

L'astronomia de Juan Caramuel Lobkowitz (1606-1682)

Victòria Rosselló Botey

L'obra de Juan Caramuel Lobkowitz dedicada a l'astronomia representa un dels intents d'assimilació de l'astronomia europea en l'empobrit escenari hispà del segle XVII. La seua ingent obra es caracteritza pel cultiu de l'enciclopedisme, per la recerca d'una unitat sistemàtica per a la ciència i pel contacte directe amb els nous corrents científics, derivat de la seua itinerància permanent. El pensament astronòmic de Caramuel, exposat en el monumental *Cursus Mathematicus* (1670), inclou l'adopció del sistema de Tycho Brahe i la investigació de les causes físiques del moviment planetari per tal de resoldre el problema de la dinàmica que sorgeix en adoptar la cosmologia dels cels fluids. Caramuel es també un prolífic observador: fa esment de les novetats que el telescopi ha anat revelant al llarg del segle, compta amb detallades observacions de la Lluna i para especial atenció a l'aspecte canviant de Saturn, un dels problemes més apressants de l'astronomia finisecular.

La obra de Juan Caramuel Lobkowitz (1606-1682) dedicada a la astronomía, representa uno de los intentos de asimilación de la astronomía europea en el ámbito hispánico del siglo XVII. Su ingente obra está caracterizada por el cultivo del enciclopedismo, por la búsqueda de una unidad sistemática para la ciencia y por el contacto con las nuevas corrientes científicas, derivado de su itinerancia permanente. El pensamiento astronómico de Caramuel, expuesto en el monumental Cursus Mathematicus (1670), incluye la adopción del sistema de Tycho Brahe y la investigación de las causas físicas del movimiento planetario para tratar de resolver el problema de la dinámica que surge al adoptar la cosmología de los cielos fluidos. Caramuel también es un prolífico observador: menciona las novedades que el telescopio ha ido revelando a lo largo del siglo, cuenta con detalladas observaciones de la Luna y dedica una especial atención al aspecto cambiante de Saturno, que constituyó uno de los problemas más acuciantes de la astronomía finisecular.

JUAN CARAMUEL LOBKOWITZ (1606-1682) és una figura que assumeix plenament el caràcter exuberant i poc seré que tòpicament sol atribuir-se al període barroc. La major part de la seua vida, la passà a Bohèmia i a diferents localitats dels dominis espanyols d'Itàlia. A pesar de la seua continuada connexió amb els problemes del país, i de l'"espanyolisme" de la seua obra, ni la seua biografia, ni la seua producció científica poden ser considerades pròpiament com a integrades en la realitat social espanyola de la seua època. Precisament com a "espanyol fora d'Espanya", pogué gaudir d'una independència de criteri i d'un coneixement dels nous corrents europeus, excepcionals entre els intel·lectuals residents al país.

La seua producció escrita, famosa per l'extraordinari nombre de títols que comprén com també per la diversitat de matèries tractades, és dedicada en bona part a la teologia i a diversos temes religiosos o eclesiàstics. Inclou així mateix estudis de musicologia, de gramàtica i d'estètica, textos de caràcter polític i històric, a més d'obres de contingut filosòfic i científic.

L'interés de l'obra científica de Caramuel rau en el fet que estigué oberta a les noves tendències relativament prompte i constituí un dels primers ponts de comunicació entre els corrents moderns europeus i l'ambient científic espanyol pel que fa a qüestions matemàtiques, astronòmiques i físiques.¹

L'extensa producció literària del cistercenc Juan Caramuel Lobkowitz ja ha estat estudiada des de diversos punts de vista. Hi ha hagut diferents aproximacions a la seua obra matemàtica, però encara manca una anàlisi del seu pensament astronòmic.² El present treball tracta de ser una primera aproximació a l'obra astronòmica del prolífic autor, mitjançant l'estudi de la part dedicada a l'astronomia de la seua monumental *Mathesis biceps* (1670) i també de l'epistolari publicat arran de la polèmica sobre el presumpte descobriment de nous satèl·lits al voltant de Júpiter (*Novem stellae circa Iovem detectae*, 1643).

Juan Caramuel va nàixer a Madrid el 23 de maig de 1606 i des de ben jove demostrà una extraordinària aptitud per a les matemàtiques i les llengües.³ Als 17 anys decidí seguir la carrera eclesiàstica, i optà per l'Orde del Císter. El 1625 féu la seua professió monacal al Real Monasterio de la Espina de Valladolid i després d'una labor docent d'alguns anys als col·legis de l'Orde, i de formació teològica a Salamanca, el 1632 assistí a Lovaina a classes de matemàtiques i el 1635 participà com a enginyer i cap d'obres en la defensa de la ciutat davant l'atac dels holandesos i francesos.

La seua estada a Lovaina li permeté, d'altra banda, entrar en contacte amb alguns dels principals matemàtics europeus com Michael Florent Van Langren, E. Van der Put, Gottfried Wendelin. Així mateix inicià el con-

¹ López Piñero (1979), pp. 436-38. Fet i fet, la posició d'avançat i el prestigi de Caramuel foren aprofitats indirectament pels novadors. Josep Chafrión, destacat enginyer militar i un dels deixebles indirectes de Saragossà, fou de més a més deixeble de Caramuel a Roma, i n'heretà una rica biblioteca. Vegeu Navarro (1985), p. 44.

² Els primers estudis de l'obra matemàtica de Caramuel es troben a Fernández (1919) i a Sánchez (1935). Les contribucions originals a la matemàtica del cistercenc han estat subratllades per Garma (1978). Es dona notícia del seu tractat d'Arquitectura a Florensa (1929), mentre Ceñal descriu l'epistolari de Caramuel amb Kircher a Ceñal (1953). Més dades sobre Caramuel es poden trobar a Ceysens (1961), a López Piñero (1969) i per als aspectes biogràfics cal destacar sobretot Velarde (1989). A Pastine (1975) s'hi troba l'anàlisi dels escrits filosòfics de Caramuel i a Torrini (1990) s'hi estudia la relació de l'autor amb l'acadèmia napolitana dels *Investiganti*.

³ Els aspectes biogràfics de Caramuel es poden trobar a Ceysens (1961), Pastine (1975), Velarde (1989) i també Batllori (1990).

tacte epistolar amb Pierre Gassendi, Anton Maria Schyrllaeus de Rheita, Marcus Marci, Athanasius Kircher i Marin Mersenne, i publicà algunes obres de contingut astronòmic. En les *Coelestes Metamorphoses* (1639), Caramuel recollí diverses observacions sobre la forma dels planetes i les seues variacions. Gassendi el felicità per haver observat de manera segura el diàmetre de la Lluna, Venus i altres planetes, en especial, Saturn.⁴ És la primera obra de contingut astronòmic i, segons Cotarelo, Caramuel es fa càrrec, encara que siga per a rebutjar-la, de la primera llei de Kepler.⁵ Cinc anys més tard, Caramuel publicà a Lovaina un tractat de rellotges solars titulat *Solis et artis adulteria*.

Amb Van Langren compartí instruments astronòmics i li confià les seues conclusions sobre les oscil·lacions del pèndol.⁶ Amb Marci discrepà respecte a la llei de caiguda de greus, ja que Marci seguí Galileu i Caramuel mantenia que la llei galileana només era vàlida fins als cent peus d'altitud. Les idees de Caramuel sobre la caiguda de greus foren tractades a l'opuscle titulat *Sublimium ingeniorum crux* (Lovaina, 1642).

Publicà el 1634 a la mateixa ciutat *De perpendicularorum inconstantia*, on defengué l'opinió de Descartes respecte a les causes que produïen perturbacions en el pèndol.⁷ A la *Mathesis Audax*, publicada el 1644, exposà els fonaments lògics de les ciències, a més de tractar qüestions astronòmiques i problemes físics.

El 1644 Felip IV nomenà Caramuel abat del monestir cistercenc de Disenberg, al Palatinat del Baix Rin, sota domini espanyol. En la batalla de Praga (1648), Caramuel defensà la causa imperial amb aportacions econòmiques, exhortant a la lluita, i amb l'organització de fortificacions. Una vegada establerta la pau europea, continuà amb la seua activitat intel·lectual: el 1649 es trobava a Viena i renovà la correspondència amb Rheita i Kircher, entre d'altres.

El 1649 fou nomenat vicari general pel cardenal primat de Bohèmia i compaginà el govern del monestir amb una intensa activitat missionera, basada en la instrucció religiosa amb el referent de l'obra dels jesuïtes, el mètode d'apostolat dels quals posà com a exemple.⁸ Sembla que en aquests anys publicà algunes efemèrides segons el meridià de Praga. Mentrestant la seua *Theologia Moral* fou atacada i s'acusà Caramuel

⁴ Velarde (1989), p. 66. Carta de Gassendi a Caramuel, de l'11 de juny de 1644. Gassendi *Opera* VI, p.190.

⁵ Corarelo (1935), p.100.

⁶ Caramuel (1670), pp. 1598 i 1709, respectivament.

⁷ Garma (1983).

⁸ Al llarg de les últimes dècades una sèrie d'estudis han posat de relleu la importància dels jesuïtes en el desenvolupament de l'activitat científica a l'Europa catòlica al llarg del segle XVII. Una àmplia bibliografia es pot veure a Harris (1988) i a Baldini (1992). A Espanya, cal destacar el paper del Colegio Imperial de Madrid en la transmissió de l'astronomia moderna. Vegeu Navarro (1996).

de laxista i de probabilista. Veié perillar la seua carrera eclesiàstica i acudí a la cort pontifícia per buscar la protecció del seu vell amic Fabio Chigi. A la congregació de l'Índex arribà un expedient amb 20 proposicions extretes de la *Theologia Moral* per tal de sotmetre-les a examen. El 1655 Chigi es convertí en el papa Alexandre VII i això fou suficient perquè minvaren els atacs i les acusacions.

El 1654 Caramuel s'establí a Roma, i s'introduí als cercles científics i literaris de la ciutat. La influència dels jansenistes –contraris a les tesis que Caramuel havia exposat a la *Theologia moral*–, la complicada diplomàcia vaticana i el debilitament del suport d'Alexandre VII, feren que les aspiracions de Caramuel quedaren reduïdes a la concessió d'un bisbat del regne de Nàpols, la qual cosa en realitat era més un desterrament que una recompensa. El bisbat atorgat comprenia les diòcesis de Campània i Satriano, pobres de recursos i situades en un terreny muntanyós i poc poblat. El nomenament, que tingué lloc el 1657, obligà Caramuel a renunciar a tots els títols i dignitats que encara posseïa als dominis imperials. A Nàpols, de camí cap a la seua nova destinació escrigué: “todo es oscuro horrido e inculto en estos asperos montes”.

A Sant Angelo Caramuel posà remei a la solitud intel·lectual amb l'establiment d'una impremta per tal de poder traure a la llum els seus manuscrits. De fet, la seua nova vida possibilità que els quinze anys d'estada al regne de Nàpols foren els més fecunds en la seua producció i sistematització intel·lectual.

Contactà amb la Universitat de Nàpols i tingué accés a l'Acadèmia dels *Investiganti*, fundada cent anys abans, on podia tornar a discutir sobre qüestions filosòfiques i físiques, i on s'adoptaren procediments experimentals.⁹

En la carta que Caramuel envià a Marci el 1664 apareixien les directrius del mètode a seguir en les ciències físiques, que era el practicat a l'Acadèmia dels *Investiganti* de Nàpols: en primer lloc era necessari deixar de costat les controvèrsies entre escoles i els arguments d'autoritat. Es deixaven de banda igualment les dificultats teològiques i es tractaven únicament les qüestions físiques, amb la indagació de la naturalesa i les propietats de la substància material. Es proposaven experiments, dels quals se'n discutia la certesa, i si donaven resultat, se n'investigaven les causes. Les conclusions s'establien al marge de l'acord amb una o altra escola. La pràctica del mètode fou descrita detalladament per Caramuel en la investigació que els acadèmics napolitans realitzaren al llac Agnano.¹⁰

⁹ L'arribada de Caramuel a Nàpols com a bisbe de Campània i Satriano coincidí amb un període extraordinari de renovació de la cultura científica i filosòfica napolitana. Vegeu Torrini (1990).

¹⁰ Caramuel (1670), pp. 679 i següents. Velarde (1989), p. 156.

Abans que entrara en funcionament la impremta episcopal, Caramuel havia publicat a Roma la *Metametrical*, on exposava l'ordenació i divisió de les arts i les ciències en cinc *cursus*: *Cursus Artium Humanarum*, *Cursus Mathematicarum Facultatum*, *Cursus Philosophiae*, *Cursus Theologiae* i *Cursus Ethicus seu Moralis*.

El primer curs, anomenat també *Primus Calamus*, es repartia en tres toms: la *Grammatica*, la *Rhythmica*, i la *Metametrical*. Caramuel començà pel tercer tom, en no disposar dels caràcters per a poder imprimir les gramàtiques, que es conserven manuscrites a l'arxiu capitular de Vigevano. La *Metametrical* és el primer tom imprès (Roma, 1663) i segons Caramuel era la disciplina que buscava determinar la significació figurativa del llenguatge. La *Rhythmica* es publicà en primera edició a Sant Angelo el 1665, i estudia els diferents tipus de versificació. Constitueix un text fonamental per a la història de la crítica literària i teatral espanyola.

El 1667 començà l'elaboració del projectat *Cursus Mathematicus*, que constava de quatre toms: *Mathesis Vetus, novis operationum compendibus & demonstrationibus dilucidata*, *Mathesis Nova, veterum inventis confirmata*, *Mathesis Architectonica*, i *Mathesis Astronomica*. En tres anys de treball intens els dos primers toms foren editats a Campània els 1670, amb el títol de *Mathesis biceps*.

