoms van detectar com la llum de l'estel SAO 158687 –així s'anomena aquest estel– que anava a ser ocultada per Urà s'esvaïa diverses vegades en aproximar-se al planeta, tornant a esvaïr-se un cop havia passat l'ocultació. Després d'analitzar amb detall les seves observacions, es van adonar que els esvaïments de la llum de l'estel abans i després de l'ocultació eren simètrics; per això, van concloure que l'única explicació era que l'estel havia estat ocultat per un sistema d'anells al voltant d'Urà. Posteriorment, els anells van ser observats per la nau Voyager 2, quan va sobrevolar el planeta. De fet, com que els anells d'Urà són molt foscos, la Voyager 2 va haver de deixar l'obturador de la seva càmera de televisió prou temps obert com per provocar el moviment dels estels de fons. I és que els anells d'Urà estan formats per pols en suspensió, i en no tenir partícules de gel (a diferència del que passa amb els anells de Saturn) la llum solar s'hi reflecteix molt malament.



**A l'esquerra:** els anells d'Urà, en una imatge captada per la Voyager 2 quan va sobrevolar aquest planeta, l'any 1986. Fins llavors, aquesta nau ja havia passat ben a prop de Júpiter, Saturn i bona part dels seus satèl·lits, una gesta que culminaria amb el sobrevol a Neptú, l'any 1989. Els anells d'Urà són tan foscos que per fer la fotografia de l'esquerra la nau Voyager va haver de deixar l'obturador de la càmera prou temps obert com per provocar el moviment dels estels de fons. De fet, Urà és tan poc brillant que, fins i tot per fotografiar el planeta, les càmeres de les naus Voyager s'havien de moure mentre feien les imatges per compensar el llarg temps d'exposició.

## ELS SATÈL·LITS D'URÀ

Urà té un total 27 satèl·lits, dels quals 18 són regulars i la resta irregulars. Anem a fer cinc cèntims dels més interessants.

Miranda és el satèl·lit més estrany d'entre els d'Urà. És bastant petit, ja que té 480 km de diàmetre i orbita a 129.390 km d'Urà. Les imatges enviades per la nau Voyager 2 el 24 de gener de 1986 van mostrar-nos un món que sembla fet a trossos. Segons una teoria, Miranda s'hauria desintegrat fa milers de milions d'anys, recomponent-se més endavant. Hi ha una altra teoria que defensa que l'evolució de Miranda s'hauria estroncat poc després de la seva formació, en esfondrar-se el material més dens i rocallós, aflorant a la superfície el gel, més lleuger. El cert és que el motiu pel qual Miranda presenta aquesta morfologia tan singular no està ni de bon tros aclarit, tot i que sens dubte algun cataclisme, endogen o exogen, hagué de



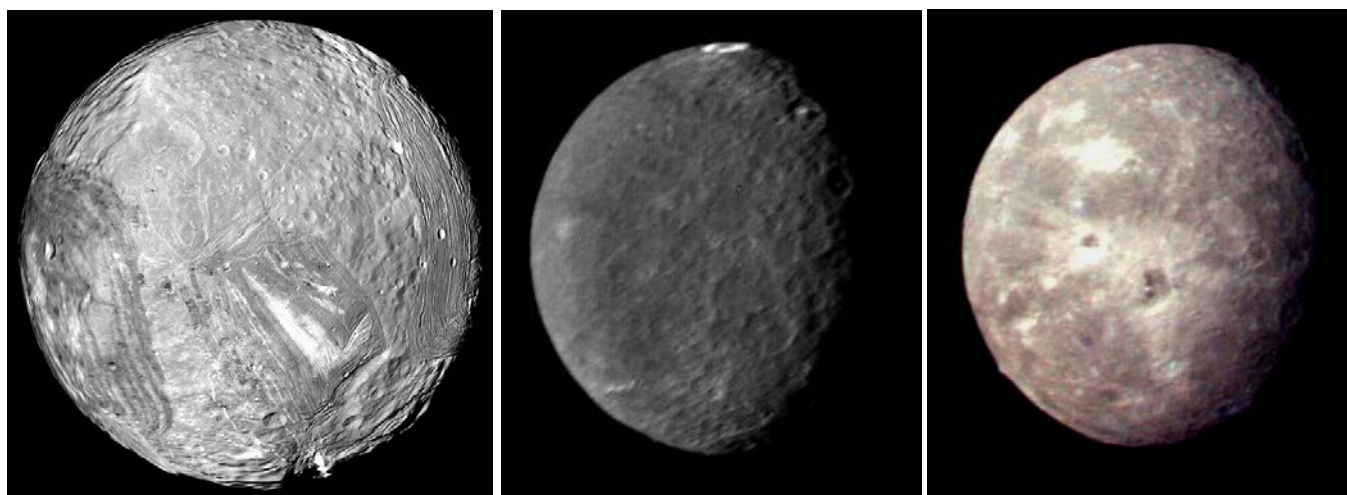
patir forçosament, testimoniats per nombrosos accidents geogràfics enormes. Per exemple, una de les imatges del Voyager 2 va permetre identificar *Verona rupes*, un penya-segat que assoleix 5 km de fondària: tenint en compte que aquest satèl·lit té un diàmetre inferior al mig miler de quilòmetres, no hi ha cap dubte que, proporcionalment, és una estructura enorme.

Ariel és un altre món molt interessant. Té un diàmetre de 1.162 km, orbitant al voltant d'Urà a 191.020 km. Si exceptuem Miranda, Ariel és el satèl·lit d'Urà amb la superfície més jove. Sembla ser que les falles d'aquest satèl·lit (amb una fondària màxima de 10 km i, en un cas, de 622 km de llarg) es van formar quan el gel que hi ha a la superfície es va expandir, esquerdant l'escorça.

Contrastant amb Ariel, Umbriel és el satèl·lit d'Urà més fosc, ja que tan sols reflecteix un 16% de la llum que rep del Sol. Té un piló de cràters, la major part dels quals molt antics, atès que no s'han documentat els rajos característics dels cràters d'impacte geològicament més joves. La Voyager 2 va transmetre diverses imatges, que permeten apreciar una formació blanquinosa, a l'extrem superior del disc, de 131 km de diàmetre. Aquesta formació contrasta molt amb la foscor del satèl·lit, i se'n desconeix la seva composició exacta.

Amb un diàmetre de 1578 km, Titània és el major satèl·lit d'Urà, orbitant a 435.910 km d'aquest planeta. És un món rocallós, gelat i cobert de cràters d'impacte. Els solcs que hi ha a la superfície reflecteixen una certa activitat interna; alguns d'aquests solcs són més recents que diversos cràters. Aquestes formacions podrien ser causades per l'expansió del gel que hi ha sota la superfície, que hauria provocat el col·lapse d'algunes regions del satèl·lit.

Finalment, cal que fem cinc cèntims d'Oberó. És gairebé tan gran com Titània, ja que assoleix els 1.523 km. Oberó orbita a 583.520 km d'Urà. La superfície gelada d'aquest satèl·lit mostra marques de cràters antics. La Voyager 2 va transmetre una imatge on s'aprecia la violència d'alguns impactes meteorítics. El més gran que permet veure aquesta imatge és Hamlet, de 296 km de diàmetre. Hamlet està parcialment cobert per material fosc i té un pic central. En aquesta imatge, al limbe del disc s'hi aprecia una muntanya, de 6 km d'altura. Déu n'hi dó, si tenim en compte el diàmetre d'aquest satèl·lit!



Tres imatges dels principals satèl·lits d'Urà, obtingudes l'any 1986 per la nau Voyager 2. **A l'esquerra**, Miranda. A l'extrem inferior del disc s'aprecia *Verona Rupes*, un penya-segat que assoleix els 5 km de fondària. **Al centre** podem veure Umbriel. És el satèl·lit més fosc d'Urà, ja que tan sols reflecteix el 16% de la llum que rep. A la part superior s'aprecia una zona blanca, la composició de la qual encara no s'ha pogut esbrinar del tot. **A la dreta** hi ha Oberó. El cràter de majors dimensions (a prop del centre del disc) és Hamlet, de 296 km de diàmetre. El pic que es pot albirar al limbe esquerre d'Oberó té 6 km d'altura.

