

L'impacte del telescopi en la història de les observacions astronòmiques

Victòria Rosselló

Dra. en Ciències Físiques, meteoròloga de Canal 9, València



SOCIETAT D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES BALEARS



Rosselló, V. (2010). L'impacte del telescopi en la història de les observacions astronòmiques. *In*: Ginard, A., Pons, G.X. i Vicens, D. (eds.). *Història i Ciència: commemoració dels 40 anys de l'arribada de l'home a la Lluna*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 16; 27-41. SHNB - OAM - UIB. ISBN 978-84-15081-49-4.

Resum: “*Tranquility base here-the Eagle has landed!*”.

Milions de persones sentiren les primeres paraules emeses ara fa 40 anys des de la superfície lunar quan el mòdul d'aterratge de l'Apol·lo XI arribà a la Lluna. Què era el mar de la Tranquil·litat on deien els comentaristes que havia aterrat la nau? Les càmeres mostraven un paisatge desèrtic.

La zona d'aterratge del Mòdul lunar de l'Apol·lo XI es trobava a uns quilòmetres al nord del cràter Moltke i a uns centenars de quilòmetres al NO d'un cràter sensiblement major anomenat Delambre. Qui eren Moltke o Delambre? Per què aquests noms apareixien en un cràter lunar?

Abstract: “*Tranquility base here-the Eagle has landed!*”.

Millions of people heard the first words issued 40 years ago from the lunar surface when the landing module of Apollo XI reached the moon.

What was the Sea of Tranquillity, where commentators said that the ship had landed? The cameras showed a desert landscape.

The landing area of the lunar module of Apollo XI was a few kilometers north of the crater Moltke and a few hundred kilometers NW of crater Delambre called significantly higher. Who were Delambre or Moltke? Why these names appeared in a lunar crater?

Les observacions pretelescòpiques de la Lluna

Des de sempre, l'home ha tingut una propensió natural per a veure imatges o figures d'objectes familiars al cel i en particular a la Lluna, quan mostra la cara plena. Ha vist diverses figures animals dibuixades a la geografia lunar, també cares o figures humanes.

La diversitat d'imatges que han vist les diferent cultures és deguda en part al fet que, tot i que la Lluna ens mostra la mateixa cara a tots els habitants de la Terra, l'angle amb el qual s'orienta a la nostra vista pot variar ostensiblement a causa de factors astronòmics com la posició de la Lluna, la seva òrbita, o la latitud geogràfica de l'observador. Les cultures mesoamericanes i la xinesa han vist conills.

En la descripció de la cara visible de la Lluna, Plutarc (46-120 aC) es feu ressò de la idea grega de Tales, Demòcrit i Anaxímenes: que la Lluna era de la mateixa naturalesa que la Terra. Introduí dues denominacions que semblen haver sobreviscut des de l'Antiguitat fins al segle XVII: Caspia i Penetralia Hecates. És molt probable que la denominació de Mar Càspia fóra deguda no tant a la suposada creença que es tractava d'aigua, sinó a la similitud de la ubicació de l'accident geogràfic en la superfície de la Lluna amb la Mar Càspia en el mapa d'Europa. Sembla en qualsevol cas que és la primera vegada que una taca fosca en la superfície lunar rep el nom d'un mar de la Terra (Fig.1, Whitaker, 1999).

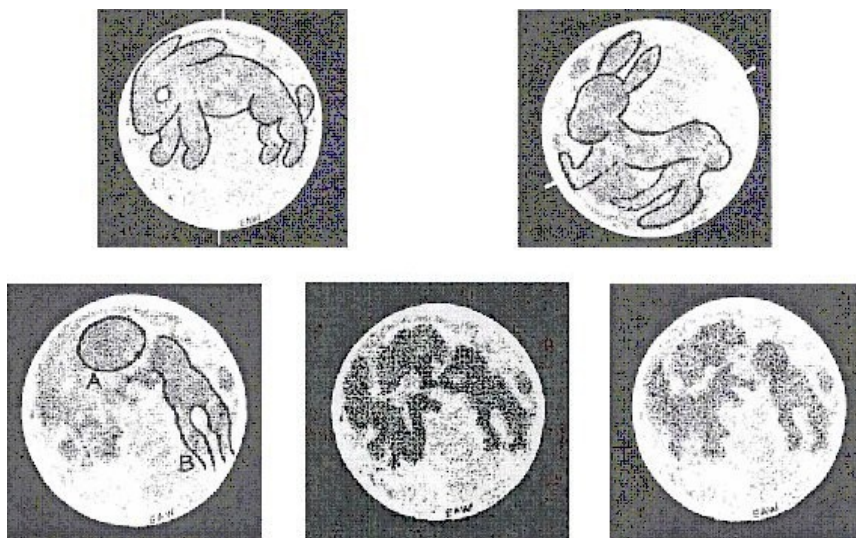


Figura 1: Figures a la Lluna (de dalt a baix i de dreta a esquerra): representació de conills a les cultures mesoamericanes i xinesa, Plutarc (a més del Santuari d' Hècate (A), situa en la superfície de la Lluna el que anomena Gran Golf (B)), Albert Magne i Shakespeare. (Reproduït de Whitaker, 1999).

Figure 1: Figures on the Moon (from top to bottom and from left to right): Representation of rabbits in Chinese and Mesoamerican cultures, Plutarch (in addition to the sanctuary of Hecate (A), located on the surface of the moon called the Great Gulf (B)), Albert the Great and Shakespeare. (Reproduced from Whitaker, 1999).

Albert Magne (1193-1280) descriu el grup d'imatges del drac, l'arbre i l'homenet, el mateix que apareixerà a Shakespeare 350 anys després lleugerament modificat: el gos, la mata i l'home (Fig. 1).

Leonardo da Vinci dibuixà la imatge de la Lluna sense fer una descripció de les taques que hi observà, però el primer mapa de la cara visible de la Lluna i l'únic que hi ha hagut abans de l'aparició del telescopi correspon a William Gilbert (1540-1603): hi va posar 13 noms, i emprà termes generals com mar, continent, regió o illa. Tot i que el devia tenir fet en el 1603, el seu mapa no es va publicar fins al 1651, quan ja havien aparegut altres esquemes de nomenclatura per als accidents lunars arran de les observacions telescòpiques.

Les primeres observacions telescòpiques: Galileu

És un lloc comú que Galileu fou el primer a examinar la Lluna a través d'un telescopi; però probablement l'astrònom Thomas Harriot (ca. 1560-1621) fou el primer a dibuixar un mapa lunar, mai no publicat, basat en les seues observacions telescòpiques. El primer esbós data del 26 de juliol de 1609, efemèride de la qual s'acaba de complir el 400 aniversari. Els següents

corresponen a diferents fases lunars i són pobres descriptivament comparats amb el mapa que en va fer de la superfície sencera. Es refereix repetidament a la Caspia (*Mare Crisium*) i també al “cos de l’home en la Lluna” (*Mare Tranquilitatis*) (Fig. 2).