A la cort de Madrid, una vegada mort Felip IV, la junta que s'encarregava del govern fins a la majoria d'edat de Carles II, estava formada entre d'altres, pel comte de Peñaranda, amic de Caramuel. El cistercenc cridà l'atenció sobre la penosa situació en què es trobava, i dirigí una "súplica" a la reina regent. Tal vegada per la influència del seu amic el comte, obtingué la gràcia de la cort de Madrid de la concessió del bisbat de Vigevano, al Milanesat, on posà en pràctica els seus coneixements sobre arquitectura: reformà el palau episcopal i erigí una nova façana per a la catedral, completà els pòrtics de la plaça major i li donà una configuració rectangular, que la feu més harmoniosa. Les seues idees arquitectòniques, mencionades a la *Mathesis biceps*, apareixen exposades amb profusió a l'*Arquitectura civil, recta y obliqua*, publicada a Vigevano entre els anys 1678-79. L'obra fou escrita en castellà, perquè a Espanya, "los grandes ingenios se pierden en componer fabulas, comedias y poemas".

Caramuel morí el setembre de 1682 i els funerals foren celebrats a diverses universitats europees. Fou sepultat a la catedral de Vigevano i, una vegada acabats els funerals, el capítol feu inventari de les possessions del bisbe difunt. L'abundant biblioteca fou subhastada i adjudicada al bisbe de Pavia. El xantre de la catedral, Giovanni Maria Ferraria adquirí un bon nombre d'obres impreses de Caramuel, les quals es conserven a la

biblioteca del seminari de Vigevano. Els manuscrits en part foren retirats per curiosos i en part conservats a l'arxiu capitular.

El gruix de l'obra astronòmica de Caramuel es troba inclòs a la seua *Mathesis biceps* (1670), constituïda pels dos primers toms del *Cursus mathematicus*, ja que el quart tom del *Cursus mathematicus* projectat inicialment, i que havia d'estar dedicat íntegrament a l'astronomia, no sembla que arribara a ser publicat.¹¹

El primer tom, la *Mathesis Vetus*, conté els quatre apartats que tenen com a títols respectius *arithmetica*, *algebra*, *geometria generalis* i *geometria specialis*. El tom segon, la *Mathesis Nova*, inclou sis parts: la *logarithmica*, la *combinatoria*, la *trigonometria generalis*, el *circinus mathematicus*, la *mechanica* i l'*interim astronomicum*. El tercer tom és la *Mathesis Architectonica*. La traducció al castellà, amb el títol *Arquitectura civil, recta y obliqua*, fou publicada a Vigevano entre els anys 1678-79. El quart tom havia de ser la *Mathesis Astronomica*.¹²

La *Mathesis biceps* mostra al llarg de les seues 1800 pàgines, la vastíssima erudició de Caramuel i constitueix una autèntica enciclopèdia de les ciències. Es recullen coneixements dels antics i s'hi exposen, discuteixen o corregeixen les aportacions dels moderns, amb la inclusió d'observacions astronòmiques, experiments, invencions i disputes amb altres autors.

No són molts els arguments de la *Mathesis biceps* que revelen originalitat en el mètode o en el contingut, si exceptuem les aportacions a la matemàtica.¹³ La *Mathesis* pot ser vista com un repertori, en què l'estudiós hi pot

¹¹ En l'inventari que fa Caramuel a la *Mathesis biceps* de les seues obres publicades, no hi consta. En els repertoris consultats, Palau (1948-77) fa referència a sengles edicions (43562 i 43563) del *Cursus mathematicus* sencer, a Praga (1649), i a Sant Angelo (1664). Dubtem de l'existència d'aquestes edicions ja que Caramuel no les esmenta en l'índex de les seues obres, publicat el 1670. Fernández de Navarrete (1851: vol. I, pag 197), curiosament també assegura que el *Cursus mathematicus* fou editat complet, entre els anys 1667 i 1678. La tercera part de l'obra tal com fou projectada inicialment, que Caramuel traduï al castellà, l'*Arquitectura civil recta i obliqua*, apareix a tots els repertoris consultats: Palau (1948-77), referència 43.565, Fernández (1851), I, p. 197, Zamora i Ponce (1947), ref. 69 i Sánchez (1929), p. 66.

Tampoc a l'inventari de manuscrits de Caramuel elaborat per Velarde no hi ha constància de cap que porte per títol *Mathesis astronomica*. Velarde (1989).

¹² Vegeu nota anterior. Com el mateix Caramuel explica en l'inventari de les seues obres a la *Mathesis biceps* (1670), la *Mathesis Astronomica* havia de discutir el sistema del món i mostrar la quietud de la Terra. L'obra s'havia de dirigir després a cadascun dels planetes, seguint la *Progymnasmata* de Tycho. Caramuel afirmava en aquesta descripció de la seua obra que, després d'haver consumit moltes nits, i desconfiat finalment de poder aclarir les teòriques dels planetes mitjançant les matemàtiques, havia de recórrer a les causes físiques. La descripció d'aquest quart tom del seu curs matemàtic acabava amb la referència a la *Uranometria*, en la qual serien examinades i rebutjades les nocions dels antics, i els radis de les esferes celestes i les distàncies planetàries a la Terra serien mesurades. Com hem dit, l'única notícia relativa a la *Mathesis astronomica* és la que dona Caramuel a la *Mathesis biceps*.

¹³ Caramuel fa un estudi complet dels sistemes de numeració, exposa la teoria del nombre

trobar un tractament més o menys difús de les diferents disciplines. La citació freqüent dels autors més notables i recents pot fer servir l'obra com a una útil bibliografia.

La *Mathesis biceps*¹⁴ conté les disciplines que actualment qualificariem com a matemàtiques (aritmètica, geometria, àlgebra i anàlisi, anomenades *pura mathesis*), i també les matemàtiques aplicades o mixtes, *mathesis mixta*, les quals incloïen sovint matèries com l'astronomia, l'òptica i la perspectiva, la música, la mecànica i la hidràulica, la geometria aplicada (agrimensura i topografia), la geografia, la nàutica i l'art de les fortificacions.¹⁵

El sintagma desé de la *Mathesis biceps*, titulat *Interim astronomicum* conté les qüestions relatives a l'astronomia. Caramuel explica a les primeres pàgines la raó del títol del sintagma astronòmic, que fa referència a l'edecte de Carles V, titulat *interim*, que pretenia encetar un període de treva i reflexió en les guerres religioses. Caramuel, amb un cert instint polític, té la intenció de contribuir a l'asserrenament de les disputes vigents en matèria astronòmica.

L'Astronomia pràctica

Els coneixements de Caramuel relatius a l'astronomia observacional, els referits als nous descobriments que havia anat desvetlant el telescopi i la capacitat del cistercenc com a observador es poden constatar a l'article III de l'*Interim*, anomenat "pràctic",¹⁶ i també a l'epistolari que l'autor publicà el 1643, i més endavant a la *Mathesis*.

La base de la mesura celeste des de l'Antigüitat havia estat referida a les relacions matemàtiques existents entre el centre, el radi i els punts del cercle. Els instruments astronòmics renaixentistes tractaven d'aconse-

sencer en forma analítica, introdueix el cologarisme, exposa d'una forma completa i moderna la combinatòria i estudia i resol els problemes que es plantejaren inicialment en el càlcul de probabilitats. Tot i que les seues contribucions no formen un cos doctrinal, serviren per a perfeccionar i completar els descobriments assolits fins al moment pels matemàtics europeus del segle XVII. Vegeu Garma (1978)

¹⁴ L'exemplar de la *Mathesis biceps* que hem consultat es troba enquadrat en tres volums, custodiats a la Biblioteca Nacional de Madrid amb signatures 3/63044, 3/63045, 3/63046 respectivament.

¹⁵ Als col·legis jesuïtes aquestes disciplines eren incloses al programa del trienni filosòfic i estudiades paral·lelament amb la filosofia natural. Aquesta divisió responia a la concepció de la matemàtica, que estudiava qualsevol qüestió relativa a la mesura, mentre les causes de les lleis naturals eren examinades per la filosofia natural. Així, l'estudi de les òrbites planetàries, les lleis de l'estàtica, l'òptica o la hidràulica, enteses com a anàlisi purament mètrica, eren abordades per la matemàtica, mentre que l'origen del comportament dels cossos, que determinen les lleis citades, eren objecte d'estudi de la filosofia natural. Vegeu Baldini (1992), pp. 335 i ss. i Pastine (1975), pp. 264 i ss.

¹⁶ Caramuel (1670), pp. 1361-1383.

guir mesures precises amb un conjunt de principis euclidians que funcionaven en estructures de fusta i metall. El nivell de precisió de l'instrument depenia de la cura amb què es dividira l'escala graduada que permetia mesurar la posició d'un astre al cel. Així, la precisió amb la qual els artesans podien graduar les escales dels instruments observacionals resultava determinant per a la recerca, ja que eren necessaris cúmuls de dades posicionals d'estrelles i planetes que permeteren elaborar hipòtesis que representaren els moviments observats dels astres. La història de l'astronomia entre 1500 i 1850 contempla desenvolupaments crucials en la manufactura d'instruments entre els quals trobem l'adaptació d'escales diagonals en els instruments d'observació, efectuada per Tycho Brahe (que permetia llegir fraccions menudes de grau), el telescopi, i el micròmetre que s'hi associà al tercer quart del segle XVII. L'ús d'aquest aparell incrementà de manera decisiva el poder resolutiu dels instruments astronòmics.¹⁷

Caramuel al seu apartat de la *Mathesis* dedicat als instruments astronòmics es refereix repetidament a la precisió assolida pels instruments de Tycho i reclama la necessitat d'instruments acurats i d'observadors hàbils: de res no val la subtileza de l'aparell si l'ull de l'observador és obtús. Es refereix en particular al quadrant, un dels instruments clàssics de l'astronomia, amb el qual Tycho havia aconseguit mesurar posicions dels objectes celestes amb una precisió sense precedents, gràcies a l'adaptació de les escales transversals. Explica els errors que es poden cometre amb l'ús inadequat del citat instrument i esmenta l'ús d'un diafragma per tal de corregir les aberracions cromàtiques que es produeixen en un telescopi, com havia exposat Huygens.¹⁸ Defensa la isocronia de les oscil·lacions pendulars per a angles menuts, i exposa la utilització del pèndol com a instrument de mesura del temps en l'observació astronòmica, fent referència al rellotge de pèndol ideat per Huygens el 1650.

Proposa un mètode per a mesurar el diàmetre lunar, ja que les estimacions de Tycho, d'un diàmetre de 33 minuts, comportaven un error d'un minut. Caramuel compta amb un telescopi fermament estalonat en una columna, de manera que l'ocultació de l'astre per una torre o edifici pugui ser convenientment observada, a la vegada que es mesura el temps de l'ocultació mitjançant les oscil·lacions del pèndol. La precisió de la mesu-

¹⁷ La influència de Tycho al segle XVII fou profunda i afectà tant l'astronomia teòrica com la pràctica: elevà el límit de precisió de les mesures de manera que mentre errors de fins a 10' eren considerats instrumentals per Ptolemeu, Tycho reduí l'error admissible a 1'. Ho aconseguí amb la construcció d'instruments de gran precisió, amb una observació sistemàtica i regular de les posicions dels astres i amb una escrupolosa repetició i comprovació de les mesures realitzades, que permeté acotar els errors instrumentals i humans. Sobre els instruments de Tycho i les millores introduïdes en els instruments astronòmics al llarg del segle XVII vegeu Wesley (1978), Chapman (1995) i Chapman (1996).

¹⁸ Huygens revela aquest mètode al seu *Systema Saturnium* publicat el 1659. Vegeu McKeon (1971), p. 237.

ra es basa a més en la instal·lació en la ullera d'una anella amb cabells fins equidistants a mode de reticle, *rete opticum*. Amb aquest procediment les estimacions del diàmetre lunar tenen un error de segons. Permet igualment determinar amb precisió la distància de la Terra a la Lluna, les distàncies entre els satèl·lits de Júpiter i les dels satèl·lits respecte al planeta.

La mesura del diàmetre dels objectes celestes va ser un dels problemes que més preocuparen els astrònoms a l'inici del segle XVII.¹⁹ El micròmetre tenia com a finalitat la mesura dels citats diàmetres aparents dels cossos celestes i fou el primer instrument de precisió aplicat al telescopi. L'adaptació d'instruments graduats a la mira telescòpica fou realitzada per primera vegada per Gascoigne el 1640, si bé el procediment no es generalitzaria fins a dues dècades més tard. A la dècada de 1660 la utilització d'enreixats situats al focus del telescopi (de l'estil del de Caramuel) era pràctica habitual entre els astrònoms. Vicent Mut mesurà el 1653 els diàmetres aparents de diversos planetes amb un telescopi de tipus kepleriana que comptava amb una retícula de fils situada al focus de l'aparell.²⁰

Sembla que l'instrument que descriu Caramuel més que un vertader micròmetre (amb la retícula al focus del telescopi), és un micròmetre embrionari amb la retícula situada prop de l'ocular, semblant a l'utilitzat per Eustachio Divini.²¹ El procediment explicat per Caramuel, que consisteix a fixar el telescopi de manera que es pugui observar l'ocultació de l'astre del qual es vol mesurar el diàmetre per una torre o un altre tipus d'obstacle i mesurar-ne el temps, ja havia estat esmentat per Galileu dècades abans.²² En qualsevol cas, Caramuel experimentà amb els seus aparells l'increment decisiu del poder de resolució que suposava la incorporació del micròmetre al telescopi, el qual assegurava obtenir mesures del diàmetre lunar que comptaven amb un error de l'ordre dels segons.

