

LA SECCIÓ CIENTIFICOTÈCNICA DE L'INVENTARI DE POSSESSIONS DE BERNARDINO DE CÀRDENAS EN EL MARQUESAT D'ELX (I)

Vicent F. SOLER SELVA
IES Sixto Marco (Elx)

INTRODUCCIÓ

En 1560, a la mort de Bernardino de Càrdenas i Pacheco, es va alçar un inventari de les seues possessions al marquesat d'Elx. L'inventari conté una secció sota l'epígraf «Libros y astrolabios y otras cosas» on es fa una relació que inclou, entre d'altres, textos i instruments matemàtics emprats en l'època i en àmbits tan diversos com el militar, l'enginyeria civil, l'arquitectura o les observacions astronòmiques.

Aquest treball gira al voltant d'allò descrit en l'esmentada secció de la llista de propietats del marquès d'Elx. L'estudi consta de dues parts: aquesta que ara us presentem i una segona part, elaborada per Joaquim Serrano i Jaén, que es publicarà en pròxims números de LA REL·LA. Llavors es farà una aproximació més detinguda a la figura de Bernardino de Càrdenas i s'aprofundirà en el coneixement del context històric en què va viure i del qual es va servir. En aquesta primera part donem a conèixer el contingut de l'apartat «Libros y astrolabios y otras cosas», identifiquem els títols dels textos i els autors o, en cas d'haver-hi dubtes, enunciem hipòtesis a partir dels arguments i les proves de què disposem i apuntem orientacions per a línies de recerca posteriors. També reconeixem i descrivim els fonaments dels instruments matemàtics i resumim el context del coneixement científicomatemàtic del segle XVI, on naixen o per on circulen els textos i els autors objecte d'estudi –sempre que fem referència



en aquest treball a un llibre o a un instrument de l'inventari, aquests apareixen destacats amb negreta, per tal de palesar l'entorn en què s'analiza el fet. Hi enunciem, així mateix, conjectures sobre la funció que tot aquest coneixement científicotècnic va poder jugar en mans del màxim governant de les terres de Crevillent, Elx i Santa Pola a mitjan segle XVI.

La difusió i el desenvolupament del coneixement científicotècnic durant el segle XVI porta a molts investigadors a concloure que es tracta de la conseqüència d'un requeriment de diferents sectors, però sobretot del polític. L'exemple d'interrelació entre diversos àmbits, com ara el politicomilitar i el científicotècnic, durant aquest segle evidencia, una vegada més, allò que s'ha dit tantes vegades: la tècnica no és ni bona ni dolenta, però tampoc no és neutral; cal descobrir les mans que la fan servir. El governant té unes obligacions a atendre i hi reclama la intervenció d'enginyers, arquitectes i matemàtics capdavaners i l'instrumental més modern a l'abast, sempre que li siga possible; si en l'actualitat ens sembla evident aquesta conducta, i clara la influència del coneixement científicotècnic en la societat, no hauriem de suposar que no es donara un comportament semblant en un segle, el XVI, farcit de novetats tècniques.

Enumerar, ni que només fos de manera simplificada, idees i fets bàsics que caracteritzen aquell segle, i que el configuren com a singular, ens ajudarà a entendre aquest suport mutu entre coneixement científicotècnic, política i societat. La corona d'Espanya viu els moments de major expansió, València manté una comunicació estreta amb la resta de centres intel·lectuals i comercials de la Mediterrània i de la resta d'Europa, a l'inici del segle XVI es funda la Universitat de València, els intel·lectuals renaixentistes continuen fent aportacions decisives que conduiran a un canvi definitiu en la forma d'entendre la filosofia natural (la voluntat de desprendre's de l'autoritat, l'aplicació de metodologia científica a la investigació, etc.). El segle XVI fou, a tot Europa occidental, una centúria d'expansió demogràfica i econòmica. La política governamental de Felip II va influir notablement sobre l'activitat científica i tecnològica de l'època: «Des de la corona, esperonada per les necessitats de la guerra i del control de l'imperi sempre es va encoratjar l'activitat d'enginyers, militars, arquitectes i inventors hispànics i estrangers».¹ Cal remarcar també que un dels principals problemes dels valencians del segle XVI era la inseguretat del litoral.

Bernardino de Càrdenas es va moure en aquest temps i espai des de l'atalaia dels més alts càrrecs públics com a governant (no oblidem, per exemple, la seua condició de virrei) i va contribuir a exemplificar el concurs del coneixement científicotècnic en l'àmbit polític. Que el marquès d'Elx va reservar al contingut dels textos i instruments de

¹ Josep Vicent BOIRA MAIQUES, «Viles, castells i torres de guaita al litoral valencià del segle XVI. Les cartes del virrei Vespasià Gonzaga Colonna», *Afers*, 19 (1994), p. 556.

l'inventari un altre ús ens resulta més difícil de provar amb les dades que tenien a l'abast; la manca de proves, però, no ha de tancar d'altres possibles destinacions d'una informació i instrumentació molt versàtil.

EL XVI: UN CONTEXT CRÍTIC PER AL CONEIXEMENT CIENTÍFIC

El concepte de *Renaixement* i el període de temps que abasta pot ser diferent segons les rames del saber de què es tracte; sabem, però, que una de les seues parts ocupa la primera meitat del segle XVI.

Una mirada diferent cap als clàssics portarà, durant aquest període, a generar noves aportacions al coneixement de la natura, però, paradoxalment, moltes vegades en oberta contradicció amb allò establert pels mateixos autors clàssics. Així, per exemple, serà durant aquest segle quan comencen a establir-se les bases d'una *nova ciència* que acabarà amb l'aristotelisme, defensat només pels corrents del cristianisme d'una manera monolítica.

L'obra d'Aristòtil o, de manera més general, la (re)lectura dels clàssics, no donava una resposta satisfactòria a totes les qüestions i les noves fronteres eren molt distintes: l'autoritat, com a fonament del saber científic, entra en crisi. L'humanista valencià Joan Lluís Vives (1492-1540), en uns advertiments primerencs, afirma que:

No hi ha dubte que és molt més convenient per al progrés de la cultura aplicar la crítica als escrits dels grans autors, que descansar peresosament en la sola autoritat... No està tan esgotada encara ni tan espremuda la natura, que ja no done a llum qualsevol cosa semblant als primers segles.²

De mica en mica la realitat/experimentació va arraconant la simple interpretació de textos. D'una altra banda, comença a esquarterar-se la barrera que s'havia creat o, si més no, enfortit en el període clàssic entre *la tradició artesana* i *la culta*; fins a aquest segle la tradició culta es desenvolupava mitjançant la discussió racional, i la tradició artesana romaníà considerablement aïllada. L'humanista valencià insisteix a exhortar l'intel·lectual a dirigir la mirada envers els problemes tècnics i recorda que l'home culte ha de llevar-se prejudicis i acudir a preguntar i aprendre dels artesans:

No tenga empacho de acudir a las ventas y a los obradores, y preguntar y aprender de los artesanos, las particularidades de su profesión; porque de muy atrás los sabios desdñaron apearse a este plano y se quedaron sin saber una porción incalculable de cosas que tanta importancia tienen en la vida.³

En aquest context —o configurant-lo— sorgeix un **Albert Durero** (1471-1528) pintor, gravador, estudiós de l'òptica, realitzador de disseccions del cos humà, autor d'obres com *Instrucció sobre la manera de mesurar* (1525), *Tractat de les fortificacions* (1527) i *Tractat de les*



² Citat en José María LÓPEZ PIÑERO - VÍCTOR NAVARRO BROTONS, *Història de la ciència al País Valencià*, Edicions Alfons el Magnànim, València, 1995, p. 62.

³ Vegeu *De disciplinis libri XX* (1531), en J. M. LÓPEZ PIÑERO - V. NAVARRO BROTONS - E. PORTELA MARCO, *Materiales para la historia de la ciencia en España: siglos XVI-XVII*, Pre-Textos, València, 1976, p. 33.



proporcions del cos humà (1528). S'estan creant les condicions per a l'aparició d'una nova metodologia científica, o millor, de la metodologia científica que hauria d'aparèixer, les característiques de la qual són, entre d'altres, el recurs a l'experimentació i al llenguatge matemàtic.