# 9. NEPTÚ, EL MÉS ALLUNYAT DEL SISTEMA SOLAR

## HISTÒRIA DEL SEU DESCOBRIMENT

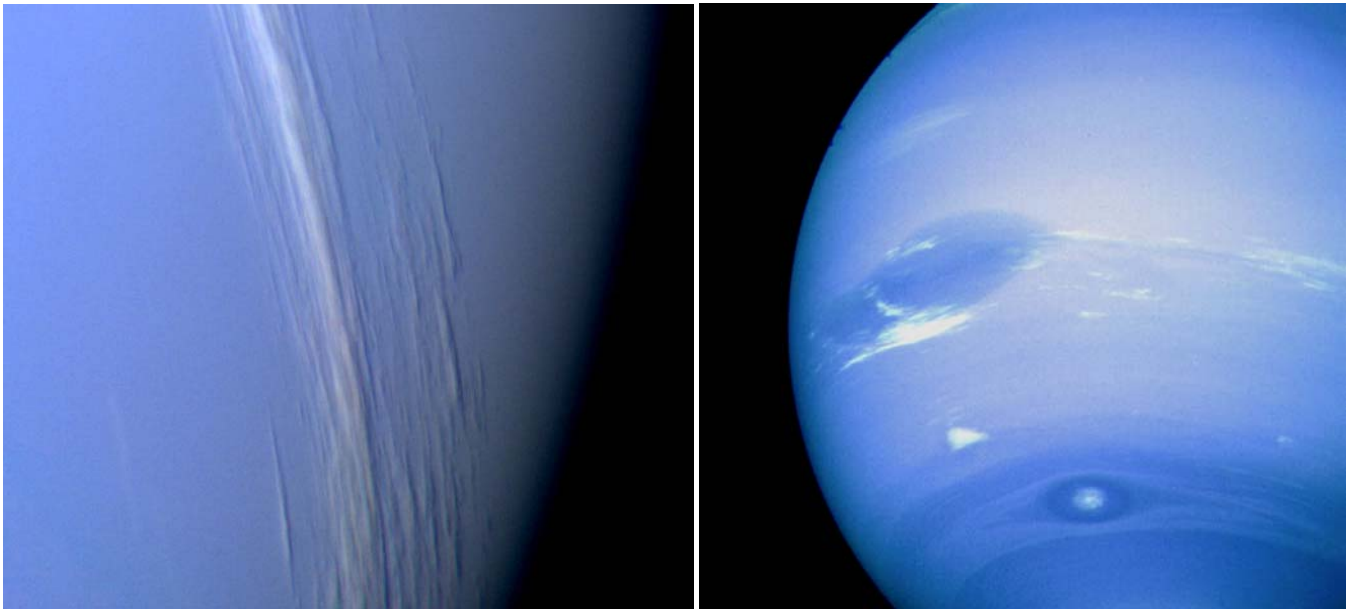
La descoberta de Neptú és una d'aquelles històries de la ciència que val la pena explicar, ja que, en el seu moment, la troballa d'aquest planeta fou considerada tota una proesa matemàtica, atès que primer es va calcular allí on havia de ser, podent-se confirmar aquesta predicció mitjançant els telescopis. Urbain Le Verrier fou el matemàtic que va predir on s'havia de trobar. L'any 1846 va calcular l'òrbita de Neptú en funció de les irregularitats observades a l'òrbita d'Urà; seguint les indicacions de Le Verrier, Johann Gottfried Halle va descobrir Neptú la nit del 23 de setembre de 1846, molt a la vora del lloc on Le Verrier havia dit que es trobaria. Independentment de Le Verrier, John Couch Adams també va calcular l'òrbita d'aquest planeta en funció de les anomalies observades a l'òrbita d'Urà. Adams va enviar els seus càlculs a Sir George Airy, astrònom reial anglès, el qual li va demanar més informació. Adams va començar a redactar una resposta, però mai va arribar a enviar-la.

## NEPTÚ EN XIFRES

Neptú és el planeta que es troba més lluny del Sol. Si fa no fa, es troba a 4.500 milions de km de distància del Sol, és a dir, 30 vegades més lluny que no pas la Terra. A causa de la seva enorme distància a la nostra estrella, Neptú triga quasi bé 165 anys terrestres en completar una translació; pel que fa al dia de Neptú, la seva durada és sensiblement inferior a la de la Terra, atès que necessita poc més de 16 hores per completar una rotació. Per cert, la inclinació de l'eix de Neptú és de poc més de 29 graus i mig, una xifra molt semblant a la de la inclinació de l'eix terrestre: per això, Neptú també té estacions, tot i que la durada de cada estació és molt més gran que no pas la de les estacions terrestres. Una altra xifra de Neptú molt semblant a la de la Terra és la del seu albedo, és a dir, la capacitat de reflectir la llum que rep del Sol. En el cas de Neptú, l'albedo és de 0,41 (o sigui, que reflecteix un 41% de la llum del Sol), mentre que la Terra té un albedo de 0,39. Ben diferent, en canvi, és l'atmosfera de Neptú, tant pel que fa a la seva composició (84% d'hidrogen; 12% d'heli; 2% de metà) com a la temperatura: un dia qualsevol als núvols de Neptú ens rebria amb uns "acollidors" 220 graus sota zero!

## ELS DESCOBRIMENTS DE LA VOYAGER 2

Quan l'any 1989 la sonda interplanetària Voyager 2 s'acostava a Neptú ja portava una dotzena d'anys de viatge al llarg del Sistema Solar. Llançada l'any 1977, havia passat per Júpiter dos anys més tard, per Saturn l'any 1982 i per Urà el 1986. Els seus sobrevols anteriors havien permès a la Voyager 2 fer descobriments extraordinaris; i un cop més, la caixa de sorpreses es va tornar a obrir. En primer lloc, i a diferència del que aparentment passava a Urà (per més informació vegeu la fitxa corresponent) l'atmosfera de Neptú es va mostrar molt dinàmica (és a dir, molt moguda), i més si tenim en compte l'enorme distància a la qual es troba del Sol. Es creu que la font de calor principal que mou la seva atmosfera és, igual que com passa amb Urà, l'interior del planeta. Les franges blanques que envolten el planeta van ser fotografiades amb tot detall per la Voyager 2. Aquestes franges són núvols, provocats per l'ascens de l'aire calent que hi ha a les capes inferiors de l'atmosfera, que en assolir les capes superiors es refreda i es condensa. La Voyager 2 va poder mesurar la violència dels vents que mouen aquests núvols, amb velocitats fins els 2.160 km/h. Un altre detall sorprenent de l'atmosfera de Neptú va ser una taca fosca en forma d'oval, que la Voyager 2 va fotografiar amb tot detall. La taca fosca era un cicló, semblant a la taca vermella de Júpiter. I dic era, perquè l'any 1996 (7 anys després del vol de la Voyager) el telescopi espacial Hubble va fotografiar Neptú. L'atmosfera continuava presentant molta activitat, però la taca fosca (que de fet era el detall atmosfèric de majors dimensions) havia desaparegut. Els astrònoms havien especulat amb que la taca fosca fos una formació permanent –semblant a la taca vermella de Júpiter–, però els científics no van encertar la seva previsió, enduent-se, un cop més, una bona sorpresa.



**A dalt:** quan la Voyager 2 va sobrevolar Neptú l'any 1989 els científics es van endur, un cop més, una bona sorpresa. A diferència del que van veure a Urà, l'atmosfera de Neptú reflectí una extraordinària activitat, palesada en franges blanques de núvols alts, així com en els òvals i ciclons foscos que es poden apreciar a la imatge de la dreta (per a més informació, llegiu el paràgraf superior).