En carta a Gassendi, emesa el 8 de juliol de 1644,²³ Caramuel també exposa la seua tècnica per tal d'observar els diàmetres dels astres. Per al Sol i la Lluna recomana, com anteriorment, mesurar el temps que el cos en qüestió tarda a transitar un obstacle (edifici o corda rotunda). Per a mesurar el diàmetre dels planetes cal un "tub de nova fàbrica" del qual en dona alguns detalls per a la manufactura: del "millor" vidre es talla una lent convexa que ha de respondre a la proporció d'un cercle de

¹⁹ Vegeu Van Helden (1994), i McKeon (1971).

²⁰ No obstant això, segons McKeon la idea de situar fils o retícules al focus, no es difondria a Europa fins després de la publicació del *Systema Saturnium* de Huygens (1659). Vegeu Navarro (2001), p. 13.

²¹ McKeon (1971), pp. 234-236.

²² Vegeu MacKeon (1971), pp. 227-228.

²³ Caramuel (1670), pp. 1.450-55.

radi de quasi tres peus. La lent s'ha de muntar en un tub que tinga en la part oposada una làmina perforada.

Per a l'observació dels diàmetres solars i lunars proposa un muntatge alternatiu a l'església de St. Pancraci, amb una làmina perforada instal·lada en una finestra de l'edifici, que permeta la projecció de la imatge de l'astre en la superfície horitzontal de l'immoble. La imatge del Sol projectada el dia del solstici permet el càlcul del diàmetre aparent de manera senzilla. Caramuel no dona massa detalls del procediment, i diu que en donarà més a l'apartat dedicat als instruments astronòmics. No adjunta tampoc els valors del diàmetre solar obtinguts. Suposem que aquest apartat estaria inclòs a la *Mathesis astronomica* que, com hem dit adès, no tenim constància que arribara a ser publicada. En carta enviada a Rheita el 1643, Caramuel adverteix de la dificultat de fer mesures precises del diàmetre solar ja siga a partir d'observacions telescòpiques o amb làmines perforades.

En tot cas, el procediment esbossat per a mesurar el diàmetre solar aprofitant les característiques arquitectòniques d'esglésies i palaus, era utilitzat pels astrònoms contemporanis. Cassini convertí San Petronio (Bolonya) en un observatori solar, amb la construcció d'una gran meridiana, que fou completada el 1655. L'estudi de les imatges del disc solar projectades al sòl de San Petronio, li permeté estimar el diàmetre aparent del Sol en $31'8''$.²⁴

L'epistolari de Caramuel de tema astronòmic, es concentra en sengles polèmiques relacionades amb les observacions telescòpiques relatives als satèl·lits de Júpiter i a l'aspecte de Saturn. En parlem a continuació.²⁵

Les Novem stellae circa Iovem detectae

Es tracta d'un llibret publicat en dotzau a Lovaina el 1643 per Caramuel²⁶ que conté el seu epistolari al voltant de la controvèrsia que es generà arran del presumpte descobriment el 1642 per part del frare caputxí

²⁴ Els detalls de la contrucció de la meridiana a San Petronio es poden veure a Heilbron (1999), pp. 112 i ss. Riccioli i Grimaldi donaven un valor de $31'0''$ en l'*Astronomia Reformata* per al diàmetre solar aparent a l'apogeu. Així, mitjançant les observacions realitzades a l'església de San Petronio, en el cor dels estats papals, els jesuïtes confirmaven la bisecció de l'excentricitat en la teoria solar.

²⁵ No hi ha un estudi complet de l'epistolari de Caramuel, ja que moltes de les seues obres han restat manuscrites. Ceñal es restringeix a l'epistolari amb Kircher, mentre el treball de Ceysens se centra en l'intercanvi entre Caramuel i Fabio Chigi. Velarde (1989), p. 162.

²⁶ Es pot consultar a la Biblioteca Nacional de Madrid amb signatura 7/15828. Aquesta obra apareix amb un títol lleugerament diferent a l'índex que Caramuel fa de les seues obres a la *Mathesis biceps: De novem syderibus circa Iovem visis*. Caramuel especifica que l'obra tracta dels satèl·lits detectats al voltant de Júpiter, Saturn i Mart pel caputxí Rheita.

Anton Maria Schyrllaenus de Rheita de 5 nous satèl·lits al voltant de Júpiter, que calia afegir als medicus descoberts per Galileu. Les cartes serien més tard publicades a la *Mathesis biceps*, la qual cosa permet apreciar una certa evolució del punt de vista de Caramuel entorn de la qüestió.²⁷

La primera mostra de la relació epistolar entre Caramuel i Rheita, la tenim en la sisena carta (que és la segona en ordre cronològic de les recollides al llibret), enviada pel cistercenc el 16 de març de 1643.²⁸ Caramuel té coneixement de les observacions de Rheita de Mercuri, Mart i Saturn a través de les cartes que el caputxí ha enviat a Van der Put, i afegeix que, tot i estar mancat de l'instrument que diu haver inventat Rheita, en té d'altres que li han permès observar la Lluna, i també Saturn, amb detall. Caramuel confessa que al llarg de l'hivern l'ha vist sempre redó, i no ha pogut distingir cap dels seus companys.²⁹ Descriu l'aspecte de Mart i Júpiter i no observa satèl·lits de l'últim. Caramuel afegeix que tampoc ha vist mai els satèl·lits de Mart.

Rheita és considerat un dels fundadors de l'òptica tècnica. Amb la tecnologia que desenvolupà per a la fàbrica dels instruments, el telescopi passà de ser un enginy imperfecte a un eficient instrument de recerca.³⁰ Per una banda, millorà sensiblement el mètode de pulimentació de les lents i per altra, introduí un ocular compost per tres lents, que permetia comptar amb un camp de visió molt major que el dels telescopis galileians. Aquest ocular permetia també una major nitidesa en les observacions, respecte de la que s'obtenia amb telescopis que incorporaven oculars keplerians.

La Lluna ha estat objecte especial de la seua atenció, continua Caramuel en la seua carta a Rheita, i afirma que té intenció de publicar un mapa lunar amb làmines òptimes, on cada muntanya mesurada tindrà el nom d'un amic, entre els quals es troba el promontori Rheita. Les observacions telescòpiques de la superfície lunar realitzades per Caramuel foren conegudes pels seus contemporanis i, en diferents ocasions, com en aquesta carta, Caramuel parla del seu projecte de configurar un mapa lunar, l'edició del qual no sembla que s'arribara a materialitzar.³¹ La dècada del

²⁷ Caramuel (1670), pp. 1.586-1.614.

²⁸ Caramuel (1670), pp. 61-64. Epistola V a Caramuel (1670), pp. 1.598.

²⁹ L'estrany aspecte de Saturn constituí un dels principals trencaclosques de l'astronomia del segle XVII. La major part dels autors assumien que es tractava de dos satèl·lits situats a la dreta i a l'esquerra del planeta, fins que Huygens trobà el 1659 la interpretació satisfactòria. Vegeu Van Helden (1989a), p.84, i Van Helden (1994), pp. 20 i ss.

³⁰ Sobre les millores efectuades per Rheita en la manufactura dels telescopis, vegeu Willach (2001).

³¹ En carta a Rheita el 22 de maig de 1643, que és transcrita més endavant, diu Caramuel que prepara una *Heliografia* que editarà immediatament després de la *Selenografia*. Així mateix en fa menció en carta a Kircher el 26 de juliol de 1644. La correspondència amb Kircher es pot veure a Ceñal (1953), pp. 122-25. Respecte al coneixement de les observacions

1620 s'encetaren sengles programes d'observació lunar independents. Un fou iniciat per Pierre Gassendi i Nicolas Claude Fabri de Peiresc i es veié interromput per la sobtada mort del segon. L'altre el portà endavant Michael Van Langren, qui és considerat autor del primer mapa lunar. Whitaker afirma que Van Langren va començar aquesta tasca en sentir parlar dels projectes de cartografia lunar d'Hevelius i Caramuel respectivament, i que accelerà el treball cap al 1643, en ser conscient que tant Hevelius com Caramuel se li podien avançar en la publicació d'un document selenogràfic. El cas és que el mapa lunar i la nomenclatura de Van Langren veieren la llum el març de 1645. Dels 325 noms que Van Langren proposà per als accidents geogràfics de la superfície lunar, 168 han sobreviscut fins avui. Podem dir com a curiositat que en resposta al requeriment de Jean Charles della Faille (professor del Colegio Imperial de Madrid que desenvolupà una notable activitat científica), la nomenclatura de Van Langren inclogué un promontori dedicat a St. Vicent Ferrer.³²

Gassendi s'assabentà igualment del projecte de cartografia lunar de Caramuel i compartí les seues observacions amb el cistercenc, però ni la seua nomenclatura ni la de Gassendi progressaren, ja que els anys següents es publicaren diversos mapes lunars i sistemes de nomenclatura més exhaustius.³³

La següent carta continguda a les *Novem stellae circa Iovem detectae* té data de 24 d'abril de 1643, i ací Rheita comunica directament a Caramuel la descoberta dels cinc nous satèl·lits al voltant de Júpiter.³⁴ Les seues posicions relatives al llarg del període d'observació són representades esquemàticament al final de la missiva i l'autor ja avança que no es pot tractar d'estels fixos, per la variació de les posicions. Confiat en la descoberta, Rheita explica a Caramuel que, tot i la seua perspicàcia, el docte cistercenc no ha pogut detectar-los perquè és necessari l'ús del nou telescopi que ell mateix ha inventat, del qual no dóna més detalls, i amb el qual és possible captar tots els satèl·lits de Júpiter i Saturn, mentre que amb el galileà només se'n veuen una part.

Només sis dies després respon Caramuel a Rheita amb la intenció de comentar i puntualitzar les observacions del caputxí.³⁵ Quant a l'afirmació que les estrelletes detectades al voltant de Saturn i Júpiter són

lunars de Caramuel per part dels astrònoms contemporanis, vegeu Whitaker (1989), pp.127-143 i Whitaker (2000), pp. 34 i ss.

³² Whitaker (2000), p. 39. Van Langren, cosmògraf del rei d'Espanya a Brussel·les, aspirava al premi ofert pels reis espanyols per a qui solucionara el problema de la determinació de la longitud a la mar. Les cartes que della Faille dirigí a Van Langren reflecteixen l'amplitud d'interessos científics del jesuïta. Vegeu Navarro (2002).

³³ Analitzem més endavant la carta en la qual Gassendi ofereix a Caramuel les seues observacions lunars. Caramuel (1670), pp.1456-58.

³⁴ Caramuel (1643), pp. 65-80. Epistola VI a Caramuel (1670), pp. 1599-1601.

³⁵ Caramuel (1643), pp. 91-108. Epistola VII a Caramuel (1670), pp. 1601-04.

satèl·lits de sengles planetes, Caramuel objecta que els moviments estimats de les que envolten Saturn no són prou determinants com per a distingir-les de les fixes. Caramuel li comunica el desig de provar el nou instrument, ja que el que ell té produeix aberracions diverses que obstaculitzen la visió de tantes meravelles.

Les últimes pàgines de la missiva són dedicades a contar algunes observacions pròpies. Respecte a les taques solars, en comenta l'opinió de diversos autors i explica que les seues observacions li fan pensar que, si es tracta de cossos externs al Sol, són molt pròxims a la seua superfície i no s'oblida de fer notar els enganys que pot ocasionar l'òptica, tals com reflexions o irisacions que produeixen falses imatges. El tema de les taques solars és tractat per Caramuel en diverses ocasions a la *Mathesis*, com la referida a una discussió en la universitat de Friburg el 1627 entorn del seu moviment. Caramuel explica que Charles Malapert defensà en aquella ocasió que es tractava de vertaderes estrelles que es movien a prop del Sol, mentre Georg Schönberger argumentà que els estels eren esfèrics, i les taques adoptaven, per contra, formes irregulars. El cistercenc adjunta la descripció de dues de les taques, de magnitud insòlita, que varen ser vistes el 1622 pel mateix Schönberger a Friburg, i per A. Tanner i J.B. Cysat a Ingolstad. Caramuel recorda l'opinió kepleriana, que parla de flames i fums emesos pel Sol i fabula una curiosa teoria per a explicar el fenomen: les taques solars poden ser illes a l'oceà solar que apareixen i desapareixen segons evoluciona el flux i reflux del fluid solar.³⁶ En la idea de les illes en l'oceà solar hi pot haver una certa influència de l'opinió cartesiana, que establia que les taques solars eren un producte de la matèria en ebullició de la qual estava formada la superfície de l'astre.³⁷

La Lluna mereix una menció especial. Caramuel descriu al seu interlocutor el tub de 8 peus de llarg que va preparar per tal d'observar la cara del satèl·lit. Després de deu anys d'observar-ne els accidents, els ha delineat amb molta cura i espera editar aquests mapes lunars, no sense l'encomi dels amics, als quals els concedirà aparèixer al cel amb els seus noms impresos a cada promontori, muntanya, vall o oceà.³⁸

Consigna a continuació una curiosa observació del Sol, que dibuixa, i que reflecteix les aberracions òptiques que poden produir els instruments. Assegura que no hi ha instrument que no faça patir a l'observa-

³⁶ Caramuel (1670), pp. 1531-1533. Caramuel observa personalment les taques solars sense especificar si utilitza un helioscopi semblant als dissenyats per Scheiner. Els dibuixos que fa de les seues observacions fan pensar, com a mínim, en la utilització d'algun mètode basat en la cambra obscura. En tot cas coneix les opinions contemporànies i participa de les discussions al voltant de la naturalesa d'aquest fenomen.

³⁷ Vegeu Aiton (1972), capítol 3. La influència cartesiana sí es constata clarament en l'aparat dedicat a l'astronomia "oscil·latòria". Vegeu més avall, pp. 117 i ss.