La matemàtica com a llenguatge per a expressar i *fer* física s'havia utilitzat en astronomia des de l'antiguitat, però els seus àmbits d'aplicació creixen ràpidament en aquest període. Leonardo da Vinci (1452-1519) arriba a afirmar que no hi ha certesa en la ciència si no s'hi pot aplicar una de les ciències matemàtiques,⁴ i Joan de Celaia (1490-1559) no oculta «el seu entusiasme per l'aplicació de les matemàtiques a la Física».⁵ Per una altra part, els arguments que utilitzà Nicolau Copèrnic (1473-1543) per al·legar en favor de la seua teoria sobre l'heliocentrisme enfront del geocentrisme defensat en el *Almagest* de Claudi Ptolemeu (90-168) eren fonamentalment de naturalesa matemàtica. Hi comencen a sorgir, a més a més, llibres com *Nova scientia*, escrit per Tartaglia (1500-1557), amb la pretensió de matematitzar la balística.

Els trets característics exposats (qüestionament de l'autoritat, valoració de la tècnica i incorporació de l'experimentació i la matemàtica en el tractament de la filosofia natural) no arranquen exclusivament del segle XVI i amb unes *grans figures*, però sí que és durant aquest segle quan es constitueix en un corrent sòlid que portarà a la revolució científica del segle XVII, un segle que tindrà a Espanya un final dramàtic amb el triomf de la mentalitat contrareformista durant el seu últim terç, que l'abocarà a l'aïllament definitiu.

Mentre bufaven aquests vents en el segle XVI, Bernardino de Cárdenas completava la seua biblioteca i adquiria la darrera generació d'instruments matemàtics per atendre les seues necessitats de governant d'una zona fronterera, i qui sap si alguna curiositat lúdica i científica.

VALÈNCIA, NI CAPDAVANTERA NI AL MARGE

El segle XVI s'enceta amb un Papa valencià, Alexandre VI (1431-1503), amb el qual comença a funcionar, per primera vegada, la Universitat de València.

En 1503 s'hi establí una càtedra de matemàtiques. L'ensenyament d'aquestes matèries, segons l'estructura universitària en l'edat mitjana, figurava en els estudis de les *arts liberals* (el *quadrivium*): aritmètica, geometria, astronomia i música.⁶ Durant el període renaixentista el nombre de matèries que s'inclouen dins la denominació general de *matemàtiques* o *matemàtiques i astrologia*—com s'anomenava en altres universitats contemporànies— s'amplia, i s'hi inclou l'aritmètica, la geometria, l'òptica geomètrica o perspectiva, la geografia, l'astronomia i l'astrologia, la hidrografia, etc.

⁴ Stephen F. MASON, *Historia de las ciencias. La revolución científica de los siglos XVI y XVII*, vol. II, Alianza Editorial, Madrid, 1990, p. 36.

⁵ J. M. LÓPEZ PIÑERO - V. NAVARRO BROTONS, *op. cit.*, p. 90.

⁶ Richard MANKIEWICZ, *Historia de las matemáticas*, Paidós, Barcelona, 2000, p. 52.

Un grup important de valencians, com ara Joan de Celaia, Pere Jimeno, Jeroni Domènech, etc., van estudiar a París, Bolonya o Roma durant el segle XVI.⁷ Aquestes eixides per entrar en contacte amb aquells pensadors, la tasca dels quals estava en la frontera del coneixement d'aleshores, no foren infreqüents.

Jeroni Muñoz va ampliar estudis a diversos llocs d'Europa i es confessava deixeble d'**Oronci Finé** (1494-1555), matemàtic i cartògraf del Col·legi de França. Jeroni Muñoz ocupà a partir de 1565 les càtedres d'hebreu i matemàtiques a la Universitat de València. Aquest autor va ser un dels observadors privilegiats de la supernova que començà a veure's pel novembre de 1572. Als seus treballs va fer referència més tard el danès Tycho Brahe (1546-1601), el qual considerà Jeroni Muñoz un dels primers geòmetres del segle. Per una altra banda, Jeroni Domènech ha estat citat també per Galileu.

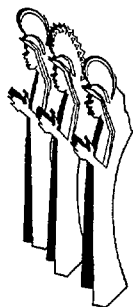
En 1552 es publicà a València el *Libro primero de Arithmetica Algebraica*, de l'alemany resident en aquesta ciutat, Marco Aurel. Aquest autor és considerat l'introduïdor de l'àlgebra a Espanya, encara que va ser Juan Pérez de Moya, autor dels millors tractats de matemàtica en castellà, el seu principal divulgador. Per la seua rellevància, farem referència a aquests matemàtics més avall, en tractar de la descripció dels instruments de Bernardino de Càrdenas.

No tenim la certesa que Bernardino de Càrdenas no puguera de la Universitat de València tècnics per portar endavant les seues empreses, però tampoc no podem descartar-ho. Desvetllar quins eren els tècnics que seguien el marquès d'Elx és una tasca per a futures investigacions.

NOTES SOBRE L'ASTRONOMIA DEL SEGLE

S'ha afirmat que durant aquest segle l'astronomia d'observació va experimentar un impuls. L'interès per aquesta ciència està relacionada amb problemes d'ordre pràctic, com ara la reforma del calendari julià. De les diverses propostes promogudes per l'Església, va sorgir en 1582 el que s'anomenaria *calendari gregorià*,⁸ que constitueix el calendari actual. Altres fets, com ara el desenvolupament de la cartografia, la geografia i la navegació, estretament lligats als grans descobriments iniciats a finals del segle XV, van donar a l'astronomia una importància social fins aleshores desconeguda,⁹ de manera que alguns coneixements van assolir valor estratègic i, consegüentment, eren presents en circuits escollits pels governants.

A finals del segle XV la premsa, inventada per Gutenberg (1394-1468), s'havia estès per tot Europa i ja en 1475 s'imprimia a València. Els textos sobre astrologia es trobaven entre els preferits pels impressors. Durant el Renaixement l'astronomia apareixia relacionada amb l'astrologia i les aplicacions a la medicina, el calendari, la mesura del temps, etc.¹⁰ Durant



⁷ J. M. LÓPEZ PIÑERO - V. NAVARRO BROTONS, *op. cit.*, p. 87.

⁸ A. GARCÍA SANZ, «Astronomía i calendaris» en *AD, 1490: en el umbral de la modernidad*, vol. I, Consell Valencià de Cultura, València, 1994, p. 389-404.

⁹ Felipe PICATOSTE Y RODRÍGUEZ, *Apuntes para una biblioteca científica española del siglo XVI*, Imprenta y Fundación de Manuel Tello, Madrid, 1891, p. 205.

¹⁰ J. M. LÓPEZ PIÑERO - V. NAVARRO BROTONS, *op. cit.*, p. 100.



aquest període, les estretes relacions entre l'astrologia i la medicina es van intensificar; metges en la seua formació inicial, com ara **Oronci Finé**, Cardano o Copèrnic, van esdevenir destacats membres dins l'àmbit de l'astronomia. Les necessitats tècniques, juntament amb l'impuls afavoridor donat pels humanistes, va fer que l'astronomia guanyara, de mica en mica, implantació social; una prova n'és l'estreta relació, ja esmentada, entre l'astronomia, l'astrologia i la medicina a la Universitat de València, on, a partir de 1540, s'establí l'obligatorietat dels batxillerats en *arts* per als estudiants de medicina —recordem que aquest batxillerat incloïa, entre d'altres, estudis d'astronomia. Entre els metges-astrònoms d'aquest segle destaca el valencià Joan Martí Poblacion, professor de matemàtica i medicina a París. Poblacion va publicar en 1520 *De usu astrolabi compendium*, un tractat sobre l'ús de l'**astrolabi**. En aquest llibre, després de fer una descripció detallada de l'instrument, exposa, entre d'altres, l'aplicació per a prendre-hi mesures astronòmiques.

Les crítiques que comencen a rebre els models cosmològics, o sistemes del món, fins aleshores acceptats (geocentrisme) i les noves propostes alternatives (heliocentrisme), constitueixen una altra raó de pes perquè *mirar al cel* guanyara interès durant el segle xvi. Per tant, no podem afirmar de manera definitiva que Bernardino de Cárdenas visquera completament al marge de l'observació dels estels, ja que disposava d'un instrumental vàlid per a la seua observació, tenia un cel a l'abast que afavoria aquesta observació i vivia en un moment en què la interpretació del cel conegut estava a les portes de *ser abolit*. En 1543 es va publicar *De revolutionibus orbium coelestium* de Copèrnic, i el fantasma de l'heliocentrisme recorria Europa.

LA MATEMÀTICA DEL SEGLE XVI

A finals del segle xv i començament del xvi l'Europa occidental experimentà un creixement demogràfic i una expansió econòmica que anaven acompanyades d'un augment en l'elaboració de productes manufacturats i d'intercanvi comercial. Per diversos motius, en el segle xvi es configurà un context on la importància de la mesura creixia de mica en mica: d'una banda, els descobriments geogràfics i les necessitats de control politicomilitar esperonaven l'eixamplament del coneixement en astronomia i cartografia i, de l'altra, trobem el perfeccionament de l'artilleria d'aleshores i de l'arquitectura militar, que havia d'estar en consonància amb aquest armament, entre d'altres aspectes a tenir en compte.