## ELS ANELLS DE NEPTÚ

Els primers indicis de l'existència d'anells a Neptú es remunten a 1980, quan s'apreciaren estels a prop del planeta que feien pampallugues. Un cop més, però, va ser la Voyager 2 la descobridora dels anells, o més ben dit, dels anells i dels arcs d'anell de l'anell exterior (la imatge inferior, molt processada, és una de les que va captar aquesta nau). Com els anells d'Urà, els de Neptú són molt foscos perquè estan formats de pols. Pel que fa als arcs d'anell de l'anell exterior, se sap que són així perquè hi ha parts on la densitat de la pols és molt baixa: per això, no els podem veure sinó en part.





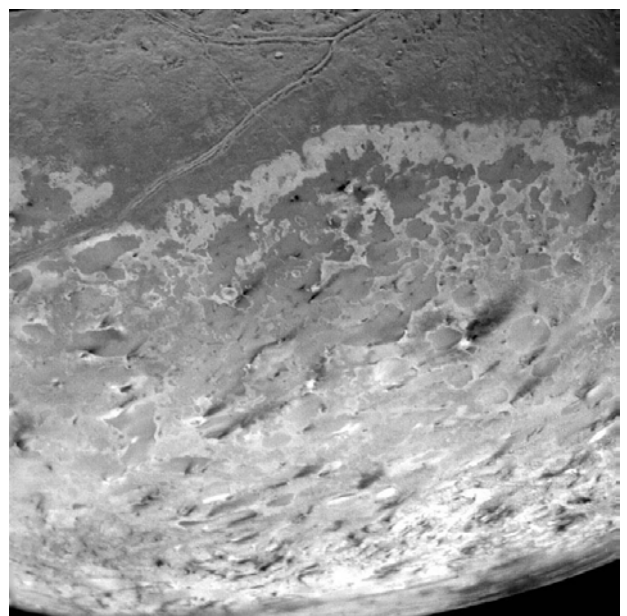
## ELS SATÈL·LITS DE NEPTÚ

Dels quatre planetes gegants, Neptú és el que té menys satèl·lits. És clar que, parlant d'aquest tipus de planetes, la xifra continua sent elevada, ja que al voltant de Neptú orbiten 6 satèl·lits regulars i 7 irregulars. Gairebé tots els satèl·lits de Neptú són molt petits; Proteu és el segon satèl·lit de majors dimensions, amb tan sols 440 km de diàmetre. Gairebé tot el que sabem d'ells ens ho va transmetre la nau Voyager 2, quan sobrevolà Neptú l'any 1989.

Si no fos per Tritó, el sistema de satèl·lits de Neptú seria bastant monòton. Afortunadament, Tritó trenca completament aquesta dinàmica. Té un diàmetre de 2.707 km, i orbita a 354.760 km de Neptú, és a dir, a una distància comparable a la de la nostra Lluna. Però Neptú és molt més gran que la Terra, per la qual cosa la seva força gravitatòria té a veure, si més no en part, amb l'activitat criogènica de la superfície de Tritó. Com passa amb la nostra Lluna, Tritó sempre mostra la mateixa cara a Neptú; amb tot, la rotació de Tritó és retrògrada, la qual cosa fa suposar que aquest astre va ser capturat per Neptú fa milers de milions d'anys. Si fa no fa, la seva composició inclou dues parts de roca per una de gel (de nitrogen, metà i aigua). La distribució interna de Tritó es creu que inclou un nucli rocallós, un mantell (potser líquid) i una escorça de gel. A la superfície hi ha molt pocs cràters (cosa que reflecteix que geològicament és molt jove) i té esquerdes lineals, petits aixecaments i àrees circulars més baixes. Un dels descobriments més fascinants són aquests plomalls foscos. Es formen quan la llum del Sol escalfa el subsòl de Tritó, fins arribar a transformar el nitrogen gelat en gas. Com a conseqüència d'això, el gas de nitrogen, barrejat amb pols, surt amb força a la superfície, formant guèisers. És a dir, que Tritó és el segon satèl·lit del Sistema Solar que documenta aquest tipus d'activitat, tot i que el principal causant dels guèisers de Tritó és el nitrogen, mentre que el compost principal d'Enceladus és el gel d'aigua.



**A l'esquerra:** representació artística d'un dels plomalls de Tritó. L'element fonamental dels guèisers de Tritó és el nitrogen. Aquest gas, barrejat amb pols del subsòl, s'obre camí fins a la superfície d'aquest satèl·lit de Neptú. A l'horitzó de Tritó es pot apreciar un altre plomall, el qual, en assolir certa altura, és desviat pels vents de la dèbil atmosfera de Tritó (dibuix de Ron Miller). **A baix,** dues imatges de Tritó captades per la nau Voyager 2 l'any 1989. La de l'**esquerra** combina tres imatges, i mostra gairebé tot l'hemisferi sud del satèl·lit. La de la **dreta** permet apreciar els plomalls foscos que van fer possible identificar els guèisers i, per tant, van donar la informació necessària per fer el dibuix de l'esquerra.

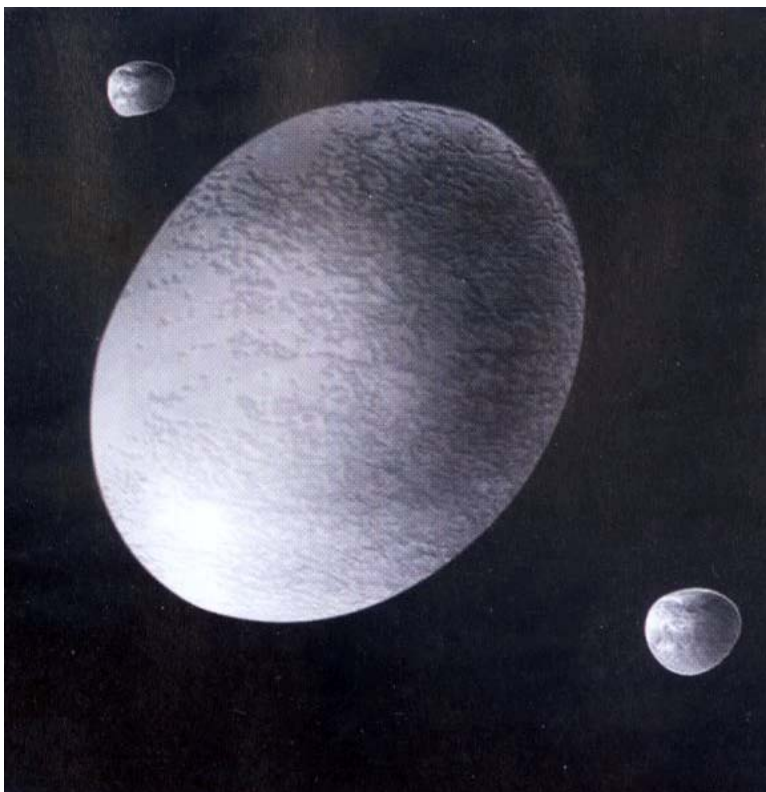


## 10. PLUTÓ, DE GRAN PLANETA A PLANETA NAN

Plutó és un astre molt petit, ja que assoleix un diàmetre de poc més de 2.300 quilòmetres. La seva petitesa, afegida a l'enorme distància a la qual es troba del Sol (5.900 milions de quilòmetres de mitjana, és a dir, gairebé quaranta cops més lluny del Sol que la Terra) fa molt difícil la seva observació. És per aquest motiu que d'aquest astre no en sabem gran cosa. Sabem, això sí, que hi fa un fred horrible (la temperatura mitjana de la seva superfície és de 230° C sota zero), que té un dia equivalent a 6,38 dies de la Terra i que el seu any dura 248,6 anys terrestres. També sabem que la seva òrbita és molt el·líptica, fins el punt que, al llarg del seu llarguíssim any, durant un període d'uns 20 anys terrestres es troba més a prop del Sol que no pas Neptú (el darrer cop que això va passar fou entre els anys 1979 i 1999). L'any 1978 es va descobrir que Plutó té un satèl·lit, al qual els astrònoms van posar el nom de Caront (en la mitologia romana, Caront és el barquer que porta els difunts d'un costat a l'altre de la Llacuna Estígia). Aquest satèl·lit és certament petit (1180 quilòmetres de diàmetre), però si el comparem amb el diàmetre de Plutó ens adonarem que comparativament és molt gran, fins el punt que els astrònoms consideraven que Plutó i Caront són un planeta doble.