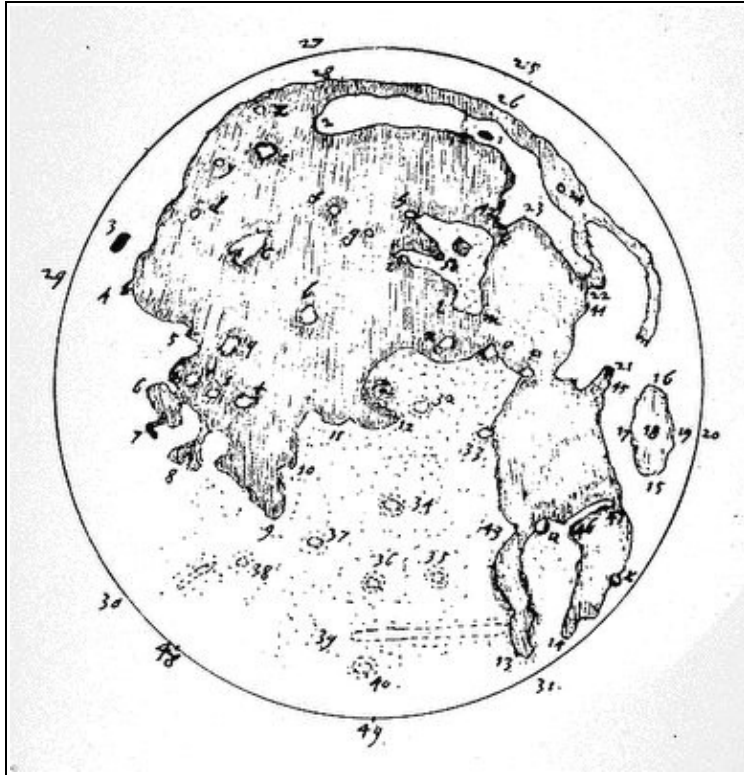


Figura 2: Mapa lunar de Thomas Harriot: la imatge representa nombrosos accidents lunars: 18, apareix citat com Mare Crisium (a la dreta) i en la part superior, cràters b i c són Copèrnic i Kepler respectivament (reproduït de Whitaker, 1999).

Figure 2: Lunar map of Thomas Harriot mole: image represented numerous lunar accidents: 18, previously cited as Mare Crisium (right) and the upper craters Copernicus and Kepler b and c are respectively (reproduced Whitaker, 1999).

Galileu sí que publicà els dibuixos de la superfície de la Lluna basats en les seves observacions telescòpiques (*Sidereus Nuncius*, -El Missatger Sideral-, 1610).

El maig del 1609 un antic alumne seu que vivia a París li havia escrit que a Holanda s’havia fabricat un instrument que servia per a observar objectes llunyans: un dels primers registres de les ulleres que s’havien emprat el 1608 a La Haia parlava de les innombrables estrelles que s’hi podien veure en comparació amb les visibles a simple vista. L’instrument havia estat patentat pel tallador de lents Hans Lippershey el mateix any.

Aquell estiu de 1609 Galileu es construí ell mateix un instrument de 8 augments amb un tub i dues lents i el provà al campanar de Sant Marc de Venècia per a divisar els vaixells i les illes de la llacuna de prop (Galilei, 1610).

I a la tardor, ja s’havia fet una altra ullera de 20 augments, amb la qual començà a explorar el cel. El primer objectiu fou la Lluna. Trobà que les regions brillants eren plenes d’irregularitats a l’estil de les valls i muntanyes de la Terra. Galileu escrigué que l’observació de la superfície lunar a través del telescopi donava la raó als interessats a fer reviure l’antiga opinió dels “pitagòrics”, segons la qual la Lluna devia ser una altra Terra, les parts brillants de la qual serien la terra i les fosques l’aigua. Galileu recordava la hipòtesi de Plutarc, però s’expressava amb cautela i evitava anomenar mars a les taques fosques. Vint-i-dos anys més tard, en el *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* va fer notar que altres factors podrien explicar les diferències de brillantor i contrast entre les diferents zones de la superfície lunar.

En qualsevol cas, la nomenclatura relativa als accidents geogràfics de la superfície de la Lluna, que incloïa mars, badies, llacs i un oceà, devia estar molt estesa a mitjan segle XVII, quan els primers selenògrafs l’adaptaren i la feren arribar fins avui.

Els dibuixos de la Lluna

Els primers dibuixos que resultaren de l'observació de la Lluna aparegueren en una carta a Antonio de Medici, el 7 de gener de 1610, en què Galileu li comunicava el que havia vist a través de l'*occhiale* que s'havia construït.

Aquests dibuixos eren il·lustracions esquemàtiques, sense detalls, de diferents fases observades de la Lluna. En la descripció assenyalava que la frontera entre la part il·luminada i la part fosca no era una línia neta, sinó aspra i confusa, de la qual sorgien nombrosos punts lluminosos “...*non una linea ovale pulitamente segnata, ma un termine molto confuso, anfrattoso et aspro, nel quale molte punto luminoso sporgono...*”

Parlava d'una taca en particular i de l'evolució de la llum al voltant d'ella en dies successius; afirmava que havia de ser una plana envoltada de muntanyes, un cràter de l'extensió de Bohèmia “...*un grandissimo anfiteatro rotondo, che faria la provincia de i Boemi...*”

Com ja hem dit, els cinc gravats de la Lluna els va publicar a Venècia al *Sidereus Nuncius* el març de 1610. Són quatre imatges (una està repetida) cinc dies després de la lluna nova i dels quarts creixent i minvant respectivament (Fig. 3).

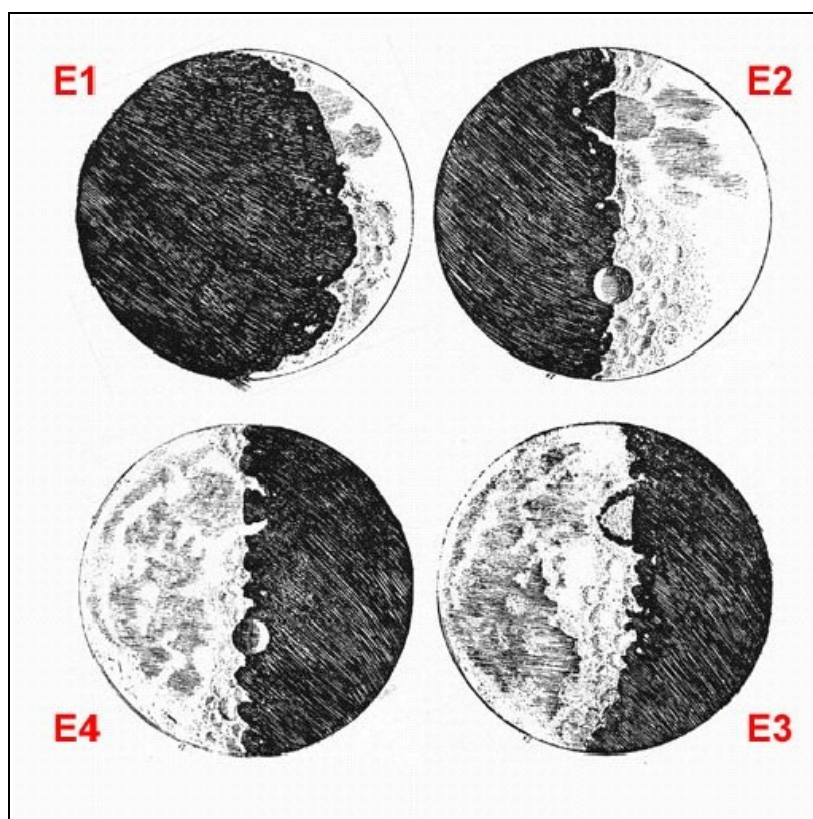


Figura 3: Gravats de l'aspecte de la Lluna a cinc dies de la lluna nova, en quart creixent i minvant respectivament, a partir de les observacions telescòpiques de Galileu (*Sidereus Nuncius*, 1610) (Adaptat d'imatges originals © IMSS Institute and Museum of the History of Science, Firenze).

Figure 3: Prints of the appearance of the moon five days of the New Moon, second quarter and fourth quarter, respectively, from telescopic observations of Galileo (*Sidereus Nuncius*, 1610) (Adapted from original images © Institute and Museum of the IMSS History of Science, Florence).