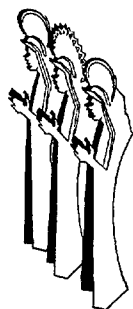
Tot això va fer florir allò que en les universitats s'anomenaven *Ars menors*; no obstant això, de vegades, els progressos es produïen al marge de les universitats. Però, amb independència de l'origen, aquests mai no eren ignorats per les institucions de poder polític i econòmic que s'hi

estaven configurant. Les exigències esmentades van donar lloc a tot un seguit d'avanços en l'aritmètica, com ho proven els nombrosos exemples de tractats pràctics d'aquesta disciplina que ens han arribat fins a l'actualitat. Aquests tractats aplicats esdevenen l'inici de l'àlgebra simbòlica; i la publicació, en 1545, de l'*Ars Magna* de Gerolamo Cardano (1501-1576) va ser la fita primerenca d'aquesta branca de la matemàtica.

L'aritmètica comercial no va ser en els seus orígens la vulgarització d'un saber aritmètic de més alçada, elaborat en la universitat, sinó un autèntic saber alternatiu, resposta a unes noves necessitats i elaborat, òbviament, per gent identificada amb les noves preocupacions.¹¹

La llengua de la universitat era el llatí —els llibres de l'inventari estan tots escrits en aquesta llengua—, però aquests tractats de matemàtiques van ser escrits en llengua vulgar. Sovint, la universitat continua valorant les interpretacions filosòfiques per damunt de les aplicacions pràctiques. Les universitats més importants eren a París, Oxford i Roma, però les primeres obres d'aritmètica i àlgebra van aparèixer a Lió, Londres, Florència i Venècia, totes ciutats amb un desenvolupament comercial puixant; s'arriba a afirmar que les universitats reservaven les matemàtiques per a aquells estudiants que no semblaven capacitats per a reeixir en estudis de filosofia i teologia; però, les escoles dels gremis —tallers d'artistes-artesans, com és el cas de Leonardo da Vinci, etc.— reservaven a la matemàtica un lloc d'honor. A més a més, el currículum de matemàtica a la universitat continuava sent dominat per la geometria i l'aritmètica especulativa: la quadratura del cercle, la problemàtica numerològica, etc. El llenguatge matemàtic avança al marge de la universitat i s'introdueixen signes com ara +, -, =, etc., de manera que els enunciats i les solucions dels problemes s'allunyen de la forma retòrica tradicional. Els fruits hi estan en consonància, i una mostra d'això són les figures de la talla de Tartaglia, *Quesiti et inventioni diversi* (1546); Cardano, autor de l'*Ars Magna* (1545); M. Stifel, (1487-1567), autor del llibre d'àlgebra més important escrit a Alemanya durant el segle XVI, *Arithmetica integra* (1544), etc. Si les obres esmentades sorgeixen al marge de la universitat, aquesta genera obres com *Arithmetica practica* (París, 1535), d'Oronci Finé, «d'importància menyspreable al costat de treballs d'àlgebra que eren realitzats contemporàniament».¹² Bàsicament, i sense detenir-nos ara a identificar l'origen de l'aportació —universitària o extraacadèmica—, la matemàtica va avançar en tres camps principals: trigonometria, càlcul i àlgebra.¹³

Tot plegat va fer que l'actitud envers la matemàtica fóra positiva al final del segle. En general, trobem consens en l'afirmació que és característica del període del Renaixement la clara implicació de la matemàtica en el desenvolupament social. Felip II, per exemple, va decidir la creació de l'Academia de Matemáticas, a iniciativa del nombrós grup



¹¹ Antoni MALET - Jaume PARADÍS, *Els orígens i l'ensenyament de l'àlgebra simbòlica (1478-1545)*, volum I, Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona, Barcelona, 1984, p. 63.

¹² A. MALET - J. PARADÍS, *op. cit.*, p. 42-43.

¹³ Wolfgang ARNOLD - Hans WUSSING, *Biografías de grandes matemáticos*, Pressas Universitarias de Zaragoza, Saragossa, 1989, p. 107-108.



d'arquitectes, enginyers civils i militars, artillers, etc., que estava convivint en la Cort des de temps enrere.¹⁴

LA MATEMÀTICA EN LA SOCIETAT DEL SEGLE XVI A ESPANYA I BERNARDINO DE CÀRDENAS

Com s'ha palesat fins ara, durant el segle XVI la consciència sobre la importància de la matemàtica era evident per als especialistes de l'època i per als qui hi posseïen el poder. El pròleg de l'obra de Juan Pérez de Moya¹⁵ en constitueix un exemple molt aclaridor:

Que viniendo a mis manos esta fabrica universal y travazon artificiosa, que en efecto es de Mathematicas la summa, entendiendo bien la gran necesidad que ay en España destos principios y fundamentos, no sólo para las scientificas, mas para todas las artes mechanicas [...] para el arte Militar que diriamos, sino que muy mal podria fabricar un Capitan un puente para un espacioso rio, sino sabe la latitud, o anchura suya? Como podra tomar la medida de las escalas y de los demas intrumentos bellicos, sino sabe la altura de los muros y torres, y profundidad de las çanjas, y baluartes? Como sabra en que lugar se ha de assentar la artilleria, sino es sabida primero la distancia y sitio de lugares?

Però l'interès per la matemàtica, a l'Estat espanyol, pot semblar que no ultrapassa aquests àmbits especialitzats i d'interessos molt concrets, com aviat mostrarem. El fracàs de les propostes en les Corts de Castella, tot i que comptaven amb el suport reial, per a establir escoles de matemàtiques a les principals ciutats castellanen és apuntat com una prova que la societat no veia en les matemàtiques la utilitat i, per tant, la necessitat d'aquest aprenentatge que d'altres, els coneixedors de la disciplina, defensaven.

Una altra prova de l'escàs ressò que la publicació de tractats de matemàtiques va tenir en la societat de l'època la constitueixen les declaracions de Jeroni Muñoz, qui va afirmar que «és d'imprudents, encara més, de pròdigs, voler editar a Espanya res de matemàtiques, ja que les despeses d'impressió són enormes i els llibres no s'hi venen».¹⁶

Aquesta opinió generalitzada, poc favorable a l'estudi de la matemàtica, explicaria la vehemència dels al·legats en favor de la seua utilitat, que trobem en els pròlegs i les introduccions de les obres de l'època, i no a l'inrevés. Fins i tot es deia als nobles que:

Es conveniente el tener una breve noticia de todas ellas (las Ciencias), [encara que] sin dar todo el tiempo y cuydado a estos estudios..., [perquè] ...no se ha de dexar por ellas el estudio de la Filosofia natural y moral... porque éstas son disposición para los estudios de la santa Teologia, que es la ciencia más alta y más digna de gente noble.

¹⁴ J. M. LOPEZ PIÑERO - V. NAVARRO BROTONS i E. PORTELA MARCO, *op. cit.*, p. 8.

¹⁵ JUAN PÉREZ DE MOYA, *Tratado de Matemática en que se contienen cosas de Arithmética, Geometría, Cosmographia, y Philosophia Natural. Con otras varias materias necesarias a todas artes Liberales y Mechánicas*, 1573, Arxiu Històric d'Oriola (AHO).

¹⁶ Citat en J. M. LOPEZ PIÑERO - V. NAVARRO BROTONS, *op. cit.*, p. 112.

Així apareix reflectit en el *Libro de la buena educación y enseñanza de los nobles* (1595), de Pedro López de Montoya. Si admetérem les conclusions de Salavert i Graullera,¹⁷ almenys en la València del segle XVI la noblesa no se'n féu gaire ressò, ja que, segons els autors esmentats, «el principi definitori de l'aristocràcia era l'ociositat». També hi hagué notables excepcions, entre les quals destaca la de **Juan de Rojas**, un dels nobles que es dedicà en el segle XVI exclusivament a les ciències i —si recordem el que apareix en l'inventari de Bernardino de Càrdenas— que no sembla tampoc pertànyer al grup d'*ociosos*.