En l'actualitat, i com ja sabeu, Plutó ja no és considerat un planeta. Els motius que molt recentment han argumentat els astrònoms per negar la natura planetària a Plutó són diversos: d'entre aquests, cal que ens referim a la petitesa de Plutó i al fet que, durant els darrers anys, s'han descobert altres astres amb una mida semblant, i fins i tot superior, com per exemple Eris o Haumea.

Així doncs, en l'actualitat Plutó és considerat un planeta nan, com també ho són els ja citats Eris i Haumea, a més de Makemake i Ceres. I a més d'un planeta nan es classifica a Plutó dins els transneptunians (TNO), uns objectes molt poc coneguts que orbiten més enllà de l'òrbita de Neptú. Sembla que, en bona part, els TNO estan formats per aigua gelada, tot i que, en ser molt foscos, aquests astres són molt difícils de detectar, fins el punt que, en l'actualitat, els astrònoms tan sols han descobert els de majors dimensions. No podem oblidar, però, que Plutó havia estat considerat, des del seu descobriment fins fa molt poc, un planeta, bé que molt estrany. A les properes pàgines s'explica amb força detall com va ser descobert i com va passar de ser considerat gran planeta a esdevenir el més petit dels planetes del Sistema Solar.



**A l'esquerra:** representació artística d'Haumea i les seves llunes (Hi'iaka i Namaka). Amb els descobriments que s'han fet els darrers anys, la família de planetes nans ja comença a ser força nombrosa, i de ben segur anirà augmentant en el decurs dels propers anys. En el cas d'Haumea, dues peculiaritats el fan bastant singular: té forma de pilota de rugby, a més d'un parell de satèl·lits. La rotació d'Haumea és molt ràpida, atès que un dia sencer a Haumea (inclosa la seva nit) tan sols és d'unes quatre hores. El diàmetre d'Haumea és molt semblant al de Plutó; quant a la seva distància al Sol, oscil·la entre els 5.250 i els 7.500 milions de quilòmetres, ja que la seva òrbita és, com també la de Plutó, molt el·líptica.

**A la pàgina següent:** una altra representació artística, en aquest cas de la superfície de Plutó. El gran astre que s'aprecia a l'esquerra és Caront, mentre que el Sol —a la part superior dreta del dibuix— brilla mil vegades menys que no pas des de la Terra. Fins que la nau *New Horizons* no arribi a Plutó l'any 2015 ens haurem de conformar amb dibuixos com aquest.

Neptú fou descobert perquè l'òrbita d'Urà era una mica irregular, i en considerar aquestes irregularitats es va calcular correctament la posició de Neptú (per més informació vegeu la fitxa de Neptú). Quan l'any 1930 l'astrònom Clyde Tombaugh (1906-1997) va descobrir un nou objecte més enllà de Neptú els astrònoms van creure que s'havia resolt un misteri semblant al del descobriment de Neptú ja que, tal i com passa amb Urà, l'òrbita de Neptú presentava irregularitats, i l'explicació que es va donar a aquestes irregularitats orbitals fou la presència d'un gran planeta més enllà de Neptú.

Plutó va ser el nom que va rebre aquest nou objecte trobat per Tombaugh. Per fer el descobriment, aquest astrònom va dedicar 7.000 hores de recerca tot comparant parelles de fotografies de zones iguals del firmament, obtingudes en una setmana de diferència. Després de més d'un any de pacient recerca, havent comparat més de mig centenar de parelles de fotografies (cadascuna de les quals amb desenes i fins i tot centenars de milers d'estrelles), Tombaugh s'adonà que en una de les parelles de plaques fotogràfiques hi apareixia un dèbil punt lluminós que, d'una imatge a l'altra, s'havia mogut. La proesa de Tombaugh va anar acompanyada d'una enorme tenacitat, ja que, per localitzar Plutó, va examinar, mil·límetre a mil·límetre, una quantitat de plaques fotogràfiques prou gran com per cobrir una superfície de 75 metres quadrats!

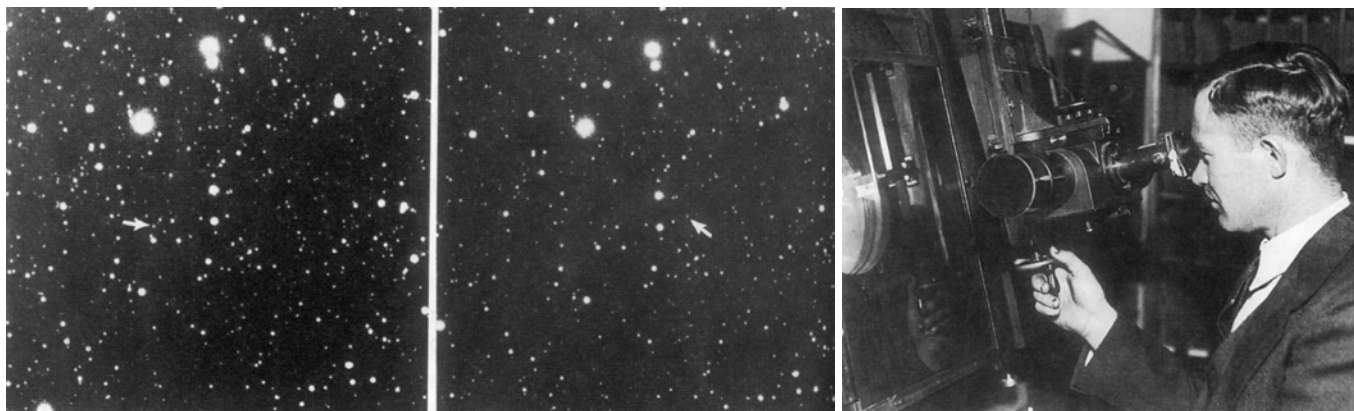


Les plaques on s'hi veu aquest moviment les havia pres els dies 21 i 28 de gener de 1930. Tot seguit va obtenir més imatges d'aquella zona del cel per confirmar el descobriment, que no va ser donat a conèixer fins el dia 13 de març d'aquell any. Per cert, Tombaugh treballava com ajudant de Melvin Slipher a l'observatori Lowell, on va fer el descobriment. En un primer moment, el director d'aquest observatori –el citat Slipher- va voler fer-se passar pel descobridor de Plutó, argumentant que Tombaugh tan sols havia fet la feina de comparar les imatges, mentre que el projecte de recerca el dirigia ell. Va ser un intent d'usurpació que, en aquest cas, no va tenir èxit.

Per descobrir Plutó, Tombaugh va fer servir un dels telescopis que hi ha a l'observatori Lowell. Precisament cal dedicar unes línies a Percival Lowell (1855-1916), un aficionat a l'astronomia que va emprar bona part de la seva gran fortuna per fer recerca planetària. A finals del segle XIX, Lowell havia estat el més aferrissat defensor de l'existència de canals artificials a Mart, realitzats, segons deia, per una hipotètica civilització marciana. Però a Lowell no se'l coneix tan



sols per aquesta febril elucubració, ja que també contribuí a descobrir Plutó. Basant-se en la suposada alteració de l'òrbita de Neptú, Lowell també havia intentat trobar un planeta transneptunià (al qual anomenava Planeta X) utilitzant un procediment molt semblant al que va fer servir Tombaugh. Concretament, Lowell havia tractat de trobar aquest objecte entre els anys 1905 a 1907 i entre els anys 1914 a 1916, però els seus intents no van tenir èxit. És interessant assenyalar que un parell de plaques fotogràfiques obtingudes per Lowell van captar Plutó, però el petit punt era tan dèbil que Lowell no se n'adonà.