Es discuteix si cada gravat representa l'observació d'un dia concret, o bé si es tracta de representacions esquemàtiques i qualitatives resultat d'observacions realitzades en dies diferents. L'última possibilitat explicaria la dificultat d'identificar molts dels trets representats, com també d'identificar el dia particular en què foren realitzades les observacions (diferents autors adjudiquen fins a 4 dates diferents per a E1, entre el 2 d'octubre de 1609 i el 29 de gener de 1610).

El cas és que sembla provat que els dibuixos i gravats es basen en les observacions efectuades per Galileu dos mesos abans de la publicació del *Sidereus Nuncius*, des d'almenys la lluna plena precedent (gener de 1610). La identificació del gran cràter rodó que apareix als gravats, que li recorda Bohèmia, resulta confusa. No hi ha cap cràter que sembli consistent amb

la descripció de Galileu: *Albategnius* seria un candidat, però en el moment de la carta del 7 gener no podia haver vist la sortida del sol que descriu sobre els cims de la paret oest del cràter. *Deslandres* podria adaptar-se a la ubicació dels dibuixos, però no coincideix amb la descripció. *Copèrnic* coincideix amb la descripció, però no es troba al mig de la Lluna: “...*medium quasi Lunae locum a cavitate quadam occupatum esse reliquis omnibus maiori, ac digurae perfectae rotundidatis...*”. Probablement Galileu degué confondre les observacions de diferents grans cràters en diferents fases de la Lluna, prenent-los per un tot sol.

A la Biblioteca Nacional de Florència es conserva una còpia manuscrita de Galileu del *Sidereus Nuncius*, on apareixen els dibuixos de la Lluna amb aquarel·la. En un hi ha una estrella al costat de la Lluna, que podria ser una marca feta amb posterioritat, o el registre d'una ocultació lunar: les eines actuals ens han permès identificar l'observació que apareix al dibuix de Galileu amb l'ocultació d'una estrella de quarta magnitud (*Theta Librae*) per part de la Lluna el 19 de gener de 1610 a les 5:50 UT. La data del succés coincideix amb el període en què Galileu observava la Lluna (Fig.4).

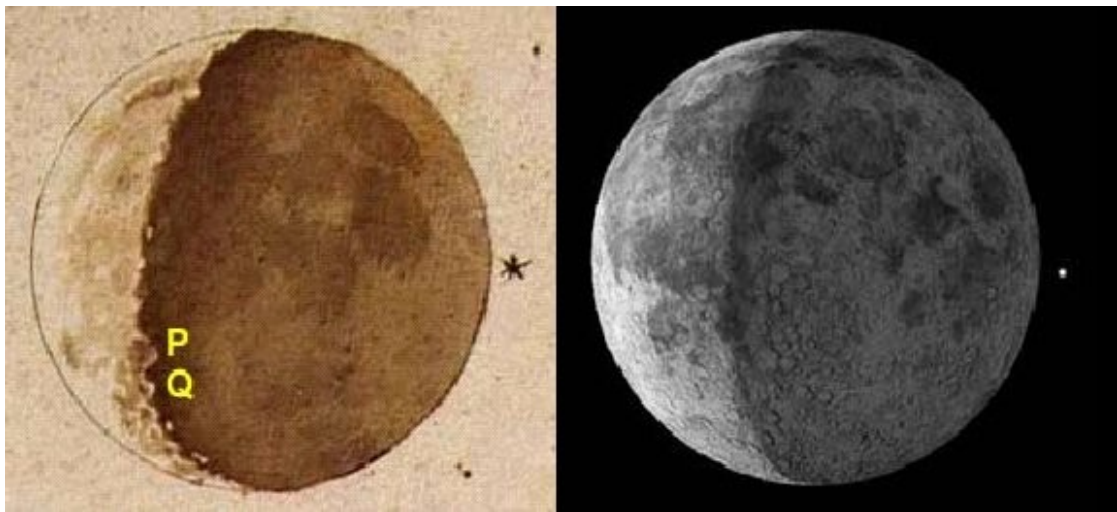


Figura 4: Ocultació lunar vista per Galileu (adaptada d'imatges originals © BNCF Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze) i simulada per *Cartes du Ciel* de Patrick Chevalley.

Figure 4: Lunar occultation seen by Galileo (adapted from original images © BNCF Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze) and simulated *Cartes du Ciel* by Patrick Chevalley.

Els satèl·lits de Júpiter

En la carta als Medici de gener de 1610 Galileu també informava que havia vist tres estrelles al voltant de Júpiter. Pensà primer que es tractava d'un alineament fortuït del planeta, però després d'haver-les observat consecutivament els dies següents trobà que en realitat n'hi havia quatre i que sempre es movien respecte a Júpiter. Resolgué que no es tractava d'estrelles sinó de llunes de Júpiter (Fig. 5).

Dos mesos després la seua descoberta apareixeria publicada al *Sidereus Nuncius* amb els gravats de la Lluna. Es tractava d'un llibret en llatí de tan sols 30 pàgines amb què Galileu esdevingué una celebritat entre els entesos. Per tal d'assegurar-se el patronatge del Duc de la Toscana, Cosimo II, anomenà els satèl·lits acabats de descobrir *mediceus*, un tribut amb recompensa, ja que un any després fou nomenat matemàtic i filòsof en cap de la cort dels Medici (Drake, 1983).

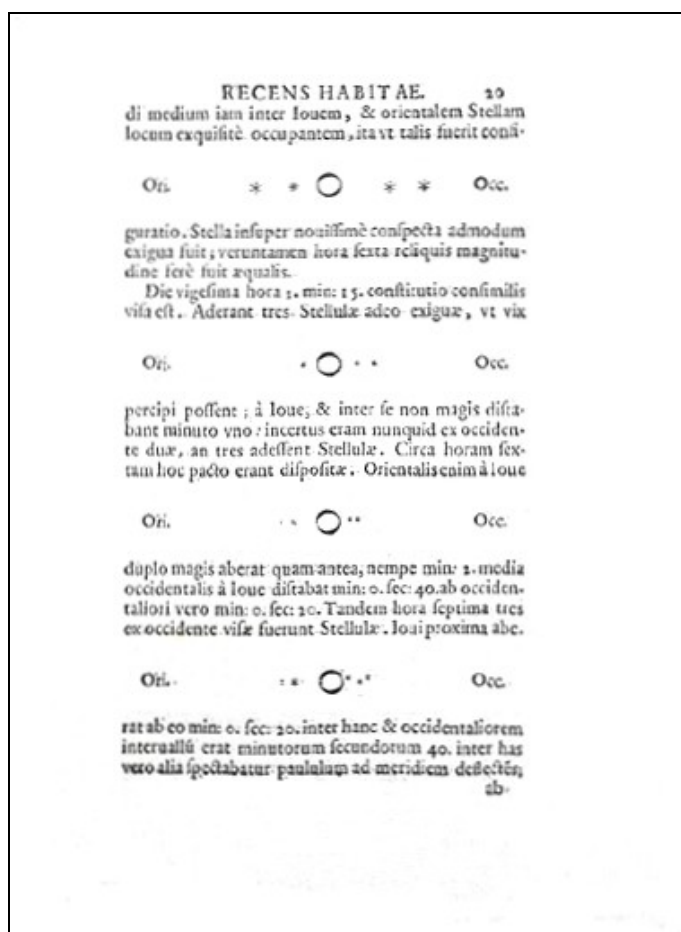


Figura 5: Observacions de les posicions dels satèl·lits de Júpiter a través del telescopi, Sidereus Nuncius, 1610, BNCF.