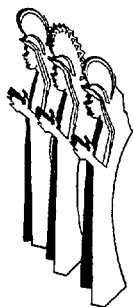
Per una altra banda, la majoria dels ciutadans de l'època, analfabets en un 90%, només podia sentir indiferència o admiració davant uns coneixements que li resultaven inabastables. Així doncs, la difusió de la matemàtica i la seua aplicació quedava reduïda en realitat als membres d'un petit grup, entre els quals destaca, com a impulsor, Felip II, convençut de la utilitat de la ciència; estaria justificat afegir a aquest grup, com hem assenyalat, el marquès d'Elx. Sembla provat que tots els esforços de la Cort se centraren en aspectes aplicats de la ciència, mentre que la ciència pura no va rebre el mateix suport ni impuls.¹⁸ A Espanya, durant el segle XVI, les matemàtiques són concebudes com un instrument que facilita la vida social, és a dir, no són considerades tant com un saber acadèmic «sinó més aviat pròxim a les habilitats mecàniques pròpies de mercaders, navegants, arquitectes, constructors de vaixells i fabricants de canons».¹⁹

Si és així, és lògic imaginar Bernardino de Càrdenas acomboiat per un equip de gent perfectament instruïda en la construcció i el maneig d'aquests instruments i en la interpretació dels textos corresponents, per fer-los servir en aplicacions concretes com ara el coneixement detallat del litoral mediterrani de la Península —vegeu-ne l'extensa col·lecció de mapes de l'inventari—, la construcció del castell de Santa Pola, etc.

LA UNITAT DELS TEXTOS DE L'INVENTARI

Sota una aparent diversitat de continguts tractats en els textos relacionats amb l'inventari de Bernardino de Càrdenas, s'hi albira una unitat fonamentada en una destinació comuna: l'aplicació d'unes tècniques per al millor coneixement i control d'una zona clau del País. Aquests coneixements, en altres mans, podien tenir una finalitat ben diferent, ja que l'observació d'estels, la navegació, l'elaboració de mapes, etc. tenen un tronc comú de fonamentació teòrica i d'instrumentació matemàtica: en tots els casos esmentats calia *mirar al cel*.

Construir fortificacions, alçar mapes, traçar plànols, etc. es redueix en últim terme a mesurar, juntament amb el temps, les distàncies, les alçades, les amplàries i les profunditats. Per a la determinació d'aquestes magnituds, en el segle XVI es feien servir astrolabis, quadrants, planisferis, l'anell de tres cercles amb l'anell astronòmic, nivells, etc. Els tractats



¹⁷ V. L. SALAVERT - V. GRAULLERA, *Professió, ciència i societat a la València del s. XVI*, Curial, Barcelona, 1990, p. 173.

¹⁸ J. M. LÓPEZ PIÑERO, *Ciencia y técnica en la sociedad española de los siglos XVI y XVII*, Labor, Barcelona, 1979, p. 20.

¹⁹ A. MALET - J. PARADÍS, *op. cit.*, p. 64.



que hi estan relacionats descriuen aquests instruments i donen les bases teoricoopràctiques necessàries per a la seua aplicació.

Maroto i Piñeiro²⁰ ho resumeixen de manera clara de la forma següent:

No és possible separar les activitats dels cosmògrafs, els geògrafs i els astrònoms. Ja que tant uns com altres es dedicaren no sols a la descripció de les terres i mars coneguts i a la confecció de cartes i mapes, sinó també a l'estudi del moviment dels cossos celestes i a l'elaboració de cartes i taules astronòmiques [...] les dades astronòmiques eren imprescindibles per a la traça de les cartes i padrons, tant terrestres com marítics.

Pel que fa a l'inventari de Bernardino de Càrdenas, el contingut d'alguns textos evidència una diversitat d'aplicacions dels coneixements i els instruments que s'hi relacionen. Amb la lectura d'aquests textos per separat no es resolndria de manera definitiva i indiscutible la destinació que els va donar el marquès d'Elx. Cal informació addicional de l'època i del personatge i una lectura del conjunt de textos considerats per a poder avançar la hipòtesi més plausible; la destinació a empreses militars n'és la més important; finalitat única per a alguns llibres de l'inventari.

LA FINALITAT: MILITAR, PER DESCOMPTAT

Com indica, entre d'altres, Boira,²¹ un dels principals problemes dels valencians del segle XVI era la inseguretat del litoral. Les actuacions de Bernardino de Càrdenas al sud del País Valencià formen part de les necessitats defensives de la monarquia espanyola al llarg d'aquest segle.²² Des de la corona, moguda per les necessitats de la guerra i el control de l'imperi, s'estimulava l'activitat d'enginyers, militars, arquitectes i inventors hispànics i estrangers per a assolir els objectius de la política reial.

A més a més, Bernardino de Càrdenas tenia motius especials per a vigilar els seus insubmissos vassalls. La possessió pels Càrdenas d'Elx i Crevillent i els seus termes, incloent-hi Santa Pola, havia estat en contra de la voluntat de la població. Així, el Consell General de 1481 que es va dur a terme a Elx, després de veure que el seu terme «fue arrasado por un pelotón de 400 ginetes que sembraron el exterminio i la muerte por todas partes»,²³ acordà lliurar la possessió a Gutierrez de Càrdenas. No menys violenta fou la presa de possessió pel seu successor, Diego de Càrdenas: «[...] las tropas imperiales, que ya habian sentado su real en la ermita de San José. Dos días estuvo disparando la artilleria sobre este pueblo».²⁴ En general «el senyoriu es configurà com una conflictiva superestructura disposada a interferir la vida política dels teòrics vassalls».²⁵

Una síntesi que palesa la importància del domini de la matemàtica aplicada i dels instruments matemàtics de l'època en l'àmbit militar és l'obra i les opinions de Diego de Álava y Viamont (1555-?), *El Perfecto Capitán*. Diego de Álava tracta en el llibre quart de «todos los géneros

²⁰ Mariano ESTEBAN PIÑEIRO – M^a Isabel VICENTE MAROTO, *Aspectos de la ciencia aplicada en la España del Siglo de Oro*, Junta de Castilla y León, Consejería de Cultura y Bienestar Social, Valladolid, 1991, p. 75-76.

²¹ Josep Vicent BOIRA MAIQUES, «Geografía i control del territori. El coneixement i la defensa del litoral valencià al segle XVI: l'enginyer Joan Baptista Antonelli», *Cuadernos de Geografía*, 52 (València, 1992), p. 183-199.

²² Alicia CÁMARA MUÑOZ, «Las torres del litoral en el reinado de Felipe II: una arquitectura para la defensa del territorio», en *Espacio, tiempo y forma. Serie VII, Historia del Arte*, vol. III, 1990, p. 55-86.

²³ Pere IBARRA i RUÍZ, *Historia de Elche*, V. Botella, Alacant, 1895 (edició facsímil de M. Pastor, Elx, 1982, «Papers d'Elx»), p. 130-131.

²⁴ IBÍDEM, p. 144-145.

²⁵ Joaquim SERRANO i JAÉN, *De patricis a burgesos. Les transformacions d'una oligarquia terratinent: Elx, 1600-1855*, Ajuntament d'Elx/Institut de Cultura Juan Gil-Albert, Alacant, 1995, p. 34.

de medidas necesarios para el uso de la Artillería con **Planisferio, Astrolabio, Quadrante** y otros instrumentos Matemáticos» i comença posant de relleu la importància de l'altimetria per als artillers:

Mal se podrá usar de la Artillería, si primero que se asesta al lugar que se à de batir no se conociere puntualmente la distancia que ay hasta el puesto, donde se hubieren de asestar las pieças; porque si la pieça se dispara sin otra seguridad del espacio de tierra que ay en medio, de que el artillero da, fiado en lo que ellos llaman borneo del ojo, en un poco más o menos, que suele tener de error la mitad del camino, y primero que se acierte a la muralla o blanco adonde esta asestada, se avrán tirado muchos tiros al aire de ningún efecto y despertado al enemigo si esta inorante del daño que se le procura hazer...²⁶

Els tractats d'arquitectura i enginyeria i la seua aplicació militar han aparegut molt vinculats entre si, en particular per a alguns dels autors inclosos en l'inventari de Bernardino de Cárdenas. Així, per exemple, en els tractats d'arquitectura apareixen sovint qüestions referents a arquitectura militar. Aquesta havia sigut considerada, per exemple, per Vitruvi, ²⁷ com una part de l'edificació pública; d'una altra banda, no és insòlit trobar tractats d'arquitectura militar amb referències a construcció civil. Valturius i Albert Durero hi iniciaren una nova orientació.

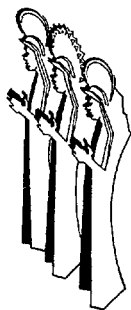
Les estratègies de la guerra s'hi van veure abocades a canvis profunds, com a conseqüència del perfeccionament de l'artilleria. Les fortificacions i, en general, l'arquitectura militar va haver d'adaptar-se a les noves armes. Alicia Cámara²⁸ proposa Valturius, autor *De re militari* (1455), i Albert Durero, amb el *Tractat de les fortificacions* (1527), com els primers autors que publiquen treballs específics, diferents dels de l'arquitectura en general publicada fins aleshores.