**A l'esquerra i al centre:** les dues plaques fotogràfiques que van permetre identificar Plutó. L'astre està assenyalat a totes dues imatges. **A la dreta:** Tombaugh assegut davant el comparador de fotografies que utilitzà per descobrir Plutó. El sistema emprat per aquest astrònom és molt enginyós, ja que el que feia era col·locar a l'aparell les dues plaques fotogràfiques d'una mateixa zona del cel obtingudes amb una setmana de diferència; després, les visualitzava alternativament i de pressa, per poder detectar possibles moviments d'algun punt lluminós sobre el fons estel·lar d'una placa a l'altra. Com dic, era un sistema enginyós, però també molt feixuc, ja que algunes de les plaques podien tenir fins 400.000 estels. Anys abans, Lowell havia emprat un sistema molt semblant per tractar de descobrir aquest astre, però no se'n va sortir (per més detalls, vegeu la pàgina anterior).

Així doncs, aquest astre el va descobrir Tombaugh. I el nom que va rebre (Plutó) és a la vegada un recordatori del lloc on es troba i un homenatge a Lowell. És un recordatori, perquè Plutó és el déu del món dels morts (un nom, doncs, molt adequat a un astre que es troba tan lluny del Sol), i a la vegada és un homenatge, perquè les dues primeres lletres de Plutó es corresponen amb les inicials de Percival Lowell.

El cas és que Plutó és un astre que feia molt temps que es buscava ja que, aparentment, resolvia el problema de les irregularitats de l'òrbita de Neptú. Però ben aviat es va veure que Plutó no era prou gran com per tenir res a veure amb les anomalies orbitals de Neptú o, més ben dit, es va comprovar que, en realitat, Plutó no és que no fos prou gran, sinó que era molt petit. En efecte, per explicar aquesta suposada alteració hauria fet falta que Plutó fos un planeta si fa no fa d'una mida semblant a la de Neptú, quan en realitat era un astre que, en un primer moment, es va estimar que amb prou feines devia ser més gran que la Terra. I pocs anys més tard, a mesura que es van poder afinar més bé les tècniques d'observació, els astrònoms s'adonaren de les seves veritables dimensions. Al principi es considerava que devia tenir uns 15.000 quilòmetres de diàmetre, però ben aviat es va estimar que no superava els 10.000, i d'aquesta xifra es va passar als 6.000 (això era el que jo havia llegit als llibres d'astronomia quan era un nen) per a més endavant -just abans de descobrir-se el seu satèl·lit-, considerar que tenia menys de 4.000 quilòmetres de diàmetre.

Així doncs, com era possible que un astre tan petit afectés l'òrbita de Neptú? En realitat, Plutó no tenia res a veure amb les suposades alteracions orbitals neptunianes, ja que aquestes alteracions simplement no existeixen, tal i com càlculs posteriors molt més precisos van poder demostrar. I si Plutó va ser descobert més o menys allí on els incorrectes càlculs el situaven no va ser més que per casualitat. Senzillament Plutó passava per allí, i un parell de plaques fotogràfiques el van captar.

## 11. ELS COSSOS MENORS (I): ELS ASTEROIDES

De forma majoritària, entre les òrbites de Mart i de Júpiter orbiten al voltant del Sol una gran quantitat de cossos, de molt variades mides: a aquests cossos els anomenem asteroides. En l'actualitat se'n coneixen gairebé 200.000 –dels quals s'ha pogut determinar amb precisió l'òrbita de prop de 100.000–, tot i que els astrònoms consideren que, probablement, n'hi deu haver, si fa no fa, un milió.

### QUÈ SÓN ELS ASTEROIDES?

Els asteroides són rocallosos; els de majors dimensions assoleixen diàmetres de centenars de quilòmetres –Ceres en té 960–, i la seva forma si fa no fa és esfèrica. Amb tot, la gran majoria dels asteroides que coneixem amb un cert detall són irregulars, i això és degut a què són massa petits com per assolir una forma esfèrica. Quant a la seva composició, els principals elements són el carboni (asteroides tipus C) i el silici (tipus S), tot i que d'asteroides també n'hi ha de metàl·lics (tipus F), sent el ferro i el níquel els elements més abundants d'aquest tipus d'astres. Els asteroides tipus C i S són més abundants que els metàl·lics. Pel que sabem, els asteroides no posseeixen atmosfera, cosa que no ens ha d'estranyar, atès que són massa petits com per poder retenir-ne una.



**A dalt**, diverses imatges d'asteroides. **A l'esquerra** podem veure Gaspra. Té una longitud màxima d'uns 18 quilòmetres, i rota sobre el seu eix en poc més de 7 hores. **Al centre** hi ha Ida. La longitud màxima d'aquest asteroide és de 52 quilòmetres; quant a la seva rotació, Ida en fa una cada 4,6 hores. Com Gaspra –i, de fet, com tots els asteroides–, Ida presenta una superfície amb molts cràters, gairebé tots provocats per l'impacte amb altres asteroides més petits. Fixeu-vos en el punt blanc que s'aprecia a l'extrem dret de la imatge: és un satèl·lit d'Ida, un descobriment que va confirmar allò que alguns astrònoms ja suposaven, a saber, l'existència de llunes orbitant asteroides. Ambdues imatges van ser obtingudes per la sonda Galileu respectivament els anys 1991 i 1993. **A la dreta** podem apreciar una composició, que ens permet comparar l'asteroide Ida (a dalt) amb Deimos (esquerra) i Phobos (dreta), que són les dues llunes de Mart. Els astrònoms consideren que Phobos i Deimos són, en realitat, dos antics asteroides que van ser capturats per la força de gravetat de Mart.

### ELS ASTEROIDES, VIATGEN SOLS PER L'ESPAI, O FORMEN GRUPS?

Certament, d'asteroides n'hi ha a tot el Sistema Solar, tot i que la gran majoria s'agrupen a zones molt concretes. Coneixem més d'una vintena de grups; nosaltres, però, tan sols esmentarem els més importants.

Ja s'ha dit que una d'aquestes zones –la més important– es troba entre les òrbites de Mart i Júpiter: a aquesta zona l'anomenem Cinturó Principal. Però també trobem asteroides a altres llocs, com per exemple agrupats a dues zones de l'òrbita de Júpiter: una zona precedeix aquest planeta, i l'altra el succeeix. A aquests asteroides els coneixem amb el nom de Troians, i es troben agrupats d'aquesta manera, perquè la força de gravetat de Júpiter els ha capturat. També existeix un grup d'asteroides que es troba més a prop del Sol que no pas la Terra. Aquest grup va ser descobert l'any 2003, i el coneixem amb el nom dels Apoheles.

Per altra banda, cal que ens referim a uns asteroïdes força especials. Són els NEOs (*Near Earth Asteroids*), les òrbites dels quals poden passar a prop de la Terra. D'on provenen els NEOs? Hi ha dues hipòtesis que tracten d'explicar-ho: la més acceptada diu que diverses col·lisions entre asteroïdes i la influència de gravetat de Júpiter ha provocat el seu desviament, fins trobar-se on són en l'actualitat. Hi ha una altra hipòtesi que els considera antics cometes, que en perdre el gel han esdevingut el que en l'actualitat són. Sigui com sigui, els NEOs són els objectes dels quals la premsa i la televisió se'n fa més ressò, perquè són potencialment perillosos per a la Terra i, per tant, per a nosaltres. Cal aclarir que la probabilitat que un objecte d'aquestes característiques s'estavelli contra la Terra és, a curt termini, molt remota; això no obstant, en un període de temps llarg (posem pel cas, un milió d'anys) la possibilitat que es produeixi un impacte esdevé molt més alta, fins el punt que allò que en un any és gairebé impossible que passi en cent milions d'anys és gairebé impossible que no passi. Per aquest motiu, si bé podem estar quasi bé del tot segurs que, com diu Abraracúrcix, demà el cel no ens caurà, val la pena no deixar de mirar amunt, per si de cas!

## **DESCOBRIMENT DELS ASTEROÏDES**

El descobriment del primer asteroïde del Cinturó Principal es remunta a l'any 1801, quan Giuseppe Piazzi va identificar, per casualitat –com molt sovint passa en el món de la ciència– un astre, que va batejar amb el nom de Ceres. Ceres ha resultat ser l'asteroïde més gran del Cinturó Principal; pocs anys més tard, els descobriments s'anaren succeint, tot i que no a massa velocitat. L'any 1807 ja se'n coneixien quatre, però el següent asteroïde no es va trobar fins el 1845. D'aquest any en endavant, les troballes, ara sí, es multiplicaren: 13 asteroïdes el 1850; 37 el 1855; 62 el 1860, etc. L'augment gairebé exponencial dels descobriments es va deure, en bona part, al fet que es va produir una millora significativa en els telescopis, que possibilità detectar un tipus d'astres fins llavors indetectables.