Figure 5: Observations of the positions of the satellites of Jupiter through the telescope, Sidereus Nuncius, 1610 BNCF.

Al *Sidereus Nuncius*, Galileu descrivia la nova ullera, que seria batejada “telescopi” un any més tard, i anunciava a més de la naturalesa irregular de la Lluna i els satèl·lits de Júpiter, dues descobertes més: la diferència entre l’aparença telescòpica dels planetes i les estrelles (els planetes es resolien en discs a diferència de les estrelles) i la multitud d’estrelles “fixes” (distingides així dels planetes, o estrelles “errants”), molt superior a les que es podrien observar a simple vista (Fig. 6). Galileu de seguida se n’adonà que els catàlegs tradicionals d’estrelles fixes només contenien una petita proporció de la multitud d’astres que ara podia veure amb el nou instrument (Galilei, 1610).

Al voltant del 1600 els filòsofs naturals i els astrònoms triaven entre el sistema tradicional de Ptolemeu (geocèntric), el sistema heliocèntric de Copèrnic, o per un compromís entre els dos: el sistema geoheliocèntric postulat per Tycho Brahe (1546-1601). Els tres explicaven *grosso modo* els moviments planetaris observats i cadascun d’ells tenia uns avantatges: el sistema geocèntric es basava en la física aristotèlica i tenia el pes de la tradició. El sistema de Copèrnic era més elegant i simple i explicava els moviments observats com el ptolemaic. El model híbrid de Tycho Brahe conservava part de la simplicitat del sistema copernicà evitant el moviment de la Terra. Amb la publicació de les descobertes de Galileu el telescopi irrompé en el debat cosmològic (Taton i Wilson, 1989).

Cap de les descobertes li llevava validesa al sistema ptolemaic, ni tampoc provava que la hipòtesi de Copèrnic fóra correcta, però algunes sí minaven la física aristotèlica. Segons Aristòtil el món terrestre (infralunar) es diferenciava essencialment del celeste (supralunar) en què en el primer tenien lloc canvis i mutacions que eren inexistents en l’esfera celeste. L’esfera celeste es caracteritzava a més per la regularitat dels moviments que experimentaven els cossos

que la poblaven i per la seva esfericitat: la Lluna, com a cos celeste, hauria de ser perfectament esfèrica i regular. Però quan dirigí el seu instrument cap a la superfície lunar, Galileu va observar que era qualsevol cosa menys regular i perfectament esfèrica.

L'existència dels satèl·lits de Júpiter mostrava l'existència de més d'un centre de moviment, cosa que no admetia el cosmos ptolemaic. Al 1610 Galileu també verificà les fases de Venus, semblants a les de la Lluna, una descoberta que fou anunciada per Johannes Kepler en el seu *Dioptrice* (1611). Amb la hipòtesi ptolemaica això no era possible, només s'explicava si Venus voltava el Sol en lloc de la Terra.

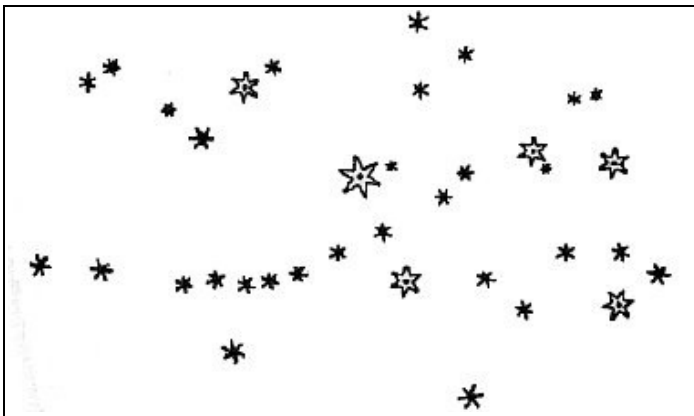


Figura 6: Grup estel·lar de les Plèiades: *Sidereus Nuncius*, 1610. BNCF.

Figure 6: Stellar Group of the Pleiades: *Sidereus Nuncius*, 1610. BNCF.

El telescopi, a més, resolva els planetes en discs, cosa que no succeïa amb les estrelles: aquesta circumstància feia pensar que haurien de ser molt més llunyanes que els planetes, just el que havia postulat Copèrnic.

Galileu encara havia estat testimoni d'una altra irregularitat que el cosmos aristotèlic no podia assumir. Les taques solars que Harriot havia vist per primera vegada a través del telescopi foren observades regularment, i Galileu n'interpretà l'evolució en dies consecutius com l'evidència de la rotació solar. En la *Istoria i dimostrazioni in torno alle macchie solari* (1613), consignà les seves observacions i escrigué que eren unes descobertes telescòpiques que *harmonitzaven admirablement amb el gran sistema copernicà*.

El problema de Saturn

Amb l'observació de Saturn, Galileu es topà amb un dels enigmes més celebrats de l'astronomia de l'època (Fig.7). El 1610 observà que Saturn mostrava tres discs en comptes d'un. N'hi havia un de gran flanquejat per altres dos de mida inferior, que no podien ser satèl·lits perquè no es movien respecte del disc central. El que era encara més desconcertant és que observà com els dos apèndixs desapareixien el 1612, tornaven a ser visibles un any més tard i s'expandien en *ansae* (anses). Huygens no publicaria la hipòtesi de l'anell que explicava l'estrany aspecte de Saturn fins a quatre dècades més tard (Taton i Wilson, 1989).

A finals del 1610 més observadors tenien instruments semblants al de Galileu i podien verificar les seues descobertes. Kepler ho havia fet, Harriot observà els satèl·lits a Londres. I a Roma, el 14 d'abril de 1611, l'astrònom Cristoph Clavius (1537-1612) i els seus deixebles jesuïtes del *Collegio Romano* es feren amb un telescopi que els permeté observar el que havia vist Galileu. Es pensa que amb aquest instrument els observadors pogueren distingir estrelles fins a la vuitena magnitud (el màxim que pot distingir l'ull nu és la sisena magnitud). També pogueren apreciar l'aspecte de la Lluna, tot i que Clavius oferí una interpretació diferent del que va veure: la superfície era perfectament esfèrica i el que s'observava era causat per les diferències en la densitat del cos.

En qualsevol cas Galileu havia guanyat el dia a Roma i els seus descobriments també foren celebrats a la Ciutat Eterna. El príncep Federico Cesi l'inicià com a membre de la seva acadèmia científica, l'*Accademia dei Lincei* i en el dinar que li oferiren quedà decidit que el nou instrument es diria telescopi. Galileu es va convertir en l'home de ciència més celebrat a Europa.

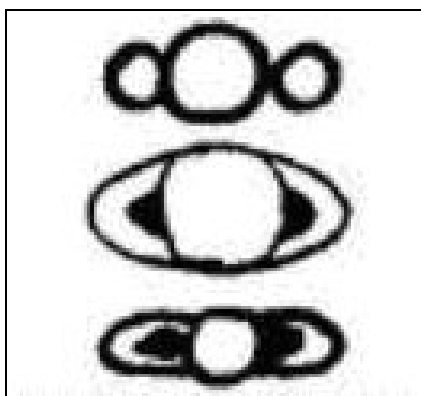


Figura 7: L'aspecte variable de Saturn: observacions fetes per Galileu el 1610 (dalt) i el 1616, quan presentaven *ansae*.

Figure 7: The variable aspect of Saturn: observations made by Galileo in 1610 (top) and 1616, when presented ansae.