ELS LLIBRES DE L'INVENTARI

Durant aquest segle es publicaren molts tractats pràctics d'aritmètica, geometria i llibres on es descrivia detalladament la utilització i, fins i tot, la construcció dels instruments matemàtics coneguts fins aleshores.

El text *Elemental cosmographium* que se cita no ve acompanyat de cap referència a l'autor, l'any d'edició, etc. que ens permeta identificar-lo de manera inequívoca. El 1533 es publica a Anvers la *Cosmographia* de Pedro Apiano, modificada per Rainier Gemma Frisius (1508-1555), professor de matemàtica de Lovaina i cosmògraf reial de l'emperador Carles V,²⁹ aquesta obra gaudi d'una gran difusió: una traducció al castellà de l'obra d'Apiano i Frisius aparegué en 1548.

Les publicacions sobre cosmografia eren freqüents en aquest segle. El cosmos i el món, des de finals del segle xv, van estar sotmesos a importants descobriments, que obligaren continuament a revisar-ne la interpretació, malgrat la resistència mostrada des de l'oficialitat: l'església



²⁶ Diego de ÁLAVA Y VIAMONT, *El Perfecto Capitan, instruido en la disciplina Militar, y nueva ciencia de la Artilleria*, 1590, 189, DHM.

²⁷ Marcus VITRUVIUS POLLIO, *De Architectura Libri Diece. Traducti de Latino invulgare, affigurati, comentati &...*, Como, 1521, AHO.

²⁸ Alicia CÁMARA MUÑOZ, *Arquitectura y sociedad en el Siglo de Oro: idea, traza y edificio*, El Arquero, Madrid, 1990, p. 164-250.

²⁹ M^a Isabel VICENTE MAROTO, «Instrumentos matemáticos del siglo XVI», *Investigación y Ciencia*, (desembre 1993), p. 6-13.



i la universitat³⁰. Un exemple clar el tenim en l'obra *Dos libros de Cosmographia. Compuestos nuevamente*,³¹ de Jerónimo Girava Tarragones, publicat en 1556.

Els possibles destinataris d'aquests textos podien ser d'allò més divers si ens atenem al que diu Girava en la introducció del llibre suara esmentat:

Que la Cosmographia sea necesaria para qualquiera action humana, asi en la administracion de las Republicas; como tambien en las cosas de la Guerra; está provado ya [...] dezia Strabon en el libro primero de su Geographia, Verdaderamente avemos de pensar, que si el que algo pretiende en la Ciudad, ò sean negocios, tiene necesidad de alguna sciencia, la tiene de aquesta; la qual es la que mas le conviene, y que cada dia se le ofrece. Y a la verdad, aprovechando tanto, como claramente se vee que aprovecha, à las cosas civiles, à los negocios de los Principes, al conocimiento y sciencia de lo que ay en el Cielo, en la Tierra, y en el Mar [...] Siendo mi primera i principal intencion de scrivir y traçar las partes mas y menos insignes de aquesta Tierra, que llamamos Mundo...

El *Tabulae directionum*, obra escrita per l'alemany Johann Müller (1436-1476) —més conegut com **Regiomontano** (o Joannis de Montereio)— matemàtic i astrònom, es va publicar en 1490, després de la seua sobtada mort causada per la pesta. El *Tabulae directorium* és un tractat de trigonometria que inclou taules de raons trigonomètriques, de gran utilitat en la resolució de problemes d'altimetria, l'art de mesurar «anchuras y larguras, ò alturas, ò honduras, segun linia recta de los cuerpos», si atenem a la definició de Perez de Moya i, en general, en la mesura de distàncies en arquitectura, enginyeria militar, alçat de planols, etc.

Regiomontano és també autor de l'obra *De triangulis omnimodis* (1533), una exposició sistemàtica dels mètodes de resolució de triangles que marca el renaixement de la trigonometria, ja que en fa una disciplina independent de l'astronomia. L'alemany hi introduí l'ús de la tangent i creà el terme *sinus*.

Théodore Graesse³² cita una obra de Joannis de Montereio, de 167 fulls, in fol. editada en 1496 i titulada *Epytoma in almagestum ptolomei*, la mateixa que apareix referida en l'inventari de Bernardino de Càrdenas.

El *libro de planisferio* (suposem que es refereix al llibre de **Juan de Rojas**, publicat a París en 1550, titulat *Commentariorum in astrolabium quod planisphaerium vocant*³³) descriu els usos de dos instruments: l'**astrolabi** i el **planisferi**. **Juan de Rojas** Sarmiento estudià astronomia a Flandes amb Gemma Frisius.

Marcus **Vitruvius Pollio**, arquitecte que va viure en el segle I aC, va escriure *De Architectura*, un tractat en què no sols parla de construcció sinó també de mecànica, d'hidràulica i de les seues aplicacions tant en enginyeria civil com militar. Aquesta obra, de gran difusió en l'edat mitjana, es va traduir gairebé a tots els idiomes.

³⁰ W. G. L. RANGLES, *De la tierra plana al globo terrestre. Una rápida mutación epistemológica, 1480-1520*, Fondo de Cultura Económica, Mèxic, 1990.

³¹ En l'arxiu històric d'Oriola se'n conserva un exemplar.

³² T. GRAESSE, *Trésor de livres rares et précieux*, vol. IV, 1863, p. 588. AME.

³³ M. I. VICENTE MAROTO, «Instrumentos matemáticos del siglo XVI», *Investigación y Ciencia* (desembre 1993), p. 7-8.

El llibre *De Architectura Libri Diece*³⁴ va ser traduït a l'italià i publicat a Como en 1521; a més dels capítols dedicats a l'arquitectura pròpiament dita, en el capítol desè es poden trobar apartats que aborden temàtica tan diversa com la següent: «De la Coclea quale eleva magna copia de aqua: ma non cofi altamente» referit a la construcció d'una màquina hidràulica; «Del modo de accodare & temperare le catapulte & baliste», sobre armament, o «De le core oppugnatorie et defensorie: et primeramente de la invention del ariete: et lui machina» que tracta d'armament i estratègia militar. *De Architectura* constitueix, doncs, un exemple de publicació en què es podien trobar indistintament referències a construcció civil i a arquitectura militar.

En l'inventari apareix *Vegetius de re militari*, títol que fa referència al tractat *Rei militaris institua*, també anomenat *Epitoma rei militari*, obra de Flavius Vegetius Renatus, expert militar romà que visqué en el segle IV dC. El tractat de Vegetius va ser el de major influència en l'àmbit militar durant l'edat mitjana. Vegetius es caracteritza, per exemple, per l'èmfasi que posa en la necessitat d'entrenament constant i de disciplina severa per a tenir unes forces destructives eficients.

Trobem, també en l'inventari, *Oronçij phinei arithmética practica*. **Oronci Fineo** o **Finé**, el primer professor de matemàtica del Col·legi de França a París, creat en 1532. Va esdevenir un dels autors que influïria en la cultura científica del segle XVI, encara que, per a altres autors, l'opinió dels quals ja ha estat esmentada, la seua aportació en alguns àmbits fou «d'importància menyspreable». A Espanya és un autor conegut: Jeroni Muñoz en seria deixeble, i Juan Pérez de Moya s'hi referia com una font important de la seua recopilació i divulgació en castellà de treballs de matemàtiques. El cosmògraf Jerónimo Girava va revisar la traducció del llatí al castellà de *Los dos libros de Geometria Práctica* d'**Oronci Finé**. Segons M. I. Vicente Maroto, a la Biblioteca Nacional de Madrid se'n conserva el text manuscrit de la traducció amb «magnífiques figures que fa pensar que estava preparada per a una edició que malauradament no tingué lloc».³⁵ La versió en castellà va començar a circular en 1553,³⁶ set anys abans de la mort de Bernardino de Càrdenas.

Hi trobem citat també **Esteflellini** i **Stephelini**, noms que ens inclinem a suposar que fan referència al mateix autor, és a dir, al Giovanni Stoflerino esmentat per Cosimo³⁷ en la seua obra, o al Joannes Stöffler, del qual parla Graesse.³⁸ Stöeffler o Stoefflerino va ser autor del *Euclidatio fabricae usque Astrolabii* (1513) i del *Calendarium romanum magnum Caesareae majestadi dictatum* (1518). Aquestes dues obres figuren en la biblioteca de Bernardino de Càrdenas. Així mateix, hi trobem el tractat [De] *rebus celestibus*, publicat en 1512 pel polític i humanista italià **Giovani Pontano** (1426-1503), escriptor prolífic que va deixar, entre d'altres, diversos treballs sobre astronomia.