³⁸ Caramuel torna a fer referència al seu projecte de cartografia lunar. Vegeu nota 30.

dor alguns d'aquests enganys, per molt subtil que siga el vidre. A continuació suggereix que les taques fluctuants a l'oceà solar, que ha vist Rheita i que ha interpretat com a estels diferenciats, poden haver estat causats per fenòmens d'aquesta classe. S'acomia de Rheita amb una recomanació: "escriu, no el que van dir els antics, sinó allò que tu veus", i li confirma que ell actuarà de la mateixa manera i li comunicarà les seues observacions, que considere acurades.

Caramuel, com els seus contemporanis, no fa massa referències a les característiques òptiques dels instruments amb què ha efectuat les seues observacions. En la carta que acabem d'esmentar comenta la focal de l'instrument però no parla de les lents utilitzades ni de la procedència de l'aparell (amb tota probabilitat es tractava d'un sistema òptic keplerianà compost per lents convexes a l'ocular i a l'objectiu). Aquest muntatge havia substituït des dels anys 50 el telescopi de tipus galileà pels avantatges que oferia. S'ha argumentat que entre les raons que expliquen el refús dels astrònoms a especificar als seus textos les característiques dels instruments emprats, s'hi pot trobar la dificultat d'utilització, quan no la mancança, d'un llenguatge tècnic d'ús comú que permetera comunicar de manera precisa i inequívoca informació sobre l'instrument usat i la precisió obtinguda.³⁹ No sembla que Caramuel arribara a provar els instruments de Rheita, perquè sens dubte hauria fet referència a les millores que introduí el caputxí en els seus telescopis. L'ocular de tres lents ideat per Rheita depassava clarament el sistema keplerianà i Caramuel no se'n feu ressò.

La carta de Caramuel a Rheita datada el 28 de maig de 1643, que apareix a continuació en el llibret, conté una sèrie d'observacions solars de Van Langren.⁴⁰ Caramuel fa referència a la controvèrsia que existeix en la mesura del diàmetre solar i afirma que els instruments erren en la mesura.⁴¹ Comenta algunes característiques dels aparells utilitzats per Van Langren, i afirma estar preparant l'*Heliografia*, en la qual inclourà també observacions pròpies, que ara no adjunta per a no fer-se llarg, llibre que precedirà l'edició de la *Selenografia*. No tenim notícia de l'edició de cap d'aquestes dues obres, que sens dubte haurien revelat les contribucions de Caramuel a la cartografia lunar de les primeres dècades del segle.

Mentre Caramuel i Rheita mantenien la relació epistolar, en carta a Naudé de l'abril de 1643, Gassendi ja havia emés el seu judici sobre de

³⁹ Vegeu Bonoli (1998), pp. 9-13.

⁴⁰ Caramuel (1643), pp. 109-116. A la *Mathesis* no apareixen amb les altres, ja que no hi tracta de satèl·lits. Es poden trobar a Caramuel (1670), pp. 1.516-18.

⁴¹ L'heliocopi era un instrument utilitzat a sovint. Consisteix a projectar la imatge del Sol en un cambra obscura sobre una superfície plana, normalment un tros de paper. Tycho Brahe la utilitzà i Scheiner la desenvolupà per tal d'observar les taques solars. McKeon (1971), pp. 230 i ss.

les observacions de Rheita.⁴² Gassendi comunicava la inversemblança de la descoberta de cinc nous satèl·lits al voltant de Júpiter i explicava que la imperfecció d'un vulgar telescopi enganyà el caputxí, qui encara va prometre amb un instrument tan pobre la descoberta de moltes altres coses admirables.

Gassendi suggerí que es podia tractar d'estels fixos una vegada analitzades les observacions de Rheita i les seues pròpies, ja que va veure els mediceus el 29 de desembre de 1642, i els que el caputxí cregué descobrir (que anomenà urbano-octavians), que es desplaçaven en sentit contrari. El primer que el feu dubtar de l'existència real de les urbano-octavianes fou que Rheita veié els mediceus occidentals quan eren orientals a la data indicada, cosa que feia pensar que el caputxí no s'havia adonat que el seu instrument invertia la imatge. A més a més, aquest telescopi, en ser binocular, continuava Gassendi, podia haver-li causat problemes de convergència visual, que es traduïen en errors observacionals. La duresa de les crítiques de Gassendi cap a les observacions de Rheita resulta un tant sorprenent. Ja hem comentat la importància de les innovacions tècniques que introduí Rheita en els telescopis a mitjan segle, que milloraren sensiblement la qualitat de les observacions telescòpiques i que exposava amb detall al seu *Oculus Enoch et Eliae* (1645).

Fruit de la comparació entre les pròpies observacions i les de Rheita, i amb l'ús de les efemèrides, Gassendi suggerí que el que havia contemplat pel caputxí eren cinc estels de la constel·lació d'Aquari, de cinquena magnitud. Tot i haver cridat l'atenció sobre l'escassa qualitat de l'aparell emprat per Rheita, Gassendi alleugerí el pes de la seua crítica, afirmant que no era un fet insòlit que les fixes properes a Júpiter pogueren ser preses per satèl·lits. Gassendi jutjà que el caputxí s'havia precipitat en l'anunci de la seua descoberta.

En una breu carta escrita a Lovaina per Caramuel i l'1 de juliol de 1643, el cistercenc es dirigeix a Gassendi i li fa saber que és coneixedor de la publicació del seu judici "civilitzadíssim" que ha escrit amb ploma "doctíssima" sobre els nous estels que envolten Júpiter.⁴³ Caramuel decideix servir la "lloable curiositat" de Gassendi, transmetent-li les cartes astronòmiques que envià a Rheita i les que ell li tornà com a resposta. Gassendi acusa el rebut dels escrits que li ha enviat Caramuel i torna a insinuar que la descoberta de Rheita no és fàcil de ser admesa quan només a través d'un telescopi, el del caputxí, s'ha pogut constatar. Reconeix la importància de les observacions de Caramuel sobre la Lluna i li recorda que ell mateix ha estat observant el satèl·lit al llarg de deu anys i que pot

⁴² Caramuel (1643), pp. 12-59. Epistola III a Caramuel (1670), pp. 1.589-97.

⁴³ Caramuel (1643), p. 60. Epistola IV a Caramuel (1670), p. 1.597.

trobar les seues observacions a la *Vita Peireskii*, publicada el 1641.⁴⁴ Gassendi refereix algunes consideracions sobre la nomenclatura del seu projectat mapa lunar, que són acusades per Caramuel. Alguns dels noms proposats són *Caspia* i *Anti-caspia* (tenen el seu origen en Plutarc, actualment els accidents geogràfics que representen es coneixen per *Mare Crisium* i *Mare Humorum* respectivament), *Hecates Penetralia*, *Mare Eoum* (actualment *Oceanus Procellarum*). Proposa *Mare Occiduum* en lloc d'*Homuncio* o *Tersite* pel grup de "mars" que actualment es coneixen com *Mare Tranquillitatis*, *Mare Nectari* i *Mare Fecunditatis*.⁴⁵

L'última carta que figura en les *Novem stellae circa Iovem detectae* dona fe de l'abast de la controvèrsia: és adreçada el juliol de 1643 per Caramuel a Fabio Chigi, nunci a Colònia i futur AlexandreVII, personatge que esdevindria poderós protector per a Caramuel durant alguns anys. En ella relata els termes de la polèmica defensant la presumpta descoberta de Rheita.⁴⁶ A la *Mathesis* Caramuel adjunta dues notes a la carta a Fabio Chigi, en què ofereix una valoració molt diferent de les observacions del caputxí.⁴⁷ A la primera, reconeix que Rheita pot haver errat en la seua observació, tal com reconeixia el mateix Gassendi en lletra enviada a Hevelius el juny de 1644, en què explicava com havia pres una fixa per un satèl·lit medici. La segona nota explica com Baptista Odierna, autor amb el qual Caramuel mantingué abundant intercanvi epistolari, establí el diàmetre de Júpiter en 38 segons, dada que coincidí amb el mínim que calculaven Riccioli i Grimaldi, amb un diàmetre màxim de poc més d'un minut. El procediment consistia a observar Júpiter en conjunció amb alguna estrella de coordenades conegudes i a estimar la distància recorreguda en dies successius en relació a l'estrella. Rheita considerà que el diàmetre jovian era de 3 minuts, càlcul que s'allunya molt més de la realitat que les dades d'Odierna o de Riccioli.⁴⁸ El mateix Caramuel admeté més endavant que el diàmetre aparent de Júpiter no podia ser de tres minuts sinó molt inferior, com mostraven els càlculs de Huygens, Gassendi i Riccioli, entre d'altres.⁴⁹ De fet, sorpren que Rheita pogués haver efectuat una mesura tan barroera amb la qualitat dels seus instruments.

⁴⁴ Carta de 15 de juny de 1644. Aquesta carta no es troba a les *Novem stellae...* pero Caramuel la inclou a la *Mathesis biceps*, Caramuel (1670), pp. 1.456-58. També es troba a Gassendi, *Opera omnia* VI, p. 190.

⁴⁵ La nomenclatura lunar de Gassendi mai no arribà a ser publicada i només es pot trobar en la seua correspondència. Vegeu Whitaker (1999), pp. 29-36.

⁴⁶ Caramuel (1643), pp. 117-156. Epistola VIII a Caramuel (1670), pp. 1.604-14.

⁴⁷ Caramuel (1670), pp. 1613-14.

⁴⁸ El diàmetre aparent mínim de Júpiter és de 30.5", i el màxim de 49.8". Vegeu Van Helden (1985), p. 127.

⁴⁹ Caramuel no esmenta la mesura del diàmetre de Júpiter efectuada per V. Mut, que seguí un procediment anàleg al de Riccioli i Grimaldi i l'estimà en 48". Vegeu Navarro (2001), p. 10 i Caramuel (1670), p. 1.582.

La carta destinada a Chigi és l'última que apareix impresa a les *Novem stellae...*, però tot sembla indicar que Caramuel seguí preocupat per la qüestió dels satèl·lits de Júpiter, que no havia pogut divisar. En la carta a Kircher remesa el juliol de 1644, Caramuel adjunta al jesuïta una observació del novembre de l'any anterior, en la qual el cistercenc distingeix dues taques de grandàries diferents al disc jovianà.⁵⁰ Podria tractar-se de dos satèl·lits, afirma Caramuel, sense especificar si es tractaria dels medicus o dels rheitans.

Tot i haver fet costat a la postura de Rheita en alguns moments de la polèmica, Caramuel en tot moment admet la possibilitat que les observacions de Rheita siguin errònies. Quasi trenta anys després, a la *Mathesis biceps*, argumentarà que els controvertits astres no s'han tornat a veure, i el més probable és que es tractara de cometes petits.⁵¹ La seua opinió respecte als satèl·lits de Mart i Saturn, que Rheita també afirmava haver divisat, haurà experimentat igualment un canvi significatiu: dels marcians, en negarà l'existència tot secundant l'opinió de Huygens, i dels saturnins només n'acceptarà el descobert el 1656 per aquest autor (Tità), havent-lo observat el mateix any.⁵²

El principal argument de Rheita per a la defensa de la descoberta havia estat que els nous astres només podien ser observats amb un telescopi de la seua invenció i això li valgué en principi algunes adhesions, com la del mateix Caramuel. Francesco Fontana secundà les observacions de Rheita el 1646, potser per a demostrar que els seus telescopis eren tan bons com els del caputxí (els telescopis de Fontana reemplaçaven l'ocular concau dels instruments de Galileu per un de convex, la qual cosa feia que el camp de visió fóra major. De la mateixa manera s'aconseguien major nitidesa de les imatges i més augments que en els aparells galileans). Hevelius (qui era considerat posseïdor dels telescopis de millor qualitat) adjuntà a la seua *Selenographia* mapes estel·lars detallats de les fixes que Rheita havia confós amb satèl·lits.⁵³ I no obstant això, els instruments de Rheita, amb lents tallades de manera que disminuïen sensiblement les aberracions òptiques que patien els instruments anteriors, i amb l'ocular de tres lents, que a més d'ampliar el camp de visió respecte al telescopi galileà, el-eliminava el defecte de la magnificació del color que produïa els sistema keplerian, eren de major qualitat i sembla que el seu ús fou certament restringit en les dècades centrals del segle.⁵⁴

⁵⁰ Ceñal (1653), pp. 124-25.

⁵¹ Ho admetrà en la introducció a l'epistolari al voltant de satèl·lits que inclou al final de la *Mathesis*, Caramuel (1670), pp. 1.576-1.585.

⁵² Caramuel diu haver sospitat l'existència de Tità l'any que Huygens el descobrí, en una observació realitzada a Roma, amb un telescopi de 34 peus. Caramuel (1670), p. 745.

⁵³ Vegeu Van Helden (1994), p. 20 i Van Helden (1989a).

⁵⁴ Vegeu Willach (2001).

Epistolari (sobre l'aspecte canviant de Saturn)

A la *Mathesis* apareix una secció dedicada exclusivament a les qüestions relacionades amb els satèl·lits planetaris,⁵⁵ que torna a mostrar les capacitats de Caramuel com a observador. Abans de la transcripció de les cartes, Caramuel disserta sobre l'aspecte dels planetes i sobre el nombre de satèl·lits que té cadascun, fent gala del coneixement de les observacions dels seus contemporanis i mostrant-ne les pròpies.⁵⁶

Al costat de les cartes generades arran del polèmic descobriment de Rheita (que ja havien estat publicades quasi tres dècades abans), trobem un altre grup de cartes referides a l'aspecte canviant de Saturn, planeta polimorf segons Caramuel: tant es veu redó, com oval, dividit en tres globus o ornat amb “anses”.

La primera d'elles, dirigida a Caramuel per Odierna, fa referència al satèl·lit de Saturn detectat per Huygens el març de 1655, que l'autor no ha pogut veure a falta d'un instrument adequat.⁵⁷ Confia a poder distingir aquest satèl·lit, com també els nous satèl·lits de Júpiter dels quals parla Descartes, amb l'ajut del telescopi del duc d'Etrúria.⁵⁸ Li confessa a Caramuel que no té intenció de desxifrar l'enigma que Huygens exposa al seu *Saturnii systematis* en forma de missatge xifrat i que representa la síntesi de la hipòtesi de Saturn de l'autor.