## **HIPÒTESIS SOBRE LA SEVA FORMACIÓ**

Pocs anys després del descobriment dels primers asteroïdes, Heinrich Olbers va postular una hipòtesi, segons la qual els asteroïdes formaven part d'un antic planeta que, per alguna causa desconeguda, s'havia partit. La raó que fonamentava aquesta hipòtesi la trobem en una suposada llei matemàtica, segons la qual cada planeta, de dins a fora, es troba al doble de distància que l'anterior. Així, Venus roman (aproximadament) al doble de distància al Sol que no pas Mercuri; la Terra (també de forma aproximada) al doble que no pas Venus, Mart (si fa no fa) al doble que no pas la Terra, i així successivament. Aquesta suposada llei no s'acomplia entre les òrbites de Mart i Júpiter, però sí que, més o menys, es tornava a produir entre Júpiter i Saturn. L'apreciació d'aquesta suposada relació la va descobrir l'astrònom Johann Daniel Titius l'any 1766, sent divulgada per Johann Elert Bode sis anys més tard: és per aquest motiu que la coneixem com la llei de Titius-Bode. Aquesta suposada llei es va tornar a considerar seriosament quan es va descobrir Urà l'any 1781 (vegeu la fitxa corresponent). En efecte, la distància d'Urà al Sol si fa no fa duplicava la de Saturn; per això, no ens ha d'estranyar que els astrònoms duguessin a terme una intensa recerca d'un hipotètic planeta entre les òrbites de Mart i Júpiter. I el descobriment primer de Ceres i més endavant de més asteroïdes va fer suposar a Olbers –també descobridor de dos dels quatre primers asteroïdes coneguts– que, en efecte, temps enrera un planeta donava voltes entre Mart i Júpiter. I aquest planeta, per algun motiu desconegut, es va desintegrar.

La hipòtesi d'Olbers es va considerar vàlida fins l'any 1944, quan l'astrofísic Otto Schmidt defensà que el cinturó d'asteroïdes sempre ha estat on és, ja que la força de gravetat de Júpiter ha impossibilitat la formació de cap planeta entre les òrbites de Mart i del propi Júpiter. Per això, aquesta darrera hipòtesi permet suposar que, en no haver sofert gairebé cap mena de canvis d'ençà la seva formació, els asteroïdes poden donar informació molt valuosa sobre com era el Sistema Solar en els seus inicis.



## 12. ELS COSSOS MENORS (II): ELS COMETES

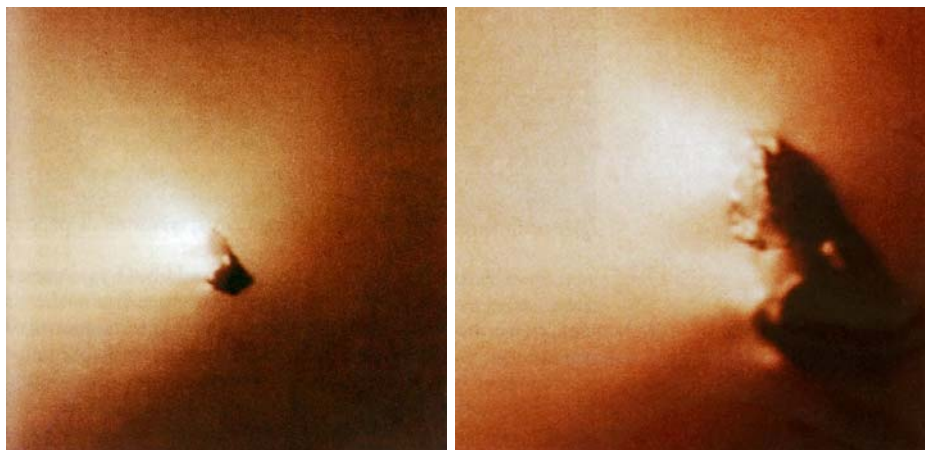
Més enllà de l'òrbita de Neptú, a part dels transneptunians hi ha una enorme quantitat de petits cossos glaçats, d'uns pocs quilòmetres de diàmetre, als quals anomenem cometes. Per causes que tan sols podem suposar, els cometes cauen vers l'interior del Sistema Solar; quan això passa, la força del vent solar arriba a provocar la sublimació d'una petita part d'aquests cossos, per la qual cosa arriben a desenvolupar cues de milions de quilòmetres.

### EL LLARG CAMÍ CAP A LA COMPRESIÓ DELS COMETES

Sabem de l'existència d'aquests astres des de fa milers d'anys, ja que els nostres avantpassats anotaven la seva posició al cel i en deixaven constància escrita, ben sovint amb temor. Això no ens ha d'estranyar, perquè els cometes –com, de fet, tots els astres del Sistema Solar-, escapen a la regularitat dels cicles del cel. En el cas dels cometes, aquest comportament aparentment imprevist és molt més accentuat, ja que poden aparèixer, augmentar la seva brillantor i desaparèixer del cel en uns pocs mesos, o fins i tot en unes quantes setmanes. A més, com que els cometes acostumen a desenvolupar grans cues que poden variar fins i tot de nit en nit, és comprensible que la seva inesperada aparició en el cel en el passat s'associés a tota mena de desgràcies.

L'any 1577, un gran cometa aparegué al cel. L'astrònom danès Tycho Brahe va estudiar el seu moviment, arribant a la conclusió que aquest astre es trobava més enllà de l'òrbita lunar i que, a més, orbitava al voltant del Sol. La hipòtesi de Brahe va ser tan encertada com remarcable, però fou un altre astrònom –l'anglès Edmund Halley- qui donà un pas veritablement de gegant en la comprensió dels cometes. Halley va defensar que els cometes eren objectes que, de manera periòdica, s'acosten al Sol, però els veiem de forma esporàdica perquè les seves òrbites són molt el·líptiques. L'any 1695 Halley va suposar que diversos cometes que havien estat vistos amb anterioritat (els de 1531, 1607 –observat pel gran Kepler-, i 1682 –vist pel mateix Halley-) en realitat eren el mateix astre. I en base a aquesta suposició, Halley va predir que l'any 1758 es tornaria a veure aquest cometa. La mort de Halley l'any 1742 li impedí comprovar que, en efecte, la seva predicció era del tot certa.

L'avenç en el coneixement d'aquests cossos va donar, si més no des del punt de vista teòric, un nou salt endavant l'any 1951, quan l'astrònom nord-americà Fred Whipple va proposar un model per explicar els cometes. Whipple postulà que els cometes són una mena de boles de neu bruta. Segons Whipple, en acostar-se al Sol, la força del vent solar provoca l'escalfament dels cometes, que perden part del gel en sublimar-se (és a dir, en passar de sòlid a gasós). El model de Whipple és el que s'accepta en l'actualitat: d'ençà el primer sobrevol d'una nau espacial a un cometa (el Halley, l'any 1986), sabem que, en efecte, els cometes són cossos petits –per exemple, el Halley amida poc més de 15 quilòmetres de longitud-, irregulars i foscos. Sabem també que, a part de pols (bàsicament, silicats i/o carbonats), els cometes contenen gels de diferents composicions: de manera fonamental, gel d'aigua, però també monòxid i diòxid de carboni, metà, amoníac i altres compostos de major complexitat.



**Al costat:** dues imatges del nucli del cometa Halley, obtingudes en el decurs de la visita que va efectuar la sonda europea Giotto l'any 1986. El nucli del cometa és molt fosc, i pel que sabem, es troba cobert per matèria orgànica. Les imatges permeten apreciar perfectament diversos dolls de vapor d'aigua i partícules de pols, generats per l'acció del vent solar. La pols i el vapor d'aigua formaran les dues cues característiques d'un cometa.