El telescopi de Galileu

El telescopi refractor de Galileu constava d'una lent convexa que feia d'objectiu i d'un ocular format per una lent còncava inserit en un tub que podia ser ajustat per a enfocar. El camp de visió que s'obtenia amb aquesta composició era d'uns quinze minuts d'arc. L'instrument podia arribar a fer 20 augments, però el vidre de les lents tenia múltiples imperfeccions: estava ple de bombolles i tenyit d'un color verdós a causa del ferro que contenia. La forma de les lents era raonablement bona al centre, però el polít s'empobria cap a la perifèria. Tots aquests factors feien que només un quart de la superfície de la Lluna es pogués acomodar al camp de visió. Les tècniques de tallat i polit de lents millorarien gradualment en les dècades següents a mesura que s'especialitzaven els fabricants de telescopis.



Figura 8: Simulació d'una observació telescòpica de Venus amb l'instrument de Galileu (reproduït de www.pacifier.com/-tope/Photo_Drawing_Comparison_Page.htm). Dibuix del que observà Galileu (Saggiatore, 1623).

Figure 8: Simulation of telescopic observations of Venus with the Galileo instrument (reproduced www.pacifier.com/-tope/Photo_Drawing_Comparison_Page.htm). Drawing observed by Galileo (Saggiatore, 1623).

L'estudi dels instruments de Galileu ha permès reproduir les condicions en què va efectuar les observacions: les imatges dels planetes apareixen amb molt poca definició i sense possibilitat de contrastar els detalls de la superfície. Tot i això, a Galileu li fou possible identificar les fases de Venus (Fig. 8).

L'astronomia telescòpica després de Galileu

Els resultats de l'aplicació del telescopi a l'observació del cel foren espectaculars, però el límit útil de l'anomenat telescopi holandès o galileià era d'uns 20 augments, límit que ja havia assolit Galileu la tardor del 1610. L'instrument provocà una primera onada de descobertes, però el seu potencial es va exhaurir amb rapidesa. Amb aquest instrument no era possible obtenir majors augments per raons tècniques (Van Helden, 1985).

No obstant això, una sèrie de descobriments es registraren en les dècades posteriors. Nicolas Claude Fabri de Peiresc assenyalà el 1610 el "petit núvol il·luminat" que havia pogut distingir al cinturó d'Orió (primera observació telescòpica documentada de la Nebulosa d'Orió) i l'astrònom Simon Mayr descrigué la Nebulosa d'Andròmeda en el seu *Mundus Iovialis* el 1614.

També s'establiren programes de recerca arran de les descobertes de Galileu. Ell mateix havia reconegut la importància dels satèl·lits de Júpiter per a tractar de resoldre el vell problema de determinar la longitud a la mar; durant bona part de la seua vida observà els satèl·lits per tal de construir taules acurades dels seus moviments, però els instruments no permeteren assolir el grau d'exactitud que hauria calgut.

L'observació dels trànsits de Mercuri i Venus pel disc solar ofería un mètode per a estimar la distància del Sol a la Terra. La conveniència d'observar el trànsit de Mercuri de 1631, advertida per Kepler, fou seguida per un grapat d'observadors: el trànsit de Mercuri l'observà Pierre Gassendi el 1631 i el de Venus de 1639 Jeremiah Horrocks i William Crabtree, que projectaren la imatge del Sol en un full graduat, seguint la tècnica de Cristoph Scheiner (publicada a *Rosa Ursina* el 1630). Els astrònoms coincidien en què els diàmetres aparents dels planetes eren molt inferiors del que s'esperava, i tot i que no hi havia encara un mètode satisfactori per a calcular distàncies absolutes i la mida dels planetes, era evident que les mesures vigents des de l'Antiguitat havien subestimat enormement la mida del Sistema Solar (Taton i Wilson, 1989).

La Lluna, l'objecte de les primeres observacions telescòpiques, quedà relegada a un segon terme fins a la dècada de 1630, quan la cartografia lunar esdevingué àrea d'investigació prioritària.

Kepler havia suggerit canvis en el disseny del telescopi per tal d'eixamplar el camp visual i per a millorar la qualitat de la imatge. Substituí la lent còncava de l'ocular per una de convexa, per a guanyar camp visual. La lent de l'objectiu havia de tenir una curvatura menys pronunciada que la de l'instrument galileià, cosa que feia augmentar la distància focal i permetia imatges més nítides. La nova combinació de lents ofería la imatge invertida, circumstància per la qual Kepler introduí una tercera lent per tal d'erigir-la. La incorporació del micròmetre incrementà sensiblement la precisió de les mesures. La major distància entre les lents del disseny keplerià respecte al galileià significava en la pràctica que el telescopi havia de ser més llarg.

L'anomenat telescopi astronòmic s'imposà gradualment entre els astrònoms pels avantatges que tenia sobre el galileià. A mesura que la potència i la qualitat dels instruments s'incrementava, nous fenòmens esdevingueren visibles. A mitjan segle XVII, un grup d'astrònoms a Europa disposava d'instruments amb 50 augments o més, amb un camp de visió útil, que portarien a una segona onada de descobriments.

Francesco Fontana (1580-1656) fou el primer a publicar les observacions que li permetia el nou instrument. El 1646 publicà *Novae Coelestium terrestriumque rerum observationes*, el primer llibre "il·lustrat" d'astronomia telescòpica. Aquí hi trobem les fases de Mercuri, els cinturons de Júpiter, o els diferents aspectes de Saturn amb les seves *ansae*.

El primer gran descobriment comparable amb els que havia fet Galileu amb la generació d'instruments anteriors arribà el 1665, quan Christian Huygens trobà un satèl·lit de Saturn (Tità), fent servir un telescopi de 50 augments. Al seu *Systema Saturnium* donava els elements de l'òrbita del satèl·lit i anunciava la seva teoria de l'anell per tal d'explicar el misteriós aspecte del planeta.

A Mallorca, l'astrònom Vicenç Mut (1614-1687), utilitzà un mètode per a mesurar el diàmetre aparent del Sol inspirat en Scheiner, segons el qual la imatge del Sol es projectava en una pantalla perpendicular a l'eix del telescopi (Fig. 9). Mut mantingué correspondència amb el jesuïta Giovanni Battista Riccioli (1598-1671), autor d'una obra astronòmica de referència a Europa, l'*Almagestum Novum*, on publicà les nombroses observacions del mallorquí referides a eclipsis i a observacions planetàries fetes amb el seu telescopi keplerian, d'uns 160 cm (deia haver provat instruments més potents però la imatge perdia massa nitidesa). El seu instrument també disposava d'un anell travessat per fils que formaven una quadrícula: l'ús del micròmetre s'estendria entre els astrònoms després de la publicació del *Systema Saturnium* de Huygens (Navarro i Rosselló, 2006).

Mut utilitzà les taules astronòmiques basades en la hipòtesi copernicana per als càlculs de les posicions planetàries (ja que eren les més precises) sense admetre la validesa de la teoria heliocèntrica de Copèrnic. La postura és anàloga a la de Riccioli i a la dels astrònoms que es veien obligats a assumir la condemna catòlica del copernicanisme: la missió de l'astronomia és la de *salvar les aparences* amb models geomètrics, tant se val els supòsits en què estiguen basats, perquè no tenen realitat física.