Odierna detalla tot seguit les transformacions que experimenta la figura de Saturn, que es pot apreciar esfèrica, el·líptica, oval, com una pruna o com un dàtil amb dos “umbrositats” laterals.

Caramuel escriu sobre l'aspecte canviant del planeta a Dominicus Piatti, abat de Disenberg i home versat en qüestions astronòmiques, quan el cistercenc era bisbe de la diòcesi de Campània, tal i com consta a l'encapçalament de la missiva.⁵⁹ Caramuel anuncia que les de Saturn, són les metamorfosis més admirables de totes les que s'observen al cel. Explica al seu interlocutor que Odierna l'anomena *caelestis proteus*, a causa de

⁵⁵ Caramuel (1670), pp. 1.576-1.635.

⁵⁶ Algunes d'aquestes observacions sobre l'aspecte físic dels planetes (les realitzades fins 1650) ja eren consignades a l'enciclopèdica obra de Riccioli. Riccioli (1651), llibre VII, cap. II.

⁵⁷ Epistola IX, Caramuel (1670), pp. 1.615-20.

⁵⁸ Odierna es refereix als nous satèl·lits de Júpiter que presumptament havia descobert Rheita, descobriment que fou secundat el 1630 per Descartes i per Scheiner entre d'altres astrònoms. Caramuel fa referència a la controvèrsia al voltant dels satèl·lits de Júpiter, explicant que quaranta anys més tard, els astrònoms ja disposaven de millors telescopis. Scheiner amb l'instrument que utilitzà cregué detectar més de quatre satèl·lits, observació que corroborà Fontana, mentre Descartes, com refereix Caramuel, amb instrument “fidelíssim” veié abundants estrelles errants entre les mediceus. Caramuel (1670), pp. 1.576-1.585.

⁵⁹ Epistola XII *Ibid.*, pp. 1.627-30.

la varietat de la seua aparença: tant apareix esfèric com el·líptic, tant simple com triple, tant nu com ornat, i li envia una làmina on queden representades totes les figures que els astrònoms han observat del planeta (vegeu figura 1).

Després de 1635 els astrònoms començaren a observar sistemàticament Saturn per tal de determinar-ne els variats aspectes, encara que sovint aquestes observacions poca cosa aclariren, com mostren algunes que Caramuel remet a Piatti. No obstant això, la aparença de Saturn amb “anses” es convertí en la base dels models explicatius de l'aspecte mudadís del planeta, tot i que els observadors discrepaven respecte a la mesura i la forma d'aquests apèndixs. De fet les imatges de les observacions sovint eren confuses.⁶⁰

La primera de les imatges que representa Caramuel és la figura esfèrica que Gassendi observà el 1642 i que ell mateix descrivia no com una circumferència exacta, sinó més bé amb una forma tetragonal o pentagonal. Caramuel aclareix que aquesta percepció confusa fou causada per la poca qualitat de les lents utilitzades per Gassendi i menciona també la predicció del mateix autor sobre la periodicitat dels canvis que pateix el planeta. La segona figura de la làmina XLVI mostra un perfil el·líptic. Diu Caramuel que aquesta forma també naix de la imperfecció de l'òptica, que no permet apreciar diferències entre el cos principal del planeta i els apèndixs. La figura que mostra el cos de Saturn amb dos companys independents correspon a l'observació que féu Galileu del planeta el 1610 i coincideix amb l'aspecte que presencià Gassendi en diverses ocasions. La resta de representacions corresponen a les observacions realitzades per Scheiner, Riccioli, Hevelius, Gassendi, Huygens i Fontana entre d'altres.

Caramuel assegura que ni els vidres ni les observacions de Fontana són fiables, com mostren les que ha comunicat de Venus i les monstruoses formes que atribueix a Mart, on el planeta apareix amb una taca negra. La figura XI és l'aspecte de Saturn vist per Fontana i Riccioli el 1646. Caramuel considera que l'observació més acurada per a aquesta data és la consignada per Hevelius a la figura VII, ja que no es pot dubtar de la perfecció del seu telescopi, encara que es decideix, com Huygens, per l'esfericitat del planeta tal com és representat a la figura VIII. Caramuel s'hi fa ressò del prestigi que les observacions d'Hevelius assoliren entre els astrònoms fins al 1670 i del descrèdit de les realitzades per Fontana.⁶¹

⁶⁰ Van Helden (1989a), pp. 88-90.

⁶¹ Van Helden (1994) ha explicat que l'afirmació, molt estesa entre els astrònoms contemporanis, de la bondat de les observacions d'Hevelius respecte a l'escassa qualitat de les de Fontana, és dubtosa i es basa en l'autoritat personal del primer, que més que tindre instruments millors que els de Fontana, s'havia preocupat perquè els gravats de la seua *Selenographia* s'ajustaren a les seues observacions, mentre que el llibre de les observa-

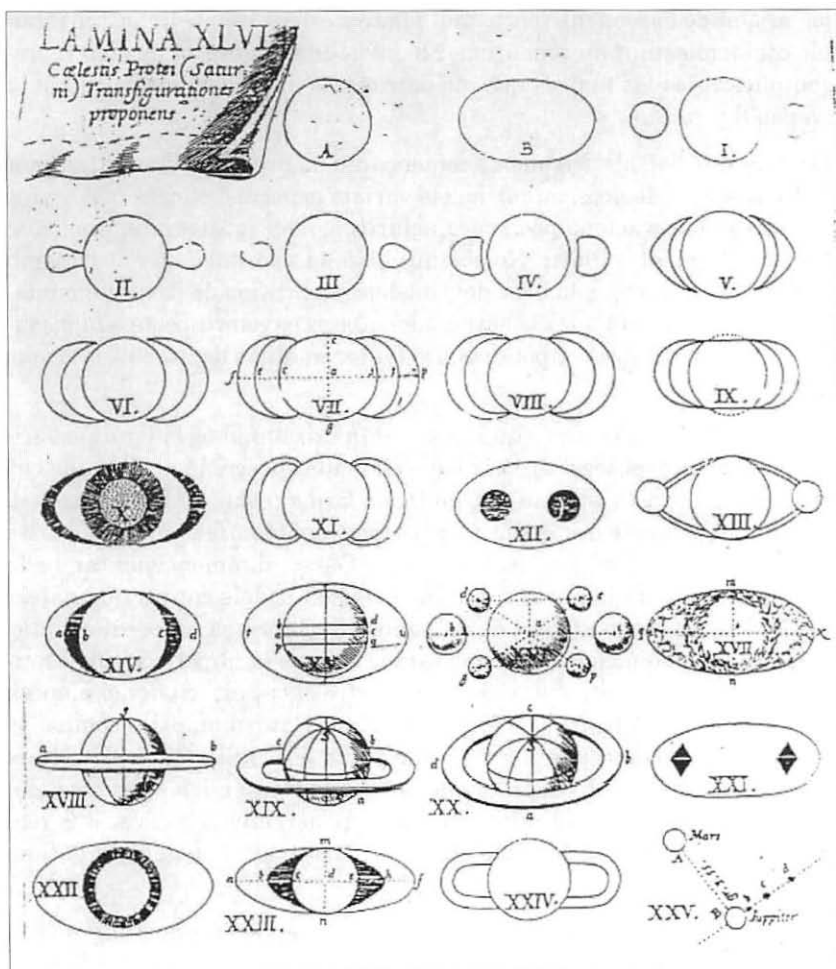


FIGURA 1

Làmina XLVI de la *Mathesis biceps* (1670) de Juan Caramuel que mostra diferents observacions de l'aspecte de Saturn

L'última carta, escrita també per Caramuel, examina les teòriques referents a les transformacions de Saturn, on la falta de consens entre els diferents autors és remarcable.⁶² Descriu Caramuel quatre de les hipòtesis que pretenen explicar les aparences de Saturn. La primera opinió és encapçalada per Odierna, que considera que el cos de Saturn no és esfè-

cions telescòpiques del napolità contenia uns gravats d'una qualitat molt deficient i algunes observacions eren confoses amb les aberracions òptiques que produïen els aparells.

⁶² Epistola XIII, Caramuel (1670), pp. 1.630-35.

ric, sinó oval, de manera que, quan el diàmetre major és perpendicular a la Terra, sembla esfèric, i quan el veiem longitudinal es mostra el·líptic. Caramuel comenta que Huygens impugna aquesta hipòtesi. El fet determinant és que hi ha fases que el model d'Odierna no pot assumir.

La segona hipòtesi, que defensa Hevelius, considera també Saturn un planeta oval, amb unes anses o braços afegits que permeten explicar els canvis d'aspecte del planeta. Aquesta opinió, segons Caramuel, també és impugnada per Huygens, ja que no n'explica l'aparença esfèrica. De més a més constata les observacions que no estan d'acord amb l'aspecte del planeta predit pel model.

L'opinió de Huygens, que considera Saturn esfèric i envoltat d'un anell, és la tercera que exposa Caramuel i és representada en la figura XIV (vegeu figura 1). Huygens suposa que l'anell de Saturn forma un angle amb l'eclíptica, fet que possibilita l'explicació de totes les cares admirables que ha mostrat el planeta. El missatge xifrat que Huygens incloïa al seu *Saturnii Systemate* resum la seua hipòtesi explicativa de l'aspecte canviant de Saturn: "annulo cingitur, tenui, plano, nusquam cohaerente, ad eclipticam inclinato".⁶³

La quarta opinió és encapçalada per Gilles Personne Roberval, geòmetra de mèrit que, no satisfet amb les hipòtesis precedents, recorre a les causes físiques. Defén aquest autor que els vapors que genera Saturn són els responsables de l'aspecte canviant del planeta, que és esfèric com els altres. D'altres opinions mantenen que els fums i les flames emesos per volcans que hi pot haver a la superfície del planeta són els responsables del seu aspecte⁶⁴ i altres encara, l'atribueixen a la disposició de sis globus de grandària diferent al voltant del cos principal de Saturn, com mostra la figura XVI.

Caramuel afegeix la seua valoració de les hipòtesis que acaba d'exposar amb l'escepticisme que caracteritza el seu pensament: "Hoc se unicum scire, quod nihil sciret".⁶⁵ El cert és que Saturn canvia d'aspecte; quant a les causes, el cistercenc només pot expressar la seua ignorància.

La hipòtesi de Huygens, que resolvia per fi un dels problemes més apremiants de l'astronomia finisecular, no és acceptada per Caramuel, que reconeix que aquesta opinió colpeix el lector per l'enginy i la novetat. No hi ha exemples d'anells sòlids, com el que descriu Huygens, a la natura, i per tant no pot haver-ne al cel, de la mateixa manera que no pot existir el "pont sense fonaments" concèntric a la Terra, que els filòsofs han imaginat.⁶⁶ Afegeix que l'anell al voltant de Júpiter no resol

⁶³ El planeta "està cenyit per un anellet tènue, ple, gens coherent i inclinat cap a l'eclíptica".

⁶⁴ Vegeu representació XVII de la figura 1.

⁶⁵ Caramuel diu "Només sabia això: que no sé res".

⁶⁶ La figura XIII representa el "pont sense fonaments" al voltant de la terra imaginat per alguns filòsofs. Es tracta d'una elucubració que Caramuel ja havia exposat a la "nàutica

l'aparença del planeta redó, sense apèndixs, ni tampoc quan es mostra triesfèric. Huygens atribuï aquests aspectes a observacions errònies o a instruments de qualitat deficient, amb l'autoritat que li conferia haver observat el satèl·lit de Saturn (Tità) amb un instrument de la seua fàbrica.⁶⁷

L'Astronomia teòrica

L'astronomia teòrica, que considera els models matemàtics capaços d'explicar el moviment observat dels cossos celestes, és dividida per Caramuel en tres parts: astronomia esfèrica, astronomia oscil·latòria, i astronomia rectilínia. Afegeix tres tractats que contenen respectivament, taules, confecció de les efemèrides planetàries i càlcul dels paràmetres dels eclipsis.

L'astronomia esfèrica és la que considera que tots els planetes es mouen al llarg de cercles perfectes i és la que defenen els diversos sistemes del món.⁶⁸ Caramuel repassa l'opinió dels antics, que consideraven que els moviments celestes eren circulars i uniformes respecte del propi centre i que la desigualtat es generava en contemplar aquests moviments des d'un altre punt. Les definicions dels cercles de l'astronomia esfèrica: excèntric, epicicle, ciclocentre, equant, i dels punts característics: apogeu, perigeu, afeli, periheli, donen pas a l'article I, que descriu els diferents sistemes del món. Tres són els "més plausibles": el ptolemaic, el copernicà i el de Tycho Brahe. Caramuel descriu l'univers ptolemaic, que es basa en tres supòsits: el centre del món és immòbil, la Terra és al centre i els orbes són durs i sòlids.

Caramuel discuteix a continuació la qüestió de la quiescència de la Terra, que ja va ser admesa pels antics, com també la seua situació central. Alguns autors moderns defensen aquestes sentències, entre d'altres arguments, amb el comportament dels greus. Caramuel aclareix, però, que els greus no tendeixen al centre de l'Univers, sinó al centre de la Terra com a cos magnètic —amb propietats atractives— que és. El 1644 en carta a Johannes d'Espieres,⁶⁹ Caramuel afirmava que es podia con-

etèria", Caramuel (1670), pp. 745-748. Bàsicament consisteix en un anell circular concèntric i homogeni al voltant de la Terra que mantindria la seua coherència gràcies a la gravetat terrestre, entesa com a *vis magnetica* tal com considera aquest concepte William Gilbert. Caramuel explica que l'anell que envolta Saturn tal com el descriu Huygens en el *Systema Saturnium*, és anàleg a l'imaginat pels filòsofs al voltant de la Terra.