³⁴ En la AHO se'n conserven altres dues traduccions: una de l'any 1536 i una altra de 1758. A partir de l'edició de Como, segons T. Graesse, se'n féu una altra en 1523 in-8°, mides que corresponen a l'exemplar de l'inventari.

³⁵ M. I. VICENTE MAROTO, «Instrumentos matemáticos del siglo XVI», *Investigación y Ciencia* (desembre 1993), p. 10.

³⁶ F. PICATOSTE Y RODRÍGUEZ, *Apuntes para una biblioteca científica española del siglo XVI*, Imprenta y Fundación de Manuel Tello, Madrid, 1891, p. 132, DHM.

³⁷ COSIMO BARTOLI, *Del modo de misurare le distantie, le superficie, i corpi, le piante, le provincie, le prospettive & de gli altri più occorrere a gli huomini, secondo le vere regole d'Euclide & de gli altri più lodati scrittori*, 1614 (1a edició de 1564), AHO.

³⁸ T. GRAESSE, *Trésor de livres rares et précieux*, vol. VI, 1863, p. 501-502, AME.



No tot ha estat identificat de manera clara i inequívoca. Resta per al futur esbrinar, per exemple, allò que en l'inventari apareix relacionat com un *Musterus de orologus in quarto et corio nigro*, que s'ha resistit en el primer intent de reconeixement.

ELS INSTRUMENTS MATEMÀTICS

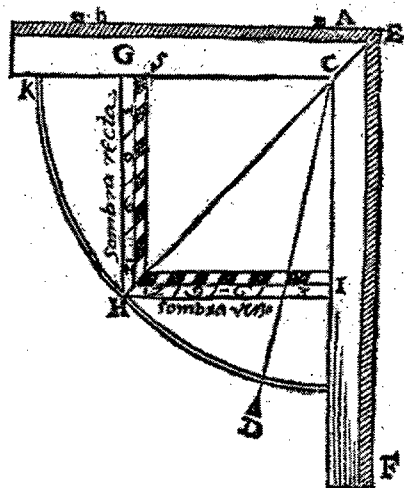
A continuació mostrem, de manera succinta, la descripció i l'aplicació dels instruments matemàtics que manejaven el marquès d'Elx i els tècnics que l'assistien. La informació que cal per a aquesta descripció s'ha tret de textos del segle XVI citats al llarg d'aquest treball o s'hi ha contrastat. Farem referència, en alguns casos, a tractats de l'època i que, tot i no que no figuren en l'inventari de les possessions de Bernardino de Càrdenas, podien haver passat per les mans dels tècnics, ja que tenen un contingut i una finalitat semblants als inventariats. La consulta del llibre *Aspectos de la ciencia aplicada en la España del Siglo de Oro*, diverses vegades referida, ha estat essencial per a poder descriure'ls.

La geometria euclídea, en allò referent a les relacions existents entre triangles semblants i la teoria de les proporcions, constitueix el fonament d'aquests instruments de mesura. Així, per exemple, hi trobem que la raó de costats de triangles semblants és una propietat que explica el principi del funcionament de molts dels instruments de l'inventari de Bernardino de Càrdenas. Els coneixements matemàtics en geometria eren la base de la «formació dels enginyers de l'època, la qual havia de completar-se amb una experiència de la guerra».³⁹

El quadrant

Juan Pérez de Moya, en el volum de geometria de la seua obra *Tratado de Mathematica...* (1573)⁴⁰ descriu, i acompanya amb exemples d'aplicació, el quadrant de cercle i el quadrant geomètric, instruments utilitzats en altimetria des de l'edat mitjana. Ací ens en referirem solament al primer.

El quadrant, o quadrant de cercle —com el que es mostra en la figura adjunta— està



Quadrant de cercle (J. Pérez de Moya, 1573).

³⁹ Alicia CÁMARA MUÑOZ, «El dibujo en la ingeniería militar del siglo XVI», *A Distancia* (octubre 1991), p. 24.

⁴⁰ J. PÉREZ DE MOYA, *op. cit.*

constituït per un quadrat d'ombres (IHG) inscrit en un quart de cercle; cada un dels costats d'aquest quadrat estava dividit en dotze parts iguals «aunque esta en tu mano dividirlo en mas o menos». Portava incorporada, a més, una plomada (CD).

Calia mirar pels forats de les pínules (Ab) «el fin de la cosa que se midiere» i anotar-hi el nombre de divisions per on tallava el fil de la plomada o perpendicular (CD) del quadrat d'ombres.

Els materials i els procediments per a l'elaboració del quadrant també apareixen especificats en l'esmentat tractat: «Haz de metal, o de madera seca de box un instrumento al modo que en la figura paresce, grueso como un dedo alomenos, ò mas lo que quisieres».⁴¹

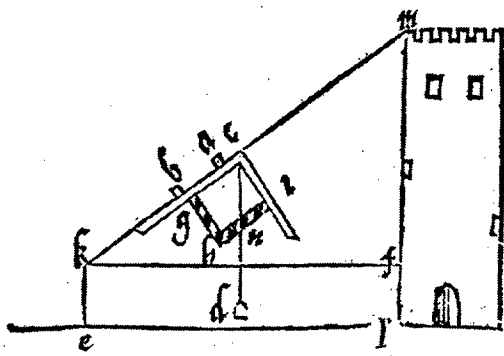
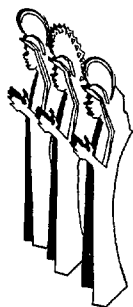
Mostrem a continuació un exemple d'aplicació del quadrant de cercle, profundament explicat en el llibre esmentat i exemple representatiu dels textos de matemàtica aplicada del segle XVI. En el capítol sisè, Juan Pérez de Moya tracta de com «medir altura, que se puede llegar a ella»; comença així: «Afirmo tu instrumento sobre una vara [...], y muevelo a una parte, ò a otra, de modo que por los dos agujeros de las pinolas veas lo mas alto de la cosa que midieres».

La disposició de la figura ens permet

construir els triangles semblants cin i kfm. La figura representa el cas en què l'altura de l'objecte fm és menor que la distància a la base kf. És per això que el perpendicular talla el costat anomenat *sombra versa* del quadrant. Referint-se a aquest cas, l'autor indica el camí per a obtenir l'altura buscada:

Si el perpendicular c.d. cortase puntos del lado h.i. d'o dize sombra versa, esto es argumento ser mayor la distancia que el altura, y en tal caso la proporción de 12 (*és a dir, la distància ci*) a los puntos cortados aura la distancia (*kf*) al altura (*fm*) [...] a lo qual juntandole la línea f.l. ò k.e. sobre que se pone el instrumento todo, será el altura m.l. que es el intento.

Així, per exemple, si la distància kf és igual a 30 passos, i els punts que el perpendicular talla en la *sombra versa* és de 4, la distància fm serà igual a 4 per 30 i dividit per 12, la qual cosa ens dona 10 passos.



Mesura de l'alçada d'una torre amb el quadrant (J. Pérez de Moya, 1573).

⁴¹ J. PÉREZ DE MOYA, *op. cit.*, p. 93.



La cara d'un astrolabi fabricat per Mercator (1570).

L'astrolabi

Fabricat de metall, generalment de llautó, l'astrolabi consta de dues parts ben diferenciades segons la seua aplicació: *La cara*, on està gravada una projecció estereogràfica de la volta celeste, amb elements mòbils per a localitzar objectes celestes en qualsevol moment; simula, doncs, la posició de la volta celeste respecte d'un observador situat en una determinada latitud geogràfica.

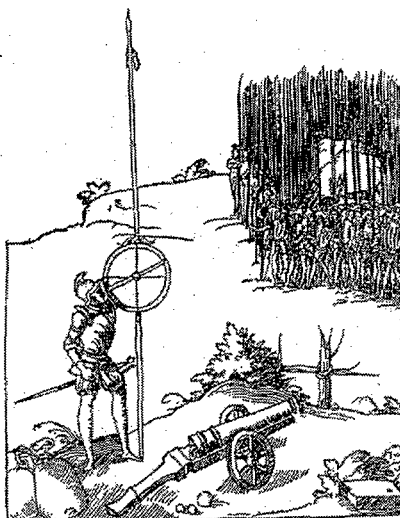
Aquest aparell es va aplicar, durant uns quants segles, a la resolució de problemes molt diferents, com ara calcular la

posició d'estrelles i planetes respecte de la Terra o temes relacionats amb el temps.