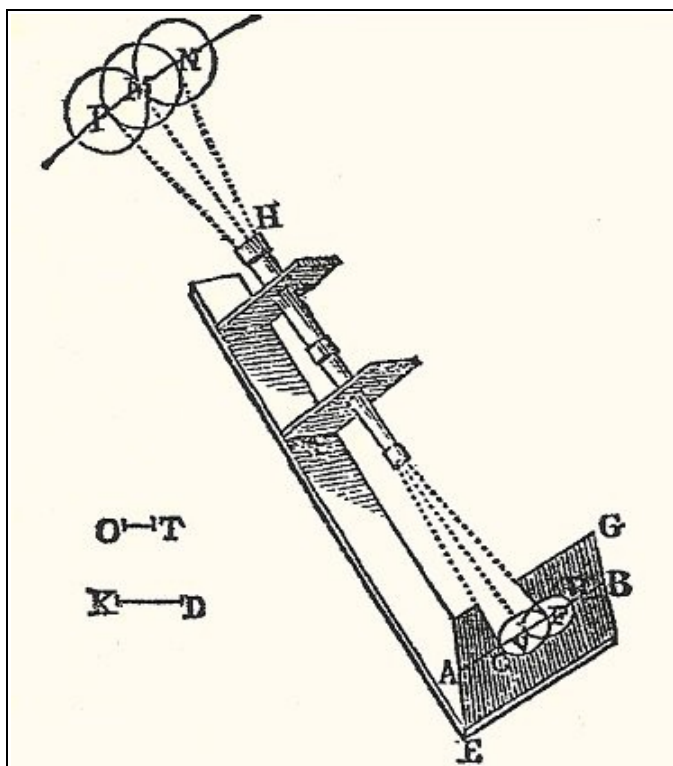


Figura 9; Dispositiu emprat per Vicenç Mut per a calcular el diàmetre aparent del Sol. (Riccioli, *Almagestum Novum*, 1651).

Figure 9: Vicenç Mut device used for to calculate the apparent diameter of the Sun. (Riccioli, *Almagestum Novum*, 1651).

Podem destacar també l'habilitat com a observador, reconeguda pels seus contemporanis, de Juan Caramuel Lobkowitz (1606-1682), nascut a Madrid però que hi va viure poc temps. Entre els seus variats interessos inclogué l'astronomia: Caramuel parà especial atenció a l'aspecte canviant de Saturn i entre les observacions telescòpiques del planeta, adjuntà la hipòtesi de l'anell de Huygens (Fig. 10) (Rosselló, 2000).

Giovanni Domenico Cassini (1625-1712), utilitzant els instruments del fabricant de telescopis romà Giuseppe Campani, descobrí accidents geogràfics a la superfície de Mart i Júpiter, i deduí els períodes de rotació d'ambdós planetes. El 1671 descobrí dos nous satèl·lits de Saturn (Rea i Jàpet), mentre transitaven l'anell. Campani ja havia observat el 1664 que la part externa de l'anell era menys brillant que la interior, però va ser Cassini qui distingí el 1676

un buit entre els dos anells, l'anomenada més tard Divisió de Cassini. El 1684 encara descobrí dues noves llunes de Saturn, Tetis i Dione, just abans que travessaren el pla de l'anell. Haurien de passar 100 anys més abans que es pogués descobrir una nova lluna de Saturn.

L'increment de la potència dels telescopis keplerians implicava augmentar la distància focal de l'objectiu. Amb l'augment de la llargària, els telescopis anaven fent-se menys pràctics: del metre i mig a dos metres que feien els telescopis galileians, a mitjan segle ja arribaven als 6 metres. El telescopi de Huygens feia 7 metres, augmentava 100 vegades i el camp visual era de 17 minuts d'arc.

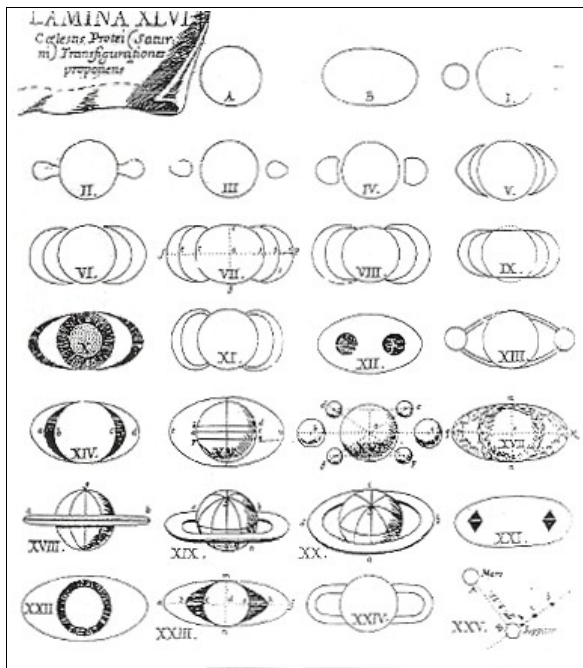


Figura 10: Aspecte canviant de Saturn, *Mathesis Biceps* de Caramuel (1667).

Figure 10: Changing appearance of Saturn, *Mathesis Biceps* de Caramuel (1667).

L'entusiasme dels dissenyadors aviat sobrepassà el sentit pràctic dels instruments i malgrat que els llargs telescopis refractors resultaven impressionants, ja havien arribat al límit de les seves possibilitats: la mida els feia inestables i resultava molt difícil mantenir les lents alineades per tal d'efectuar les observacions. Al 1670 Johannes Hevelius (1611-1687) arribà a construir un telescopi de 46 metres.

Les dimensions d'aquests instruments impossibilitaven en molts casos incloure les lents en un tub, de manera que s'havien d'alinejar amb sistemes de cordes i corrioles que resultaven impracticables.

Però també els telescopis refractors havien exhaurit el seu potencial al final del segle XVII. Aquesta segona onada de descobertes tocava a la fi. S'imposava un nou disseny: les lents que refractaven la llum foren substituïdes per miralls que la reflectien. El telescopi reflector de Newton faria possible tornar a instruments de mides raonables i faria desaparèixer l'aberració cromàtica que patien les lents dels últims grans refractors. La següent onada de descobriments no arribaria sinó cent anys després dels descobriments de Cassini.

La selenografia al segle XVII

Una de les primeres temptatives de proveir noms per als accidents lunars va ser la de Pierre Gassendi. És conegut que, a l'època, el gran problema de la navegació eren les dificultats per a calcular la longitud a la mar. El problema del càlcul acurat de la longitud també afectava els mapes terrestres. El pas de l'ombra de la Terra a través de les petites taques lunars durant un

eclipsi lunar total, observat des de diferents localitats simultàniament, permetia obtenir longituds exactes d'aquestes localitats. L'ús dels eclipsis lunars com a "rellotges" per calcular longituds terrestres fou provat amb èxit per Gassendi, qui observà l'eclipsi lunar del 20 de gener de 1628 a París, i pel seu amic Peiresc, que en va fer l'observació a Aix-en-Provence. Vicenç Mut també faria servir aquest mètode més endavant. Les longituds geogràfiques que deduí a partir dels eclipsis de Lluna aparegueren publicades al seu *Observationes motuum caelestium* el 1666.

Un mapa precís de la superfície lunar era imprescindible per a les determinacions de longituds terrestres. Però el primer projecte de mapa lunar va ser abandonat per Gassendi per la sobtada mort de Peiresc.

Els mapes de l'artista Claud Mellan confeccionats entre 1635 i 1637 representaren un gran salt qualitatiu respecte dels predecessors, i són d'un gran realisme fotogràfic. Mellan es basà en les pròpies observacions de la Lluna fetes amb un instrument fabricat amb lents que li proporcionà Galileu: el telescopi tenia amb un camp de visió reduïdíssim, probablement inferior al diàmetre del disc lunar i per tant amb la Lluna sortint continuament del camp de visió, cosa que devia requerir una constant reposició de l'instrument (Whitaker, 1984).