⁶⁷ Vegeu Van Helden (1994), pp. 20 i següents.

⁶⁸ Caramuel (1670), pp. 1385-1448.

⁶⁹ A la secció dedicada a les qüestions relacionades amb els greus, *centroscopia*, Caramuel adjunta una carta on tracta el moviment de la Terra. Caramuel (1670) pp 480-82. La qüestió també és tractada a la *geometria specialis*, (1670), pp. 752-760.

cebre el moviment diürn de la Terra, que no l'annual, si amb ella es desplaçaven també les esferes dels quatre elements, ja que així es mantenia el comportament dels greus, cosa que no seria possible si només es moguera la Terra i l'aire fóra immòbil.

Si la sentència del moviment de la Terra no hagués estat condemnada pels cardenals, molts autors la seguirien, argumenta Caramuel. Admetent el moviment de la Terra al voltant del Sol, els cels s'alliberen de moltes dificultats. D'altra banda, la vastitud del firmament i els diàmetres dels cossos celestes molt menors del que pensaven els antics, en són algunes de les conseqüències. En matèries de fe s'estima més no ser titllat pels cardenals i teòlegs de temerari, ni deformar el sentit de les Escriptures i tampoc propugnar una opinió condemnada com a herètica, tot i que l'opinió de Copèrnic és "vella i fàcil, i captivadora per a l'enteniment". Aclareix, de més a més, que la distinció que fa el seu interlocutor entre els dos moviments de la Terra (anual i diürn) no és vàlida, ja que ambdues opinions estan condemnades. Explica finalment que aquesta censura ja li l'anticiparen els consultors de la Inquisició, els quals qualificaren d'error l'opinió d'Origanus, tot i ser diferent de la copernicana i en decidiren l'expurgació, com consta als Índexs dels últims trenta anys.

A la *geometria specialis* Caramuel és més explícit a l'hora d'aportar arguments en contra del moviment de la Terra. Explica que d'astrònoms se'n poden trobar, tant a favor com en contra. Hi ha però dues raons físiques incontrovertibles que fan necessari rebutjar l'esquema copernicà: primer les dimensions que se'n dedueixen per a les fixes són difícils de creur: monstruoses en paraules de Caramuel. Tampoc és versemblant l'immens espai buit entre Saturn i les fixes, que cal adoptar amb les tesis copernicanes: tant d'espai "desocupat" és contrari al principi de filosofia natural que estableix que "Deus & Natura nihil faciunt frustra". Com Tycho, tot i no trobar paral·laxi estelar, Caramuel no té cap dubte que les estrelles fixes estan situades just després de Saturn. L'argument de la vastitud del cel en contra del sistema copernicà, és definitiu.⁷⁰

Caramuel a la seua *Theologia fundamentalis* explicava que, estrictament parlant, la hipòtesi copernicana no fou desproveïda de tota probabilitat per l'acció de la Congregació de l'Índex.⁷¹ Galileu, en un sentit formal no fou un vertader transgressor, ja que, especulativament parlant, estava autoritzat a concedir un grau de probabilitat a una concepció filosòfica condemnada per una congregació. Però, en escollir la probabilitat "especulativa" d'una tesi declarada "pràcticament" improbable per

⁷⁰ En l'època de Tycho els diàmetres angulars estelars implicaven grandàries raonables per a les estrelles situades prop de Saturn, situació que canviaria radicalment amb les estimacions telescòpiques dels diàmetres dels estels i faria difícil continuant mantenint la distància que Tycho adjudica a les fixes. Vegeu Thoren (1989), pp 8-9 i Van Helden (1989b).

⁷¹ Navarro (1974), pp. 16-17.

prohibició, Galileu es manifestà com a desobedient i per tant, sospitós respecte a la fe.

En la discussió sobre la controvèrsia alguns escriptors il·lustraren la posició dels jesuïtes i dels autors vinculats a l'Església Catòlica amb les paraules de Caramuel, que rebutjava el sistema copernicà per l'única raó d'haver estat condemnat per la Congregació dels Cardenals.⁷² Com ja s'ha esmentat, Caramuel reconegué que, si l'opinió copernicana no haguera estat condemnada, molts autors en serien partidaris, ja que en fer moure la Terra al voltant del Sol, els cels es veien alliberats de moltes dificultats. Assegurava, de més a més, conèixer molts autors que secundaven la tesi copernicana i que ell mateix la podria seguir si només fóra una qüestió de filosofia natural que no afectara la fe catòlica.

El sistema ptolemaic, continua Caramuel, ha estat desautoritzat per les novetats que ha revelat el telescopi i amb el copernicà condemnat, només queda la possibilitat d'assumir el sistema de Tycho, que també dona compte de les observacions. Les observacions han mostrat que Venus i Mercuri volten el Sol, situació que invalida el sistema ptolemaic, mentre el copernicà no es pot prendre com a tesi sinó com a hipòtesi.⁷³

Als que objecten al sistema de Tycho els moviments contraris que s'hi donen, respón Caramuel que per tal de resoldre els problemes dinàmics cal buscar la causa física responsable dels moviments planetaris, que és identificada amb la *virtus magnetica*.⁷⁴

Després d'haver acceptat el sistema tychònic, Caramuel afirma que les analogies entre els moviments planetaris permeten establir una única teòrica "catòlica" o universal per a tots ells: un cercle excèntric (el centre del qual és a una determinada distància de la Terra) que transporta un doble epicicle. Caramuel adjunta els principals paràmetres del model per a cada planeta: excentricitat i radis d'ambdós epicicles.

L'afany de Caramuel per a postular una teòrica universal per a tots els planetes, li fa obviar el fet que el model de l'excèntric simple des de Ptolemeu havia explicat raonablement els moviments observats del Sol.

⁷² Schofield (1989), p. 288.

⁷³ El sistema de Tycho Brahe, publicat el 1588, era un equivalent geomètric del copernicà i podia representar qualsevol dels fenòmens astronòmics sense necessitat de fer la Terra mòbil. Quan els descobriments telescòpics abocaren a l'abandonament de la cosmologia ptolemaica, els astrònoms s'inclinaren pel sistema de Tycho o per alguna de les seues versions. Vegeu Thoren (1989) i Schofield (1989).

⁷⁴ L'adopció de la fluïdesa dels cels, necessària per tal de explicar les observacions que havia revelat el telescopi com ara les noves o les fases dels planetes, portava al problema de la dinàmica del moviment planetari. Els jesuïtes dedicats al quefer astronòmic el resolgueren amb el recurs a les intel·ligències motores, que eren associades a cada astre i eren les responsables de determinar l'espai que havia de recórrer i el temps que havia de tardar a fer-ho. Vegeu Grant (1994), capítol 18.

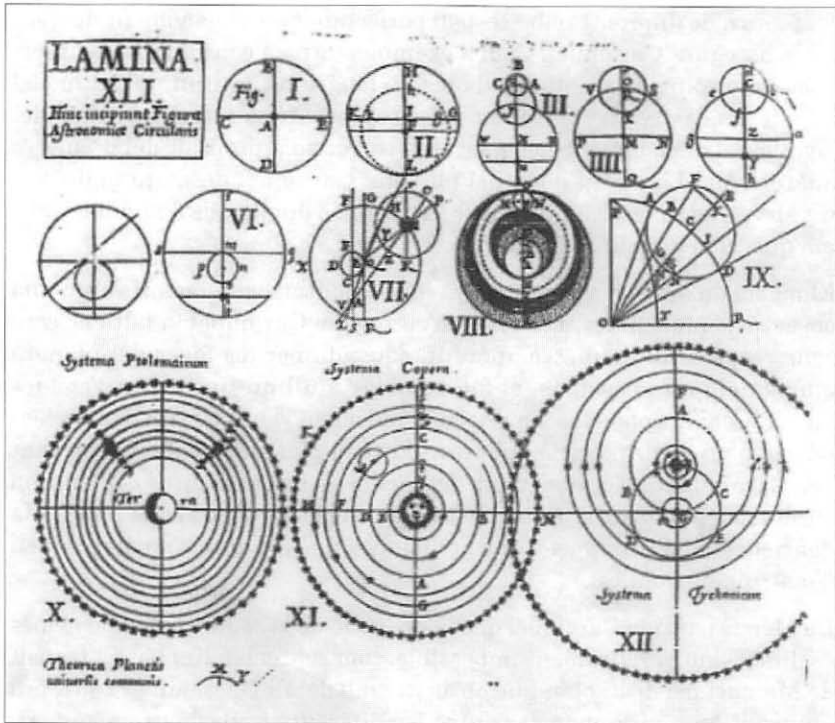


FIGURA 2

Làmina XLI de la *Mathesis biceps* (1670) de Juan Caramuel on es representen els sistemes del món ptolemaic, copernicà i tychònic

Caramuel postulà un model per al Sol consistent en un excèntric amb doble epicicle. La teoria solar de Caramuel difereix per tant, de la tychònica, que considera l'excèntric clàssic amb una excentricitat equivalent a una excentricitat bisectada postkepleriana. Caramuel creu que el Sol necessita el mateix epicicle doble que la resta dels planetes, encara que amb dimensions diferents i l'excentricitat que assigna al model solar també difereix de la de la teoria solar de Tycho.

Explica igualment com funciona el model "universal" de l'excèntric amb l'epicicle doble per a la Lluna i per als tres planetes superiors, Mart, Júpiter i Saturn.

Exposa a continuació el cas d'una observació de Saturn, que està d'acord amb la ubicació que dona el seu model per al planeta en aquell instant.

La teòrica de Júpiter també respon perfectament del moviment del planeta, assegura Caramuel. Com a exemple, torna a consignar una observació que coincideix amb les dades de longitud i latitud que el model adjudica a l'astre en el moment de ser observat. La referència al model jovian li val al cistercenc per a fer una correcció a propòsit del diàmetre aparent que Lansberg dona del planeta. Caramuel descarta el diàmetre aparent desmesurat que Lansberg atorga a Júpiter, de 3 minuts, i afirma que, com a molt, és d'1 minut.⁷⁵

El model de Mart és posat a prova amb resultats satisfactoris amb una observació ptolemaica. De Venus n'assenyala Caramuel la falta de consens respecte al diàmetre aparent, causada per les fases del planeta que, en algunes ocasions, el fan semblar a ull nu fins a cinc vegades menor. Com als planetes superiors, el model de Venus consta d'un excèntric amb un doble epicicle que transporta el planeta. L'exemple aportat per Caramuel de l'operativitat del model es basa un altre cop en una observació ptolemaica. En aquesta ocasió el cistercenc sí que apunta la deficiència de l'observació, que atribueix a què els antics no disposaven d'instruments òptics.

De Mercuri afirma Caramuel que la deducció de la seua teòrica, no només és difícil sinó pràcticament impossible, com sentencià Kepler. El trànsit de Mercuri pel disc solar, que observà amb detall Gassendi el 1631, era anunciat amb discrepàncies entre les diferents taules astronòmiques. Caramuel cita Riccioli per tal de valorar les conseqüències sorprenents que es desprenien de l'observació d'aquell trànsit. Les dificultats per a observar Mercuri portaren Kepler a advertir que el trànsit, que tindria lloc el 1631, seria una bona ocasió per a observar l'intricat planeta, comprovar les posicions predites per les taules i millorar els paràmetres del seu model.⁷⁶ Les observacions de Gassendi comportaven un diàmetre aparent per al planeta de només 20 segons, una sisena part de la xifra que calia esperar de les dades de Tycho i Kepler.

El model de Mercuri és l'únic que probablement no puga adaptar-se al patró universal de l'excèntric més el doble epicicle, reconeix Caramuel. La variació del radi del segon epicicle fa que siga difícil admetre'n l'existència. Mercuri no és transportat pel doble epicicle, sinó que lliura des del radi inferior al radi superior. La coincidència d'una observació d'Hiparc donada a conèixer per Ptolemeu amb les posicions que prediu el model, li fan assegurar a Caramuel que la hipòtesi està ben delineada.

A l'article seté de l'astronomia esfèrica Caramuel exposa les dimensions de l'univers. Res no es pot assegurar amb certesa de la distància de les fixes, encara que sí es pot treballar en el camp de les hipòtesis. Procedeix

⁷⁵ El valor de Caramuel s'ajusta molt més a la realitat. Vegeu nota 47.

⁷⁶ Van Helden (1985), pp. 95-104.

en aquest apartat d'una manera poc ortodoxa i gens sistemàtica: les distàncies a la Terra que dona Caramuel, no són les distàncies màximes o mínimes, ni tan sols les mitjanes, sinó que per a cada planeta dona la distància que es calcula a partir de determinades observacions preses sense un criteri establert prèviament.