L'astrolabi⁴² aconsegueix la màxima popularitat en els segles xv i xvi. En les universitats d'aquesta època s'ensenyava a manejar diversos instruments matemàtics, preferentment l'astrolabi.⁴³

El dors de l'astrolabi servia per a determinar l'altitud del Sol i, consegüentment, l'hora; també s'aplicava per a usos geodèsics, és a dir, mesurar altures, distàncies i profunditats d'objectes de la superfície terrestre. La part inferior del dors de l'astrolabi porta l'escala altimètrica o doble quadrant d'ombres (horitzontal o recta i vertical o versa), amb dotze divisions en cadascuna d'elles, semblant al quadrant descrit anteriorment.

El seu ús en altimetria es fonamenta en la construcció de triangles rectangles semblants i



Aplicació militar de l'astrolabi al càlcul de distàncies (J. de Rojas, 1550).

⁴² En la web www.it/dip/Museum/italiano/li.html es pot contemplar la imatge d'un astrolabi morisc del segle XIII atribuït a Ibn Bas i, probablement, semblant al referit en l'inventari de Bernardino de Cárdenas.

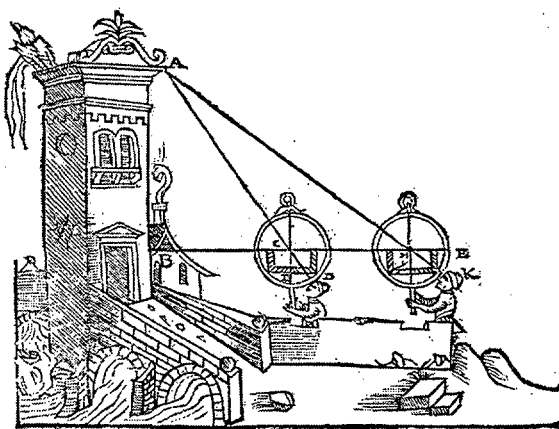
⁴³ J. M. LÓPEZ PIÑERO - V. NAVARRO BROTONS, *op. cit.*, p. 73.

en l'ús de les propietats de proporcionalitat entre els costats dels triangles representats.

Totes dues cares tenen una alidada o regla mòbil de la mateixa longitud que el diàmetre de l'astrolabi, la qual porta dues pínules als extrems. En el cas del dors, la visual projectada des de l'ull de l'observador a través de les pínules i fins a l'extrem superior de l'objecte del qual volem mesurar l'altura, per exemple, constitueix la hipotenusa dels triangles semblants a relacionar.

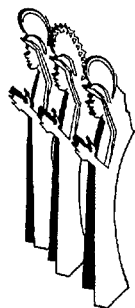
El fet que en l'inventari figuren elements d'astrolabi sense acabar de construir —«otro dorso de astrolabio y seys laminas mas todo por labrar»— podria fer pensar en una gran preparació del tècnics que envoltaven Bernardino de Càrdenas, amb capacitat, no sols per a manejar, sinó també per a construir els mateixos instruments que feien servir.

Dues mesures amb l'astrolabi i el coneixement de la distància entre aquestes posicions permeten calcular l'alçada de la torre i l'amplària del fossat (C. Bartoli, 1614).

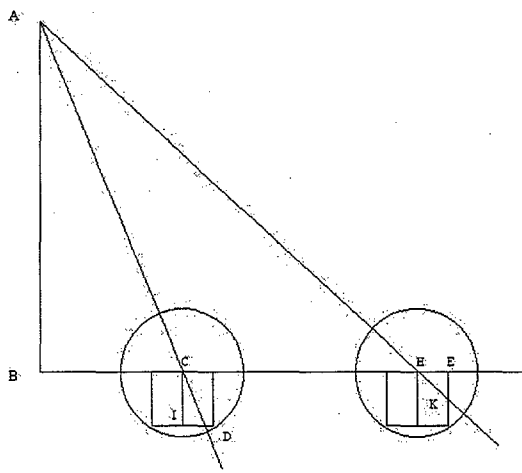


El *Libro de planisferio* de l'inventari, com hem dit més amunt, es refereix molt probablement a l'obra de Juan de Rojas, *Commentariorum in Astrolabium quod planisphaerium vocant, libri sex nunc primun in lucem editi. His additus est index capitum se rerum, quae tot opere continentur, locupletissimus*, escrit a Espanya entre 1545 i 1546 i publicat a París en 1550. Consta de sis llibres, al llarg dels quals descriu la teoria, la construcció i les nombroses aplicacions de l'astrolabi. El llibre cinquè, titulat «De describendis provinciis», és una reimpressió anotada dels primers sis capítols del *Libellus de locorum describendorum ratione*, de Gemma Frisius, un treball sobre la triangulació topogràfica.⁴⁴ El llibre sisè tracta de la «fabrica planisphaeri»; Juan de Rojas completa el seu treball amb la mostra d'aplicacions comunes per a arquitectes i militars.

Un dels problemes resolts en aquesta obra, i que tractarem a continuació, és el del càlcul de la distància entre dos punts, que no pot ser mesurada directament, com per exemple el fossat d'una fortalesa.



⁴⁴ José María LÓPEZ PIÑERO i al., *Diccionario histórico de la ciencia moderna en España*, vol. II, Península, Barcelona, 1983, p. 263-264.



L'esquema de la figura permet relacionar els triangles semblants ABC i CID, i ABH amb KEH per a calcular les distàncies AB i CB.

La figura que mostrem tot seguit correspon al llibre de Cosimo Bartoli,⁴⁵ on explica amb detall «come si misuri una distanza ò spatio di alcuna cosa, alla quale noi non ci possiamo accostare...». Com mostra la figura, si la base de la torre era inaccessible, eren necessàries dues mesures des de dos punts

diferents i conèixer, a més, la distància entre les dues posicions de l'observador (DE). El triangle KEH és semblant al ABH i el triangle CID és semblant a ABC. Així, si la lectura versa de l'astrolabi interior és de 9 unitats, la lectura recta de l'exterior és 9 unitats, i la distància entre els observadors és de 23 brases i mitja, hom en dedueix que l'alçada de la torre és de 40 i 2/7 brases i, a més a més, la distància BC —és a dir, l'amplària del fossat— és igual a 30 i 6/42 brases.

L'anell astronòmic

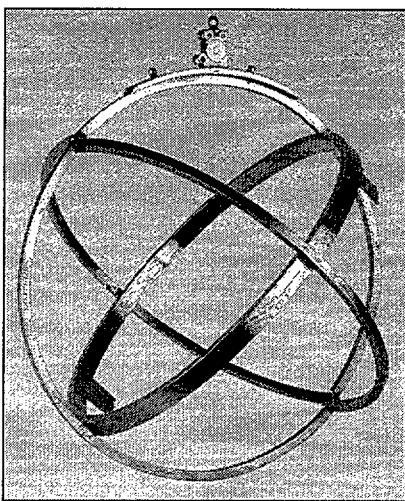
L'anell astronòmic, *anulo astronomico*, consta de tres cercles disposats en la forma indicada en la figura. Un dels anells, el més exterior, representa el meridià del lloc on es troba l'observador i serveix per a mesurar l'elevació del Sol; el segon simula l'equador i està dividit en 24 hores iguals, i el tercer té inscrit en el seu interior els 12 mesos de l'any, pels quals es mou una pínula, en moure la part exterior. En la part convexa del cercle hi ha 24 parts desiguals, per a mesurar altures i distàncies. Per a fer-lo servir, l'anell astronòmic es penja d'un fil que ha de passar per la latitud del lloc de la Terra on volem fer les mesures.

Una descripció detallada dels usos de l'anell astronòmic apareix en *La Cosmographia de Pedro Apiano corregida y añadida por Gemma Frisio, y la Manera de describir y situar los lugares, con el Uso del anillo astronómico del mesmo autor Gemma Frisio*,⁴⁶ de 1575. El text següent pertany a aquest llibre:

⁴⁵ C. BARTOLI, *op. cit.*, p. 33-36. La primera edició data de 1564, a Venècia, i reproduïx moltes figures idèntiques a les del text de Juan de Rojas, però invertides; sembla que en l'edició italiana utilitzaren les estampes del *Comentariorum in astrolabium...*, segons M. I. VICENTE MAROTO - M. ESTEBAN PIÑEIRO, *op. cit.*, p. 276.

⁴⁶ M. ESTEBAN PIÑEIRO - M. I. VICENTE MAROTO, *op. cit.*, p. 293.