Juan Caramuel encapçalà una altra de les temptatives de mapa lunar: tenia previst editar una *Selenographia* amb un ambiciós projecte de cartografia lunar. Encoratjat per Gassendi, li respongué que proposaria nomenar els promontoris, illes i valls amb destacats contemporanis "tots els nostres amics seran allà", escrigué "tu mateix, Peiresc, Mersenne i Naudé". Com la nomenclatura de Gassendi, la de Caramuel no anà més enllà i quedà oblidada amb la publicació en els anys posteriors de sistemes de nomenclatura més exhaustius (Rosselló, 2000).

La necessitat de confeccionar un mapa lunar acurat va ser vista també per Michiel van Langren (1600-1675), cosmògraf del rei d'Espanya a Brussel·les que aspirava al premi ofert pels reis espanyols per a qui solucionàs el problema del càlcul de la longitud a la mar. La idea era mesurar les sortides i postes d'un llistat d'accidents geogràfics de la superfície lunar que farien de rellotge com en el cas del satèl·lits galileians per tal de calcular longituds terrestres. Després d'un treball de més de deu anys, Van Langren completà el que seria el primer mapa real de la Lluna el 1645. Dels 325 noms de la nomenclatura de Van Langren, en sobreviuen 168, tots en el lloc original, llevat de 4. Van Langren utilitzà els noms de la reialesa (Mar Filípic, per Felip IV, l'actual Oceà de les Tempestes) i la noblesa europea, noms d'astrònoms, filòsofs, matemàtics, i també s'hi poden identificar noms d'exploradors, el papa Innocenci X (l'actual cràter Ptolemeu), cardenals i sants. Van Langren, aconsellat pels jesuïtes del Colegio Imperial de Madrid, assignà un promontori a Sant Vicent Ferrer (l'actual promontori Heraclides).

A mitjan segle Johannes Hevelius i Giovanni Battista Riccioli proposaren sengles esquemes de nomenclatura que competirien per ser acceptats (Vertesi, 2007).

Hevelius publicà la seva *Selenographia* el 1647, producte d'incomptables nits d'observacions al terrat de casa seva a Danzig. Els gravats continguts al llibre els havia fet ell mateix i les muntanyes i cràters apareixien dibuixats amb perspectiva, segons la pràctica geogràfica vigent. La seva nomenclatura pretenia ser neutral, útil i universalment acceptable: en lloc de noms personals, proposava incloure noms geogràfics de la Terra. Amb aquesta idea de racionalitzar la nomenclatura, introduí una profusió de nous termes que no ajudà finalment a la viabilitat de l'esquema (continent, illa, plana, font, riu, vall, túmul...). Dels seus 286 noms, en perviuen 10.

La nomenclatura del jesuïta Riccioli, que aparegué a l'*Almagestum Novum* només quatre anys després de la publicació del treball d'Hevelius, conté gran part dels noms que fem servir avui. Riccioli proposava al seu tractat d'astronomia un model geocèntric de l'univers (una versió modificada del sistema de Tycho Brahe) que feia front al copernicà. Mentre la *Selenographia* d'Hevelius estava íntegrament dedicada a la Lluna, l'*Almagestum* hi dedicava un sol capítol que contenia el mapa lunar i la nomenclatura. Riccioli utilitzà en la seva nomenclatura 147 noms de la seva llista biogràfica d'astrònoms i pensadors publicada a l'*Almagestum*, i elaborà una llista de 243 noms.

Hi ha un contrast profund entre les imatges lunars d'Hevelius i Riccioli: el mapa d'Hevelius obeeix a un programa de descripció, on es volen capturar els detalls amb la major exactitud possible (Fig. 11).

En canvi, la lluna plena de Riccioli és una imatge estilitzada, que busca semblances entre els objectes i presenta un llenguatge visual estandarditzat per a representar fenòmens similars (cràters de mides distintes representats exactament igual) (Fig. 12).

Els dos models de representació informen de dues maneres diferents d'entendre l'observació i el pensament: Hevelius s'esforça a capturar textures, llums i ombres, per a ser el més fidel possible a l'objecte observat. Riccioli, per contra, busca l'universal en la seua representació: ell mateix diu, del seu dibuix de la lluna plena, que no l'ha construït basant-se en l'observació del pleniluni, sinó a partir de múltiples fases. El seu mapa és, per tant, una compilació de diverses observacions que queden indestriables en el conjunt.

La qüestió de la nomenclatura és igualment oposada en les dues propostes: Hevelius fuig d'una Lluna "dedicada", i troba més convenient utilitzar noms geogràfics del Mediterrani o en tot cas personatges clàssics. Riccioli opina que no pot anomenar-se la Lluna com si fos una altra Terra.

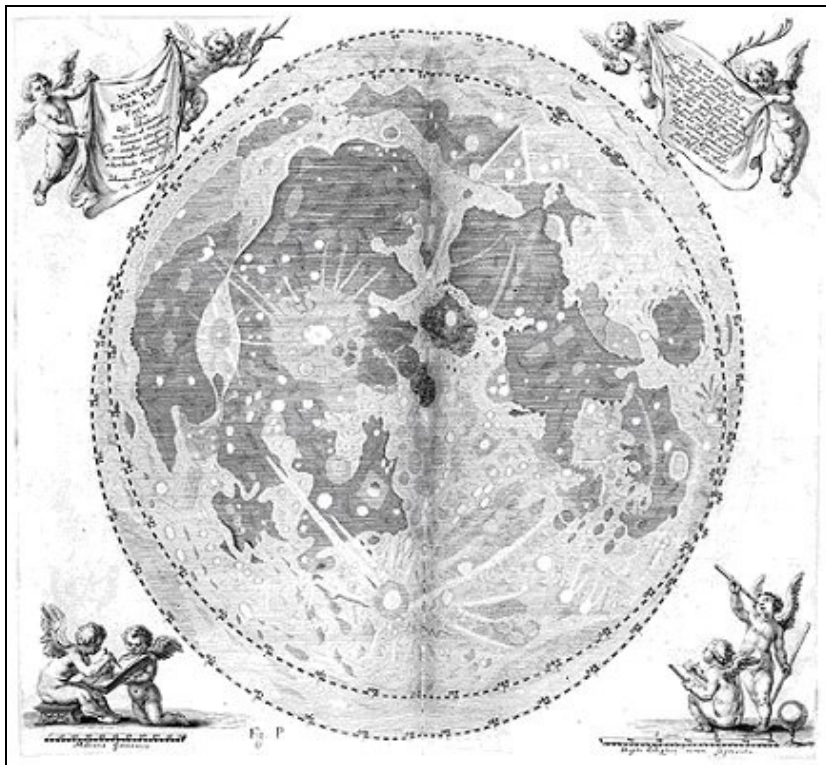


Figura 11: Mapa lunar d'Hevelius publicat a la *Selenographia* (1647).

Figure 11: Lunar map from Hevelius published in *Selenographia* (1647).

De la Lluna de Riccioli, podríem dir que és narrativa, ens conta històries: cada accident lunar pren el nom d'un astrònom o filòsof que ha contribuït al coneixement científic. Els noms dels astrònoms es concentren en octants segons relacions cosmològiques, pedagògiques o cronològiques, fins i tot ens diu l'efecte que té la Lluna sobre la Terra, inspirant tranquil·litat, portant tempestes o restaurant la salut...

Hevelius, com a prominent ciutadà de Danzig i membre de la Royal Society, i Riccioli com a jesuïta, comptaven amb patronatges i xarxes que feien circular les seves propostes, però a pesar de l'apel·lació a la neutralitat, la nomenclatura d'Hevelius fou rarament utilitzada fora de la Royal Society (que majoritàriament havia adoptat el sistema heliocèntric), mentre que la de Riccioli es difongué i s'utilitzà en tots els àmbits fins als nostres dies, malgrat que l'autor continuà mantenint la validesa del sistema geocèntric.