Les dimensions que presenta Caramuel són comparades al text per la seua similitud amb les de Lansberg. Podem afegir que són del tot coherents amb les dimensions de l'esquema tychònic de l'univers que mostra Riccioli.⁷⁷

Al següent apartat de l'*Interim*, denominat astronomia oscil·latòria, el pensament del cistercenc divergeix totalment del discurs habitual en els textos astronòmics contemporanis i una vegada més queda patent la varietat de les seues lectures. L'astronomia oscil·latòria de Caramuel reflecteix clarament la influència de la teoria de Descartes dels vòrtexs per al moviment planetari. Aquesta teoria proveïa una representació plausible dels moviments dels planetes en òrbites aproximadament circulars i una explicació per a fenòmens com l'aparició dels cometes o les taques solars. L'explicació cartesiana de la natura no cobria tots els detalls dels fenòmens sinó que pretenia explicar-los d'una manera genèrica, amb la instauració d'un sistema de vòrtexs que s'estenien indefinidament a l'espai. La matèria celeste era un fluid perfecte que no només no es resistia al moviment dels objectes celestes, sinó que els propulsa-va comunicant-los una part del moviment.⁷⁸ En un altre apartat de la *Mathesis*, Caramuel confirma el seu acord amb la teoria dels vòrtexs cartesianes. Amb el sistema de Tycho, diu el cistercenc, cal admetre un vòrtex universal al voltant del Sol i vòrtexs particulars al voltant de cada planeta i de les llunes que els envolten.⁷⁹

Les pàgines de Caramuel disserten sobre el flux i el reflux de l'"oceà eteri" i sobre les oscil·lacions a què són sotmesos els planetes.⁸⁰ Tot fixant-se en la física sublunar, Caramuel malda per establir una analogia entre els oceans i les regions aèries terrestres, sotmeses a agitacions diverses, amb els cels, que podrien imitar el comportament que l'autor considera oscil·latori. Proposa la teòrica universal oscil·latòria, vàlida per a tots els planetes. Cada planeta està dotat d'una esfera líquida pròpia que Caramuel anomena oceà planetari, que creix i es contrau en un moviment oscil·latori. Quan està expandit al màxim l'oceà planetari, es troba en un estat de "plenamar", i està en "baixamar" quan es comprimeix al màxim. Es pregunta per la causa física que pot produir un moviment oscil·latori així, que es repeteix a la natura: el cor dels animals té un

⁷⁷ Riccioli (1651), p. 686 i p. 708. Vegeu Van Helden (1985), pp. 114-17.

⁷⁸ Els detalls de la teoria cartesiana dels vòrtexs es poden vore a Aiton (1972), capítol 3.

⁷⁹ Caramuel (1670), p. 746.

⁸⁰ Caramuel (1670), pp. 1.449-1.502.

doble moviment de contracció i dilatació, i a la mar s'observa el flux i el reflux de les aigües.⁸¹ Al si de l'oceà eteri els planetes són propulsats cap a l'orient. Si no es vol admetre que el moviment siga induït, cal suposar que es tracta d'un moviment innat, és a dir, que els estels al voltant de la Terra posseeixen un "ímpetu" natural. Els planetes i les fixes són com les naus i les ciutats: els primers canvien de lloc a l'oceà i les segones no modifiquen les posicions respectives entre elles. L'èter celeste imita el moviment de flux i reflux de la mar.

Caramuel és conscient de les objeccions que es plantegen a la física celeste que proposa i al respecte fa les consideracions següents: la idea de l'oceà solar l'ha mantiguda un astrònom tan reconegut com Kepler; les diferències de densitat que poden donar-se en el medi líquid que ompli l'univers poden trobar-se entre les causes del moviment planetari, i també la virtut magnètica del Sol, tal com mencionen Mersenne i Giovanni Borelli. Caramuel afegeix que la filosofia cartesiana també tracta de dilucidar els fenòmens celestes a través de les causes físiques i creu que, quan falla la "demostració geomètrica", cal recórrer a aquelles. Afirmar que la força magnètica, que descriu Kepler, pot servir per a explicar les causes de la irregularitat dels moviments celestes. *L'Astronomia nova*, de fet, ja incloïa la idea de vòrtex cartesià quan es referia a les causes del moviment planetari. Kepler suposà que el Sol propagava una "species inmaterial" similar als raigs de llum, que sorgia de la força magnètica del Sol, i que s'estenia en forma de vòrtex caps als planetes amb major o menor intensitat segons que l'emanació solar fora més densa o més rara.⁸²

La teoria solar, com la lunar i la dels planetes, consta bàsicament d'un cercle simple, el radi del qual varia segons les oscil·lacions, que pateix l'oceà celeste. El radi de l'òrbita solar varia entre una posició màxima, que té lloc en la "plenamar" i una mínima, que té lloc en la "baixamar". Aquesta oscil·lació explica el fet que l'apogeu no sempre es trobe al mateix punt. Així mateix el sol vertader oscil·la entorn del sol mitjà: quan el radi de l'òrbita solar és màxim, el sol mitjà coincideix amb el sol vertader. Quan l'oceà eteri comença a minvar, cosa que s'esdevé al llarg de tres mesos, el sol vertader oscil·la en sentit horari. Els tres mesos següents torna a la posició inicial. Quan el món solar es troba en "baixamar" (el radi de l'òrbita solar és mínim), al llarg de tres mesos el sol vertader oscil·la en sentit antihorari, i tres mesos després torna una altra vegada a la posició inicial. Caramuel adjunta un poema de Góngora a la seua argumentació, en el qual el poeta parla d'"ones" a la regió etèria.

⁸¹ Les analogies basades en els fenòmens naturals utilitzades per tal d'explicar el moviment oscil·latori dels planetes ja les havia utilitzat Descartes, i de fet la idea de vòrtex es troba molt de temps abans, com a conseqüència de l'observació del poder dinàmic de l'aigua i del vent, Aiton (1972), p. 32 i ss.

⁸² Vegeu Aiton (1972), p. 13 i ss.

Caramuel, en aquest apartat de l'astronomia, fa referència a altres mecanismes explicatius en les quals intervé el moviment oscil·latori. Explica que respecte a les variacions en latitud dels planetes, Lansberg ja parla d'un doble moviment de lliurament.⁸³ En un altre moment assegura que si visquera Alfons, mantindria l'oscil·lació perpendicular de les estrelles fixes (al llarg de la línia que uneix l'estrella i el centre del món). D'altra banda, les noves, que es troben al firmament, també experimenten la citada oscil·lació perpendicular, circumstància que explica la variació de la seua magnitud. Concretament, la cèlebre nova de 1572 es mostrà aquell any amb la seua màxima esplendor i, sotmesa com estava a una oscil·lació perpendicular que es completava cada 314 anys, quan s'allunyà més de la Terra, no fou perceptible.⁸⁴ Caramuel en calculà el període identificant la nova amb altres observacions del passat, encara que trobà "aterridor" el gruix del firmament (espai al llarg del qual lliurava la nova). Es referí a continuació al comportament de la nova de 1600, que avui (el 1659), es podia dividir com una estrella de tercera magnitud. Caramuel adjunta la carta en la qual Odierna disserta al voltant del comportament de l'esmentada estrella i del seu "insolentíssim" moviment. Suggereix que pot haver-se desplaçat per una línia espiral, amb la qual cosa restava invisible gran part de la seua trajectòria i, com Caramuel, se n'adona de la desmesurada grandària de l'orbe de les fixes que aquesta suposició comporta. Aprofita ací el cistercenc per a expressar les seues dimensions de l'univers: la distància màxima del Sol a la Terra és de 10.000 semidiàmetres terrestres, i la distància màxima de la Terra a Saturn de 110.000 semidiàmetres; per tant, aquesta és la distància mínima de l'esfera de les estrelles fixes. La distància màxima, segons les observacions de la nova del Cigne, seria de 600.000 semidiàmetres. Si s'admetera per a la nova una oscil·lació major, la distància màxima obtinguda desafiaria els límits de la prudència. Caramuel calcula aquesta distància màxima a partir del període que estableix Kepler per al lentíssim moviment de les fixes (25.400 anys) i obté que la superfície còncaua de les fixes dista 847.000 semidiàmetres de la Terra.⁸⁵

⁸³ De fet més endavant explica Caramuel que el moviment de lliurament és el que ell anomena oscil·lació, moviment que Wendelin inloïa a la seua teòrica lunar. El cistercenc es pregunta també si Viète utilitza les oscil·lacions als models descrits al seu *Ad Harmonicon coeleste*. Caramuel conta que tingué accés a l'obra de Viète (que restà inèdita) a través de Van der Put, tot i que sembla no haver aprofundit massa en l'estudi dels models planetaris que s'hi exposen. L'obra de Viète incloïa el tractament matemàtic més enginyós de la teoria planetària abans de Kepler. Vegeu Swerdlow (1975).

⁸⁴ El comportament de les noves suposà un repte per a la cosmologia aristotèlica tradicional. Al respecte, vegeu Grant (1994). En el cas d'Espanya, vegeu l'estudi de l'obra del cosmògraf valencià Jeroni Muñoz a Navarro (1994) i Navarro, Galdeano (1998).

⁸⁵ En aquest punt Caramuel es contradia amb el que havia afirmat a l'apartat anterior. Aquestes dimensions són sensiblement superiors a les establertes per Caramuel a l'*Astronomia esfèrica*, circumstància que fa pensar que aquest apartat fou escrit posteriorment. Caramuel ja havia referit repetidament el seu escepticisme respecte a l'amplitud de l'Univers que implicaven les noves mesures telescòpiques i probablement aquest sentiment influï a l'hora de no desmentir les dimensions tychòniques de l'univers que havia defensat a l'*Astronomia esfèrica*.

A l'última part de l'*Interim*, anomenada astronomia rectilínia, Caramuel defén la possibilitat d'una única teòrica universal vàlida per a tots els planetes.⁸⁶ En paraules del cistercenc els planetes *crucifixos exhibent*, és a dir, els cercles i el·lipses que descriuen les seues trajectòries, es poden reduir a línies rectes.

Caramuel torna a sorprendre el lector amb aquesta nova idea, que considera recolzada per la sentència ptolemaica parafrasejada per Kepler, que expressa que les hipòtesis més simples són les més probables.

En síntesi, el moviment mitjà del planeta tindria lloc en una línia "horitzontal" en ambdós sentits, mentre el lloc vertader es desplaçaria simultàniament al llarg d'una trajectòria rectilínia "vertical", que formaria una creu amb l'anterior.

Aclareix Caramuel que el que segueix és només una mostra del que va escriure a Lovaina fa molts anys, i tot i reconèixer que amb una línia no se salven els fenòmens celestes, procedeix a l'exposició del model rectilini.

Entre les causes físiques que justifiquen el model, hi trobem en primer lloc l'argument que cal filosofar amb les coses celestes com amb les sublunars. Aquesta sentència l'aprova Kircher quan parla del consens natural entre el món celeste i el sublunar; els "químics" estableixen analogies entre els metalls i els planetes, i l'axioma cabalístic assegura que no hi ha herba que no tinga una estrella que li mane créixer. En segon lloc, els cossos sublunars tenen la gravetat que els atrau cap avall. El mateix podem dir dels cossos celestes, ja que no hi ha un únic centre de gravetat.

La següent disgressió estableix que els greus no tendeixen al centre del món, sinó al centre de la Terra. Si una pedra travessés la Terra no s'aturaria al centre, sinó que continuaria el seu camí i mantindria un moviment oscil·latori entre la posició inicial i la posició anàloga a les antípodes. Aquesta imatge suggereix Caramuel la possibilitat que les estrelles siguin conduïdes a través de canals plens de líquid perforats als cels sòlids.⁸⁷

Per últim, el darrer argument físic que serveix de suport a l'esquema "cruciforme" es basa en el fet que els greus sublunars es desplacen en línia recta, i per tant és possible suposar que els cossos celestes es comporten de la mateixa manera, encara que nosaltres apreciem els seus moviments com a circulars. Posa l'exemple dels cometes, als quals des de

⁸⁶ Caramuel (1670), pp. 1504-1575.

⁸⁷ Caramuel es fa ressò de la cosmologia dels canals, que sembla haver tingut alguns seguidors al segle XVI, com mostren les crítiques de Clavius en la seua *Sphera*, que ja la desestimava per absurda i inadequada. Vegeu Lattis (1989), pp. 162 i següents.

l'Antiguitat se'ls assignaren òrbites circulars, fins que Kepler demostrà que les observacions s'ajustaven millor a una recta.

Conclusions

Les obres de contingut astronòmic de Caramuel *De solis et artis adultèria* (1644) i les *Coelestes metamorphoses* (1639) encara no han pogut ser localitzades. Manca igualment l'estudi dels manuscrits de contingut astronòmic que es conserven a l'Arxiu capítular de Vigevano.⁸⁸

No obstant això la *Mathesis biceps* (1670), com a obra enciclopèdica culminada els últims anys de la producció intel·lectual de Caramuel, recull amb molta probabilitat tots els arguments de períodes anteriors.

El fil conductor de la *Mathesis* és la crítica de l'aristotelisme i de la seua incapacitat per a representar els esdeveniments. La vastitud de l'obra enciclopèdica de Caramuel fa que, sovint, i pel que fa a les qüestions astronòmiques, el tractament siga tangencial, i l'escomesa dels problemes, apressada. S'hi troben també contradiccions, com les referides a les dimensions de l'Univers, que són distintes en dos apartats de l'obra.

Caramuel, instal·lat en el seu escepticisme epistemològic no descarta cap hipòtesi —exceptuant la copernicana que ha estat condemnada—, ni quan en reconeix les limitacions o inclús la ingenuïtat. És per això que no rebutja cap producte de les seues reflexions de tots els anys previs i sembla que el seu és més un exercici de recopilació i acumulació de dades i hipòtesis que puguen portar alguna llum sobre els problemes que afecten l'astronomia, que d'esforç de síntesi. El resultat és un discurs on es barregen models explicatius del moviment dels astres, alguns molt imaginatius i observacions telescòpiques, amb les més pintoresques elucubracions.

Pel que fa a l'astronomia pràctica, l'estudi de les *Novem stellae circa Iovem detectae* i de l'epistolari referit als satèl·lits inclòs a la *Mathesis* revela l'habilitat com a observador de Caramuel, i el coneixement dels instruments i dels errors a què pot induir la fàbrica o l'òptica. Inventaria escrupolosament les observacions realitzades pels seus contemporanis sobre l'aspecte dels planetes i intervé en les polèmiques relatives al descobriment de nous satèl·lits i a l'aspecte canviant de Saturn. Realitza mesures de diàmetres planetaris, com també del Sol i de la Lluna, similars a les efectuades pels astrònoms contemporanis, amb telescopis (sis-

⁸⁸ Velarde ha fet un inventari de les obres manuscrites de Caramuel que resten a l'Arxiu capítular de Vigevano, ciutat la càtedra episcopal de la qual va ocupar el cistercenc. Velarde (1989), pp. 388-415.

tema òptic kepleriana) que incorporaven micròmetres primitius, o amb procediments inspirats en el mètode de la cambra fosca en el cas del Sol. No sembla un observador constant, exceptuant les seues observacions lunars fetes al llarg de deu anys que s'inclouïen a la cèlebre *Selenografia*, obra que no sembla que arribara a ser publicada, encara que aquesta edició entrava en els seus projectes, com ell mateix admetia repetidament. El mateix Gassendi havia lloat les esmentades observacions i li'n facilitava de pròpies, realitzades amb Peiresc, per tal de confeccionar un mapa lunar el més acurat possible. Caramuel també volia publicar una *Heliographia* i la *Mathesis astronomica*, cap de les quals arribà a ser impresa.