## ANATOMIA D'UN COMETA

Quan un cometa és lluny del Sol, no és més que una bola glaçada de gel –sobretot d'aigua- i pols. En acostar-se al Sol, el cometa s'escalfa; llavors, el gel comença a evaporar-se, i durant aquest procés arrossega pols de la seva superfície, desenvolupant un núvol al seu voltant: a aquest núvol difús l'anomenem coma. Si observem un cometa amb un telescopi, el que veurem sense dificultat és precisament la coma, però no pas el nucli, que és el cometa pròpiament dit el qual, de fet, és molt difícil de veure.

Si la trajectòria del cometa el porta més a prop del Sol, a partir d'un cert moment comença a desenvolupar dues cues. La imatge inferior esquerra permet apreciar-les amb claredat. La cua de l'esquerra és blavosa i més allargada, mentre que la de la dreta és més curta: respectivament, són les cues de gas ionitzat (que brilla a causa del vent solar) i la de pols. La imatge inferior dreta tan sols permet apreciar la cua de gas, mentre que la superior dreta permet veure clarament la coma, però gairebé no fa possible guaitar el nucli.



**A dalt, a l'esquerra** podem veure el cometa Hale-Bopp, que brillà amb força les nits dels primers mesos de l'any 1997. Aquesta imatge va ser obtinguda des del Pla del Pou (el Montseny) el 8 de març d'aquell any, a les 4 h 57 minuts Temps Universal (T.U.). Exposició de 10 minuts sobre pel·lícula Fuji 400 ASA. Càmera amb teleobjectiu de 200 mm de focal a F: 2.8. Autor: Oriol Font Cot. **A dalt, a la dreta**, fotografia del cometa Machholz, feta des de Santa Fe (el Montseny), el 8 de gener de 2005, a les 22 h 13 min T.U. Exposició de 10 minuts sobre pel·lícula Fujicolor 800 NPZ Professional. Zoom Cosina 70-210 mm, a 210 mm de focal a F: 4.5. Autors: Oriol Font Cot i Núria Ricós Cruells. La fotografia del cometa Hale-Bopp permet apreciar perfectament les dues cues que, a causa del vent solar, es formen en evaporar-se el gel i les partícules de pols de la superfície del cometa. La cua més blava (la de l'esquerra) és la de gas; l'altra cua és la de les partícules de pols. Dissortadament, la imatge de la dreta no permet apreciar més que la coma del cometa; per compensar-ho, a la part superior de la fotografia s'hi aprecia el cúmulo obert de Les Plèiades. **A baix, a la dreta**, el cometa Hyakutake també fou inoblidable. Aquesta fotografia va ser feta des del Pla del Pou (el Montseny), el 28 de març de 1996, a les 2 h 15 min TU. Exposició de 10 minuts sobre pel·lícula Fuji Provia 400 ASA. Objectiu Pentax de 50 mm de focal a F: 2. Autor: Oriol Font Cot. En tots tres casos s'utilitzà la tècnica del *piggy-back*, que consisteix en col·locar la càmera en paral·lel a un telescopi dotat de muntura equatorial.





El fet que veiem les dues cues, una de sola o cap cua pot deure's a diverses causes. En els tres casos citats, senzillament és una qüestió de perspectiva: la posició del cometa Hale-Bopp en relació a la Terra permetia veure les dues cues; en el cas del Hyakutake, la cua de pols restava amagada per la de gas, mentre que les cues del Machholz s'amagaven rera la coma.

## A LA RECERCA DE L'ORIGEN DELS COMETES

Saber amb total certesa la procedència dels cometes encara és, en bona mesura, una hipòtesi. En l'actualitat, es considera que la immensa majoria dels cometes provenen de dues zones: el cinturó de Kuiper i el núvol d'Oort. Tot seguit els hi dedicarem unes línies.

En el decurs dels anys quaranta i començaments dels cinquanta del proppassat segle, els astrònoms Kenneth Edgeworth i Gerard Kuiper van predir l'existència d'un cinturó pla de petits cossos que es trobarien més enllà de Neptú, si fa no fa entre els 6.000 i els 12.000 milions de quilòmetres de distància. La troballa del primer d'aquests objectes l'any 1990 va animar a continuar la recerca, i així, passat l'any 2000 ja se n'havien trobat uns quants centenars. El cinturó de Kuiper esdevé un veritable arsenal de cometes, que a causa de perturbacions gravitatòries (per exemple, les que provoca Neptú) ocasionalment poden abandonar aquesta zona, aproximant-se al Sol i esdevenint cometes que segueixen òrbites el·líptiques, que triguen desenes o centenars d'anys en completar.

L'altre "magatzem" de cometes és, encara avui, una hipòtesi, postulada per l'astrònom Jan Oort a mitjans del segle passat. Segons Oort, a una distància enorme del Sol (aproximadament, 1,5 anys-llum) orbita, al voltant de la nostra estrella, un immens núvol esfèric, format per una munió incalculable de petits cossos glaçats. Aquests astres romandrien on són gairebé des dels inicis del Sistema Solar, quan haurien estat expulsats a causa de les alteracions gravitatòries de certs astres, com els planetes exteriors, i sobretot Neptú. Com que es troben molt lluny del Sol, de tant en tant la força gravitatòria d'estrelles properes pertorba alguns d'aquests cossos, alterant la seva òrbita. Alguns escaparien de l'atracció gravitatòria del Sol, passant a orbitar altres estrelles o, senzillament, esdevenint un nou i minúscul satèl·lit de la nostra galàxia; altres, en canvi, caurien cap el Sistema Solar interior, fins arribar a prop del Sol. A diferència del que passa amb els cometes provinents del cinturó de Kuiper, els del núvol d'Oort descriuen unes òrbites tan grans que poden trigar desenes i centenars de milers d'anys en completar-ne una.



De ser cert el model postulat per Oort –si més no, pel que sabem en l'actualitat és molt raonable–, el més interessant és que aquests objectes s'haurien mantingut inalterats des dels inicis del Sistema Solar. Això ens dóna una idea de la importància que té poder estudiar-los de ben a prop, ja que la informació que ens puguin donar pot facilitar-nos dades importants per entendre millor la gènesi de la Terra i la resta de planetes i satèl·lits que orbiten al voltant d'aquesta meravellosa estrella que ens dóna la vida.

**A dalt:** magnífica fotografia del cometa Hyakutake, realitzada des de Fumanya (Berguedà), el 24 de març de 1996, a les 0 h TU. Exposició de 14 minuts sobre pel·lícula Scotch-Chrome 800-3200 ASA i teleobjectiu de 240 mm de focal, a F: 4. Autor: Josep M. Aymamí, del Grup d'Astronomia de Tiana.



# BIBLIOGRAFIA RECOMANADA I COMENTADA:

— Alberdi, Antxon; López de Lacalle, Silbia (coords.) (2008), *Un viaje al Cosmos en 52 semanas*, Madrid, Los Libros de la Catarata, 235 pp.

Aquest llibre és un recull d'articles, degudament adaptats, apareguts al diari *Granada Hoy*. Cal destacar que els textos són clars i senzills, sense perdre el rigor d'una bona publicació científica divulgativa; a més, el fet que els hagin escrit especialistes en el mateix idioma que els publiquen garanteix, com a mínim, que no hi ha errades de traducció. Hi ha alguna relliscada en els textos que hi ha al peu d'algunes fotografies, tot i que en cap cas són importants.

— Benson, Michael (2003), *Más Allá. La visión de las sondas interplanetarias*, Barcelona, Naturart, S.A., 320 pp.

Ens trobem al davant d'un llibre per fruitar fullejant, atesa la gran qualitat tant de les imatges com de la seva reproducció. Ideal per regalar o, millor encara, per regalar-se un mateix. Els textos són escadussers, tot i aquesta no és la funció d'aquest llibre.

— Brunier, Serge (2005), *Observar Marte. Descubrir y explorar el planeta rojo*, Barcelona, SPES Editorial, S.L., 80 pp.