Com a jesuïta, Riccioli s'havia d'adherir a la doctrina oficial catòlica, que condemnava la realitat de la hipòtesi copèrnica: però curiosament assignà a Copèrnic un dels cràters més brillants de la superfície lunar: només Tycho és més gran entre els astrònoms. Copèrnic, amb els que mantenen la hipòtesi heliocèntrica, està situat a l'Oceà de les Tempestes, amb Aristarc, Kepler i Galileu, que també té una mida considerable. Es diu que, encara que no ho pogués admetre, Riccioli era secretament copèrnica i enviava a les futures generacions un clar missatge en haver escollit el nom dels tres cràters més destacables.

De la llista de 243 noms de Riccioli, només una quarantena ha deixat d'utilitzar-se als mapes moderns. La història de la nomenclatura lunar des de llavors ha estat bàsicament la d'afegir-ne de nous a mesura que la millora dels instruments d'observació anava oferint al llarg dels segles següents nous detalls de la topografia de la superfície lunar. Els cràters Dionysius i Delambre, que ens serveixen avui per a identificar la zona d'aterratge de l'Apol·lo XI al Mar de la Tranquil·litat, duen el nom de sengles astrònoms dels segles I i XVIII respectivament.

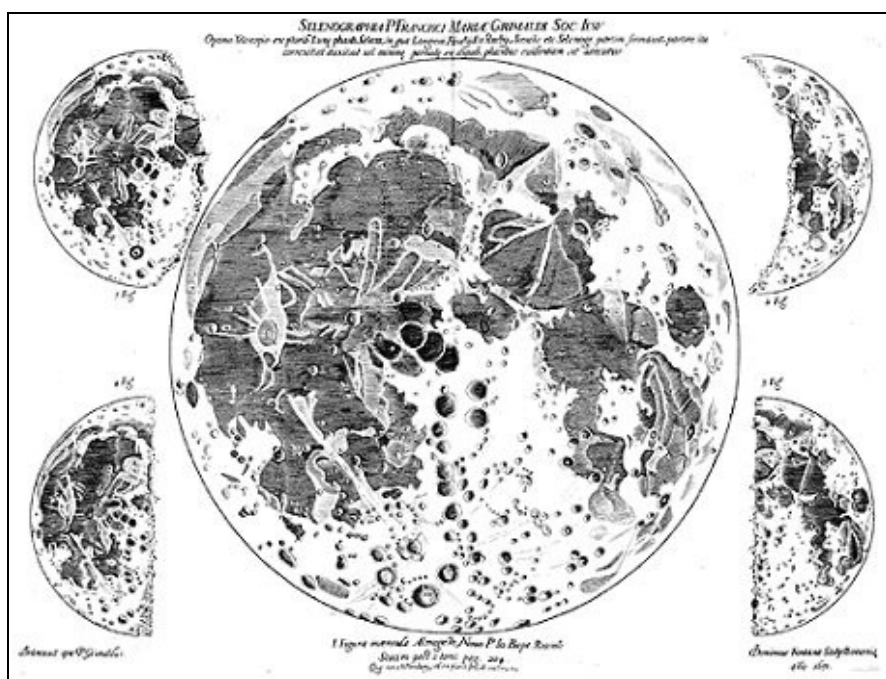


Figura 12: Mapa lunar de Riccioli (*Almagestum Novum*, 1651).

Figure 12: Lunar map from Riccioli (*Almagestum Novum*, 1651).

Actualment, la IAU (International Astronomical Union), que integra l'U.S. Geological Survey i la NASA, és l'autoritat reconeguda internacionalment per assignar els noms als accidents de les superfícies planetàries.

Al Gazetteer of Planetary Nomenclature es poden trobar els llistats exhaustius dels noms aprovats per l'IAU. A la última revisió, que data del 15 de juny de 2009, s'hi troben els 8986 noms aprovats en ús per a la Lluna.

El 18 de juny del 2009 la NASA posà en l'òrbita lunar el LRO (Lunar Reconnaissance Orbiter) com a part d'un ambiciós pla de retorn a la Lluna: entre els objectius de la missió hi ha el de trobar llocs convenients per a futurs aterratges, i el de trobar aigua o altres possibles recursos. La sonda ha estat enviant imatges de la superfície lunar d'una resolució desconeguda fins ara: s'han pogut distingir els mòduls lunars de les diferents missions del programa Apol·lo, i fins i tot les petjades que hi deixaren els astronautes. Una altra sonda, la Chandrayaan 1, posada en l'òrbita lunar el novembre de 2008 per l'ISRO (Indian Space Research Organization) i amb

la qual es perdé el contacte el passat 29 d'agost de 2009, ha estat enviant imatges de la superfície lunar amb una resolució de pocs metres. La Chandrayaan 1 portava un instrument de la NASA, el Moon Mineralogy Mapper, que ha permès detectar molècules d'aigua en les regions polars de la Lluna. S'ha calculat que es podria extraure fins a un litre d'aigua d'un metre cúbic de material de la superfície lunar. La Lluna no ha resultat ser, al capdavall, tan àrida com pensaven els astronautes de l'Apol·lo.

L'exploració de l'espai a través del telescopi començà ara fa exactament 400 anys, que són els que separen les primeres observacions telescòpiques fetes amb un parell de lents de pobra qualitat, de la inauguració del telescopi més gran del món, el GCT (Gran Telescopi de Canàries), que compta amb un mirall de 10,4 metres de diàmetre que pesa 17 tones. El mirall està format per 36 hexàgons fets de material inalterable i cada una de les peces s'ha polit amb un límit d'error de 15 nanòmetres. Compta amb una òptica activa, que permet alinear els miralls amb precisió, i una altra d'adaptativa que permetrà deformar cada mirall per tal d'evitar les aberracions que experimenta la llum en travessar l'atmosfera terrestre. La Lluna, l'objecte més proper a la Terra, va ser el primer objectiu del telescopi i ara, 400 anys més tard, serà possible rebre la llum dels objectes més llunyans, una llum que començà el viatge fa 15 000 milions d'anys.

Bibliografia

- Drake, S. (1983). *Galileo*. Madrid, Alianza.
- Galilei, G. (1610). *Sidereus Nuncius*. Venetiis, Apud Thomam Baglionum.
- Navarro, V. i Rosselló, V. (2006). *Renaixement i Revolució Científica. Les disciplines físicomatemàtiques*. A: Bonner, A. i Bujosa, F. (dirs.), *Història de la Ciència a les Illes Balears*, Vol. 2, Palma, Govern de les Illes Balears.
- Rosselló, V. (2000). *Tradicció i canvi científic en l'astronomia espanyola del s. XVII*, València, Biblioteca Nueva; Universitat de València.
- Taton, R. i Wilson, C. (eds.) (1989). *Planetary Astronomy from the Renaissance to the Rise of Astrophysics*, Part A, Tycho Brahe to Newton. Cambridge, Cambridge University Press.
- Van Helden, A. (1985). *Measuring the Universe*. Chicago, University of Chicago Press.
- Vertesi, J. (2007). *Picturing the Moon: Hevelius's and Riccioli's visual debate*, *Studies in History and Philosophy of Science*, núm. 38, 401–421.
- Whitaker, E. A. (1984). *Selenography in the Seventeenth Century*, a: Hoskin, M. (ed.): *The General History of Astronomy*, Vol. 2, Cambridge, Cambridge University Press.
- Whitaker, E. A. (1999). *Mapping and Naming the Moon*. Cambridge, Cambridge University Press.