Respecte a l'astronomia teòrica, Caramuel assumí el sistema de Tycho Brahe (amb el conegut argument que tenia els mateixos avantatges que el copernicà però sense haver d'admetre el moviment terrestre) i la cosmologia dels cels fluids. El problema de la dinàmica que sorgia en considerar la fluïdesa dels cels, s'havia de resoldre amb la recerca de les causes físiques, que el cistercenc identificà vagament amb la *virtus magnetica*.

La recerca d'una sistematització del saber, relacionada amb el seu cultiu de l'enciclopedisme, es reflectí en l'afany de Caramuel en la postulació de models universals capaços d'assumir la diversitat del moviment planetari i en l'exposició heterodoxa que féu de les qüestions relacionades amb l'astronomia, molt allunyada del discurs ordenat dels textos contemporanis. El fet que cap teòrica poguera explicar exactament els moviments observats refermà el seu escepticisme envers la capacitat de la ciència per a conèixer la realitat i l'abocà a la investigació de les causes físiques.⁸⁹

⁸⁹ Aquest treball té com a punt de partida la tesi de València dirigida pel prof. Víctor Navarro Brotóns que té per títol *Tradicció i canvi científic en l'astronomia espanyola del segle XVII*. Vegeu Rosselló (2000). L'esmentada tesi inclou l'estudi de l'obra astronòmica de Caramuel i l'he realitzada com a integrant del grup de treball que tracta d'analitzar en profunditat l'activitat científica espanyola al llarg de tot el segle XVII, i que inclou el projecte d'estudi i inventari dels manuscrits i impresos científics de tema físico matemàtic en el qual s'emmarca el repertori esmentat. En formen part Santiago Garma Pons, Víctor Navarro Brotóns, Eduard Recasens Gallart i Vicent L. Salavert Fabiani. He d'agrair a Víctor Navarro el seu suport tècnic i material per tal realitzar aquest treball i a Vicent Salavert el seu ajut i els seus valuosos comentaris. A Manuel Caballero la seua dedicació i interès en la correcció del text.

Bibliografía

- AITON, E. J. (1972). *The vortex theory of planetary motions*, New York, American Elsevier Publishing Company.
- ALMIRANTE, J. (1876). *Bibliografía militar de España*, Madrid, M. Tello.
- BALDINI, U. (1992). *Legem impone subactis. Studi su filosofia e scienza dei gesuiti in Italia, 1540-1632*, Roma, Bulzoni.
- BATLLORI, M. (1990). Caramuel e la tradizione del lullismo. Dins: P. Pissavino, *Le meraviglie del probabile: Juan Caramuel (1606-1682)*. Atti del Convegno Internazionale di Studi, Vigevano, pp. 63-65.
- BONOLI, F. (1998). Giambattista Riccioli (1598-1671) e gli strumenti dell'astronomia. Dins: *Riccioli e il merito scientifico dei Gesuiti nell'età barroca*, Ferrara.
- CARAMUEL, J. (1643). *De novem stellae circa Iovem detectae*, Lovaina, Bovetium.
- CARAMUEL, J. (1670). *Mathesis biceps*, Campania, Oficina episcopal.
- CENAL, R. (1953). Juan Caramuel, su epistolario con Atanasio Kircher, *Revista de Filosofia*, 44, 101-147.
- CEYSSSENS, L. (1961). Autour de Caramuel, *Bull. Inst. Hist. Belge de Roma*, 33, 329-410.
- COTARELO VALLEDOR, A. (1935). El p. Zaragoza y la astronomía de su tiempo. Dins: Asociación de Historiadores de la Ciencia Española, *Estudios sobre la ciencia española del siglo XVII*, Madrid, Graphica Universal, pp. 65-223.
- CHAPMAN, A. (1995). Dividing the cercle. *The development of critical angular measurement in Astronomy, 1500-1850*, Chichester, Wiley.
- CHAPMAN, A. (1996). *Astronomical Instruments and their Users*, Brookfield, Ashgate P. C.
- DÉBARBAT, S.; WILSON, C. (1989). The Galilean Satellites of Jupiter from Galileo to Cassini, Röemer and Bradley. Dins: R. Taton, C. Wilson, eds., *Planetary Astronomy from the Renaissance to the rise of Astrophysics. Part A: from Tycho Brahe to Newton*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 144-158.
- DREYER, J. L. (1953). *History of Astronomy from Thales to Kepler*, New York, Dover.
- DUHEM, P. (1913-59). *Le système du Monde. Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*, 10 vols., Paris, Laval- L. Barnéoud et Cie.

- FERNANDEZ DIÉGUEZ, D. (1919). Un matemático español del siglo XVII, *Revista Matemática Hispanoamericana*, 1, 203-212.
- FERNANDEZ DE NAVARRETE, M. (1851). *Biblioteca Marítima Española*, 2 vols., Madrid, Imp. Vda. De Calero.
- FLORENSA, A. (1929). Juan Caramuel y su Arquitectura Oblicua, *Asoc. Esp. Progr. Ciencias, Congreso de Barcelona*, vol I, pp.102-201.
- GALLARDO, B. J. (1862-1889). *Ensayo de una biblioteca española de libros raros y curiosos*, 4 vols., Madrid, M. Rivadeneyra.
- GARMA PONS, S. (1978). *Las aportaciones de Juan Caramuel al nacimiento de la matemática moderna*, tesi de València.
- GARMA PONS, S. (1983). Caramuel Lobkowitz, Juan. Dins: J. M. López Piñero et al., dir., *Diccionario Histórico de la Ciencia Moderna en España*, vol I, pp.168-171.
- GRANT, E. (1984). In defense of the Earth's centrality and immobility: scholastic reaction to Copernicanism in the seventeenth century, *Transactions of the American Philosophical Society*, 74, part 4.
- GRANT, E. (1994). *Planets, Stars and Orbs. The medieval cosmos, 1200-1687*, Cambridge, Cambridge University Press.
- HARRIS, S. (1988). *Jesuit ideology and jesuit science: Scientific activity in the Society of Jesus, 1540-1733*, Tesi doctoral, Universitat de Wisconsin-Madison.
- HEILBRON, J.L. (2000). *The sun in the church: cathedrals as solar observatories*, Cambridge, Harvard University Press.
- LATFIS, J. M. (1989). *Christopher Clavius and the "sphere" of Sacrobosco: the roots of jesuit astronomy on the eve of the Copernican Revolution*, University of Wisconsin.
- LENER, M. P. (1995). *Le monde des spheres*, 2 vols., Paris, les Belles Lettres.
- LOPEZ PIÑERO, J. M. (1969). *La introducción de la ciencia moderna en España*, Barcelona.
- LOPEZ PIÑERO, J. M. (1979). *Ciencia y técnica en la sociedad española de los siglos XVI y XVII*, Barcelona, Labor.
- MCKEON, R. (1971). Les débuts de l'astronomie de précision, *Physis*, 13, 225-288.
- NAVARRO BROTONS, V. (1974). Contribución a la historia del copernicanismo en España, *Cuadernos Hispanoamericanos*, 283, 3-24.

- NAVARRO BROTONS, V. (1985). *Tradició i canvi científic al País Valencià modern*, València, Tres i Quatre.
- NAVARRO BROTONS, V. (1994). Astronomia i cosmologia en l'obra de Jeroni Muñoz. Dins: J. M. Camarasa et al., *I Trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, Barcelona, Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, pp. 315-327.
- NAVARRO BROTONS, V. (2002). La ciencia en la España del siglo XVII. El cultivo de las disciplinas físico-matemáticas, *Arbor*, 153, 197-252.
- NAVARRO BROTONS, V. (2001). Riccioli y la renovacion científica en la España del siglo XVII. En: M. T. Borgato (Ed.), *Giambattista Riccioli e il merito scientifico dei Gesuiti nell'eta barocca*, Florencia, Olschki, 209-317.
- NAVARRO BROTONS, V.; ROSSELLO BOTEY, V. (1997). Antecedents i orígens de la renovació científica valenciana de la darrereria del segle XVII. Dins: G. Blanes et al., coords., *IV Trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, Barcelona, Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, pp. 609-618.
- NAVARRO BROTONS, V.; RODRIGUEZ GALDEANO, E. (1998). Matemáticas, cosmología y humanismo en la España del siglo XVI. Los "Comentarios al Segundo Libro de la Historia Natural de Plinio" de Jerónimo Muñoz. Valencia, Instituto de Estudios Documentales e Históricos sobre la Ciencia.
- PALAU DULCET, A. (1948-1977). *Manual del Librero Hispanoamericano*, 28 vols., Barcelona-Madrid, J.M. Viader.
- PASTINE, D. (1975). *Juan Caramuel: Probabilismo ed Enciclopedia*, Firenze, la nuova Italia editrice.
- PASTINE, D. (1990). Caramuel nel suo tempo. Dins: P. Pissavino, *Le meraviglie del probabile: Juan Caramuel (1606-1682). Atti del Convegno Internazionale di Studi*, Vigevano, pp. 21-27.
- PEÑALVER Y BACHILLER, P. (1930). *Bosquejo de la Matemática española en los siglos de la decadencia*, Sevilla.
- PICATOSTE RODRIGUEZ, F. (1891). *Apuntes para una biblioteca española del siglo XVII*, Madrid, Imp. Tello.
- RICCIOLI, G. B. (1651), *Almagestum Novum*, Bolonia, Tip. Haeredis Victorii Benatii.
- ROSSELLO BOTEY, V. (2000). *Tradició i canvi científic en l'astronomia espanyola del segle XVII*, Madrid, Biblioteca Nueva/Universitat de València.

- SANCHEZ PÉREZ, J. A. (1929). *Las Matemáticas en la biblioteca de El Escorial*, Madrid, Imp. Estanislao Maestre.
- SANCHEZ PÉREZ, J. A. (1935). La Matemática. Dins: Asociación de Historiadores de la Ciencia Española, *Estudios sobre la Ciencia española del siglo XVII*, Madrid, Graphica Universal, pp. 597-663.
- SCHOFIELD, C. J. (1989). The tychonic and semi-tychonic world systems. Dins: R. Taton, C. Wilson, eds., *Planetary Astronomy from the Renaissance to the rise of Astrophysics. Part A: from Tycho Brahe to Newton*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 33-44.
- SIMON DIAZ, J. (1960-1976). *Bibliografía de la Literatura Hispánica*, 11 vols., Madrid, C.S.I.C.
- SWERDLOW, N.M. (1975). The planetary theory of François Viète, *Journal for the History of Astronomy*, 6, 185-208.
- THOREN, V. (1989). Tycho Brahe. Dins: R. Taton, C. Wilson, eds., *Planetary Astronomy from the Renaissance to the rise of Astrophysics. Part A: from Tycho Brahe to Newton*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 3-22.
- TORRINI, M. (1990). Monsignor Juan Caramuel e l'Accademia napoletana degli Investiganti. Dins: P. Pissavino, *Le meraviglie del probabile: Juan Caramuel (1606-1682)*. Atti del Convegno Internazionale di Studi, Vigevano, pp. 29-33.
- VAN HELDEN, A. (1985). *Measuring the Universe. Cosmic dimensions from Aristarchus to Halley*, Chicago, University of Chicago Press.
- VAN HELDEN, A. (1989a). Galileo, Telescopic Astronomy and the Copernican System. Dins: R. Taton; C. Wilson, eds., *Planetary Astronomy from the Renaissance to the rise of Astrophysics. Part A: from Tycho Brahe to Newton*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 81-105.
- VAN HELDEN, A. (1989b). The telescope and cosmic dimensions. Dins: R. Taton; C. Wilson, eds., *Planetary Astronomy from the Renaissance to the rise of Astrophysics. Part A: from Tycho Brahe to Newton*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 106-118.
- VAN HELDEN, A. (1994). Telescopes and authority from Galileo to Cassini, *Osiris*, 9, 9-29.
- VELARDE, J. (1989). *Juan Caramuel. Vida y Obra*, Oviedo, Pentalfa ediciones.
- WESLEY, W.G. (1978). The accuracy of Tycho Brahe's Instruments, *Journal for the History of Astronomy*, 9, 42-53

- WHITAKER, E. A. (1989). Selenography in the seventeenth century. Dins: R. Taton; C. Wilson, eds., *Planetary Astronomy from the Renaissance to the rise of Astrophysics. Part A: from Tycho Brahe to Newton*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 119-143.
- WHITAKER, E. A. (1999). *Mapping and naming the moon*, Cambridge, Cambridge University Press.
- WILLACH, R. (2001). The development of Telescope Optics in the middle of Seventeenth Century, *Annals of Science*, 58, 381-398.
- WILSON, C. (1989). Predictive Astronomy after Kepler. Dins: R. Taton; C. Wilson, eds., *Planetary Astronomy from the Renaissance to the rise of Astrophysics. Part A: from Tycho Brahe to Newton*, Cambridge, Cambridge University Press, pp.161-206.
- ZAMORA LUCAS, F.; PONCE DE LEON, E. (1947). *Bibliografía española de Arquitectura*, Madrid, Asoc. de librereros y amigos del libro.