Obra específica del planeta roig. És clar, està ben estructurat i la traducció és correcta. Dóna una visió prou completa del planeta roig. Ideal per a un primer acostament a aquest astre. S'acompanya d'un mapa de Mart que inclou els principals trets de la seva superfície.

— DD.AA. (2008), *Planetas. Temas 53, Investigación y Ciencia (3er trimestre)*, 96 pp.

Recull d'articles sobre el Sistema Solar publicats per *Investigación y Ciencia* en el decurs dels darrers anys. No és massa recomanable com a primera lectura, tot i que posseeixi un tarannà força divulgatiu.

— Escaramís, Josep (amb la col·laboració del Grup d'Astronomia de Tiana) (1998), *L'Univers a les teves mans*, Barcelona, Edicions del Serbal, 64 pp.

Un intent reeixit de publicar un llibre destinat als estudiants de secundària. Compta amb valuoses col·laboracions de membres del Grup d'Astronomia de Tiana. Dissortadament, un gran nombre d'errades tipogràfiques –no atribuïbles als seus autors– en part entela el resultat final d'aquesta obra.

— Forget, François, et al. (2006), *La planète Mars. Histoire d'un autre monde*, Paris, Éditions Belin, 160 pp.

És una obra magnífica, que repassa, de forma completa, clara i ben estructurada, tots els aspectes relacionats amb Mart. És un magnífic exemple de publicació que agermana el rigor científic amb una reeixida voluntat divulgativa.

— Galadí-Enríquez, David (2008), *A ras de cielo. Guía de observación astronómica para conocer el firmamento*, Editorial Almuzara, S.L., 188 pp.

Un llibre molt personal. L'autor repassa aspectes molt concrets relacionats amb l'astronomia en general. Quant al Sistema Solar, la segona part del llibre conté una sèrie de capítols que expliquen, amb molt detall, aspectes sovint poc o mal explicats relacionats amb les atmosferes planetàries, el moviment dels astres del Sistema Solar o les marees lunars. De clara vocació divulgativa.

— Galadí-Enríquez, David; Gutiérrez Cabello, Jordi (2001), *Astronomía general. Teórica y práctica*, Barcelona, Ediciones Omega, S.A., 973 pp.

Obra contundent, fins i tot des del punt de vista del seu pes. El títol respon al contingut: tracta, a nivell d'alta divulgació, tots els aspectes relacionats amb l'astronomia que un bon aficionat vol conèixer. Alguns capítols són més discrets que altres (Història de l'Astronomia) i n'hi ha d'altres que, atesa la data de la seva publicació, estan lleugerament desfasats (Les càmeres CCD). Amb tot, continua sent una obra esplèndida, probablement l'actual referència bibliogràfica quant a manuals d'astronomia per a aficionats publicats en castellà.

— Hotakainen, Markus (2008), *Mars. From myth and mystery to recent discoveries*, New York, Springer, 253 pp.

Una altra publicació especialitzada sobre Mart, en aquest cas d'aparició molt recent. Ben estructurada, conté alguns apartats força valuosos, com el que se centra en la història de l'observació telescòpica de Mart. Conté algunes imatges rarament publicades, com alguna pertanyent a les sondes soviètiques que, amb més intenció que èxit, van explorar Mart.

— Martínez, Vicent J. (2006), *Mariners que solquen el cel*, Alzira, Edicions Bromera – Universitat de València, 159 pp.

Ens trobem al davant d'un llibre estructurat d'una manera molt personal. L'autor aconsegueix allò que moltes vegades és difícil: escriure amb rigor emprant un llenguatge tant suggerent com entenedor. La seva lectura esdevé una magnífica experiència que, a més, està escrita en català (el que, lamentablement, és molt poc corrent).

— **Price, Fred W. (1994), *The Planet Observer's Handbook*, Cambridge, Cambridge University Press, 410 pp.**

Un clàssic entre les publicacions anglosaxones dedicades a l'observació planetària. S'ha publicat una edició més recent (de l'any 2001), que actualitza les dades que apareixen a aquesta obra. Si el que es pretén és aprofundir en el coneixement de les tècniques d'observació planetària (visual, fotogràfica i amb CCD), l'obra és imprescindible; ara bé, si el que es vol és estar a l'última quant a darreres aplicacions tecnològiques en la captació d'imatges planetàries, serà millor consultar alguna altra obra. Val a dir, però, que els avenços en aquest camp són gairebé exponencials, per la qual cosa un llibre d'aquestes característiques queda endarrerit en molt pocs anys.

— **Rees, Martin (Ed.) (2005), *Universo. La guía visual definitiva*, Madrid, Pearson Educación, S.A., 512 pp.**

Tot i que el títol és pretensiu, sí que és cert que, en part, assoleix allò que promet. L'apartat visual (diagrames, imatges, figures i fotografies) és magnífic, a més de ser esplèndidament divulgatiu. Els textos també són bons, aprofundint bastant bé tots els aspectes que tracta.

— **Sagan, Carl (1995), *Un punto azul pálido. Una visión del futuro humano en el espacio*, Barcelona, Editorial Planeta, S.A., 430 pp.**

En una selecció d'obres relacionades, amb major o menor mesura, amb el Sistema Solar, no podia faltar una publicació de Carl Sagan. Fou la darrera publicació que veié la llum en vida de Sagan, i explica, com sempre amb magistral afany divulgador, una gran quantitat d'aspectes relacionats amb l'exploració del Sistema Solar. Especialment reeixits són els apartats relacionats amb l'epopeia de les sondes Voyager.

— **Sobel, Dava (2006), *Els planetes*, Barcelona, Edicions 62, 223 pp.**

Llibre ideal per cabussar-se en el coneixement del Sistema Solar. Escrit amb el criteri d'algú que coneix a fons el tema i vol crear complicitat en el lector. Conté un munt d'informació, sempre interessant i exposada d'una manera molt planera i rigorosa. Pàgina a pàgina, la seva lectura esdevé un veritable plaer.

— **Whitehouse, David (2006), *El Sol. Una biografía*, Madrid, Kailas Editorial, S.A., 502 pp.**

— **Whitehouse, David (2008), *La Luna. Una biografía*, Madrid, Kailas Editorial, S.A., 406 pp.**

Tot i ser monografies, són dues obres molt amenes, escrites amb una equilibrada barreja de rigor científic i estil periodístic. D'una manera molt completa i amb un munt de sucoses anècdotes, tots dos llibres passen revista a la història del coneixement d'ambdós astres. Ideal per fruit amb la seva lectura.

## REVISTES COMERCIALS ESPECIALITZADES:

***Astronomía*, publicació mensual editada per Equipo Sirius, S.A. (Madrid)**

Conté abundants col·laboracions d'aficionats de l'Estat espanyol. Té un bon apartat de notícies actuals, i informació de qualitat pel que fa a certes seccions (efemèrides astronòmiques, cossos menors i astronàutica). Quant als articles, la seva qualitat és bastant variable –hi ha números francament bons i d'altres que no ho són tant–, atès que, en molts casos, provenen d'aficionats que hi publiquen sense obtenir-ne cap benefici econòmic.

***Espacio*, publicació mensual editada per Grupo V (Madrid)**

És una revista que dona prioritat a les imatges més que no pas als articles. En aquest sentit, és bastant espectacular, tot i que els continguts no acostumen a estar tractats molt a fons. Amb tot, té algun apartat certament remarcable, fonamentalment el "Banco de pruebas", on s'expliquen les virtuts i defectes de tota mena de material astronòmic (telescopis, muntures, oculars).

## AGRUPACIONS ASTRONÒMIQUES MÉS PROPERES:

**Grup d'Astronomia de Tiana**  
Eduard Fontseré, S/N – Zona Poliesportiva  
08391 TIANA

**Cosmos, Grup d'Astronomia de Mataró**  
Bonaire, 25, àtic  
08301 MATARÓ

**Grup d'Astronomia Amics de Calella**  
Parc Dalmau, s/n  
08370 CALELLA

**Agrupació d'Astronomia d'Alella**  
Can Magarola  
08328 ALELLA

**ASTER, Agrupació Astronòmica de Barcelona**  
Aragó, 141-143, 2-E  
08015 BARCELONA