Quan l'anell s'em-pra com a rellotge de Sol [l'índex de la pínula situada en el meridià mòbil] es col·loca en el grau zodiacal correcte (segons el dia de l'any), i l'usuari després de col·locar el suspensori en el grau de latitud corresponent al lloc en el qual es troba, manipula els anells fins aconseguir la posició en què els raigs de Sol que entren per l'orifici de la primera pínula arriben exactament als mateixos orificis de la segona pínula. En aquesta posició, es pot llegir l'hora local en l'equador.⁴⁷

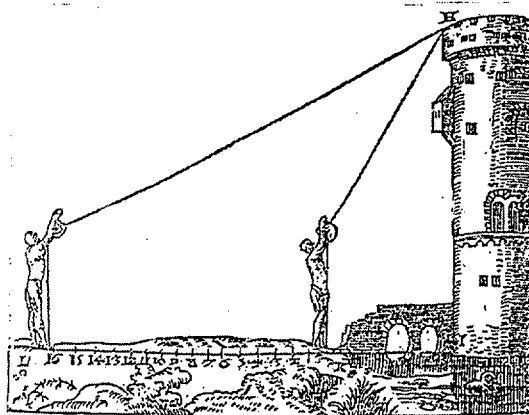


Anell astronòmic del segle xvi.



Entre els problemes que podien resoldre's amb l'anell astronòmic figuren aquests: calcular la posició del Sol, l'elevació del pol, com saber si és abans o després de migdia, calcular l'hora de la nit, la sortida del Sol i la durada del dia, etc. A més a més, l'anell astronòmic també s'emprava en la resolució de problemes d'altimetria. La figura adjunta planteja, per exemple, el càlcul de l'alçada d'una torre amb l'anell astronòmic.

M a n t e n i m
l'anell astronòmic penjant de la mà, i l'orientem cap al Sol, l'alcem fins que l'ombra de la pínula més alta toqui, en línia recta, la pínula que hi ha per sota, mirem en quina divisió ha tocat, fem un parell de lectures com indica la figura i procedim de forma semblant a com hem fet amb l'astrolabi. El fonament matemàtic és el mateix.



Determinació de l'alçada d'una torre amb l'anell astronòmic (G. Frisio, 1575).

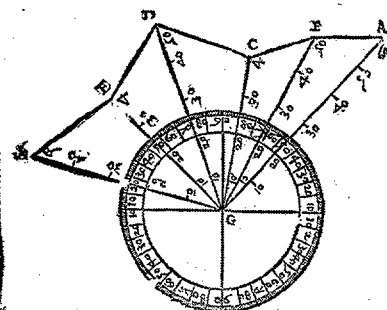
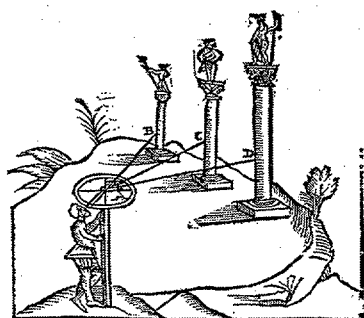
⁴⁷ Citat en Jacques VAN DAMME i col., *Instrumentos científicos del siglo XVI*, Fundació Carlos Ambers, Madrid, 1997, p. 164.



El planisferi

Com ja hem dit més amunt, Cosimo Bartoli (s. XVI) va escriure el tractat *Del modo di musurare la distantie...*⁴⁸ Aquest *accademico fiorentino* s'hi ajuda, com ell mateix diu, d'autors com Orontio Fineo, Albert Durero, Giovanni Stoflerino, Gemma Frisio i Pietro Appiano, —aquests dos últims treballaren i fabricaren instruments matemàtics per a Carles V—,⁴⁹ o d'autors clàssics com Vitruvio, Tolomeo, Arquimedes, Euclides, etc. Els autors que hem ressaltat formaren part de la biblioteca de Bernardino de Cárdenas.

Més de la meitat del llibre de Cosimo està dedicat a la geometria aplicada, al càlcul de profunditats, d'altures, etc. Hi descriu i hi aplica instruments de l'època que trobem en l'inventari del marquès d'Elx.



Exemple d'aplicació del planisfera (esquerra) i vista d'un planisferi des de la part superior (dreta); (C. Bartoli, 1614).

El planisferi és un dels instruments matemàtics del qual s'explica l'ús en el llibre esmentat. El planisferi, semblant al dors de l'astrolabi, disposava d'un peu per a ser utilitzat en el pla horitzontal. Fixant el planisferi en un punt determinat, permet descriure o situar llocs mesurant angles de posició; una vegada coneguts aquests angles que s'han marcat sobre el planisferi (un cercle dividit en quatre quadrants graduats) i una vegada conegudes les distàncies entre les figures, podien dibuixar-se els plànols, és a dir, les *traças*. El planisferi portava incorporat de vegades una *brúixola*; n'apareix una en l'inventari de què tractem.

El llibre ja esmentat de Juan de Rojas, *Commentariorum in astrolabium quod planisphaerium vocat...*, dedica el capítol sisè a la «*fábrica planisphaerii*». El llibre quart sobre el planisferi finalitza amb la mesura de la distància a un objecte en moviment, per a poder saber si està apropant-se o allunyant-se, quelcom d'importància vital en les guerres, indica l'autor.⁵⁰

En el llibre de Diego de Álava y Viamont, *El Perfecto Capitán, instruido en la disciplina Militar, y nueva ciencia de la Artillería*, publicat

⁴⁸ C. BARTOLI, *op. cit.*, BFLO.

⁴⁹ M. I. VICENTE MAROTO, «Instrumentos matemáticos del siglo XVI», *Investigación y Ciencia*, (desembre 1993), p. 6.

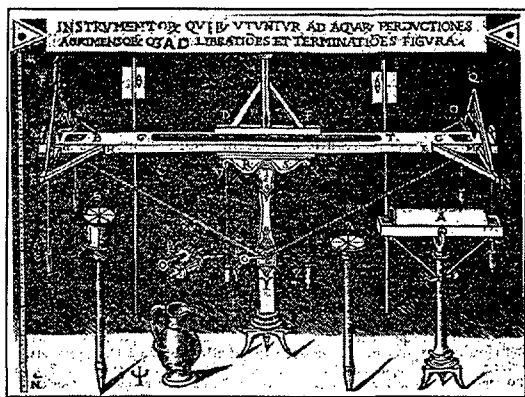
⁵⁰ M. ESTEBAN PIÑEIRO - M. I. VICENTE MAROTO, *op. cit.*, p. 273.

a Madrid en 1590, es poden trobar les múltiples aplicacions que en el segle XVI es feien dels instruments matemàtics en artilleria. En el llibre quart «en que se trata de todos los géneros de medidas necesarios para el uso de la Artilleria con **Planisferio**, Astrolabio, Quadrante y otros instrumentos matematicos», Diego de Álava destaca la importància que tenia l'altimetria per als artillers.⁵¹

El nivell

L'anivellació té una aplicació important en les obres d'enginyeria, com ara la conducció d'aigües per al proveïment de poblacions (Juan de Herrera, arquitecte de Felip II, destacà també per ser un *excelente nivelador*), per a la realització de treballs geodèsics, etc. Marcus **Vitruvius** Pollio,⁵² autor que figura en l'inventari de Bernardino de Cárdenas, tracta en el capítol VI del llibre vuitè d'*Els Deu llibres d'Arquitectura* «De la manera d'anivellar les aigües i els estris necessaris per a fer-ho». En la traducció italiana de 1521 que hem consultat apareix representat un dels instruments emprats en l'anivellació, el *chorobate* o corbat, al qual correspon la figura següent.

S'hi emprava una gran varietat d'instruments per a anivellar, entre els quals destaca *nivel de tranco*, en forma de A i amb una plomada al centre. En el que apareix en la figura adjunta, el desplaçament de la plomada ens permet determinar, llegint en el travessant que uneix les potes, el desnivell del sòl.



El corbat, instrument per a resoldre problemes d'anivellació (Vitruvius, 1521).

Un altre era el *nivel de grado*. Aquest instrument, a més d'aplicar-se en la mesura de desnivells, també s'emprava per a calcular distàncies i profunditats.

L'instrument que es mostra en la figura següent és molt semblant al corbat descrit per Vitruvius; porta incorporat en el travessant un quadrant geomètric, amb el qual es poden calcular longituds. C hi representa dues làmines foradades per a dirigir la visual a un punt determinat i la plomada ens indica si l'instrument està horitzontal o no.

A la biblioteca d'Oriola es troba un exemplar de *l'Architettura*.⁵³ L'arquitecte Leone Battista Alberti va escriure aquest llibre en llatí i,



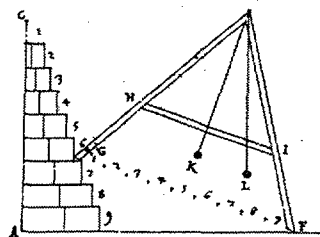
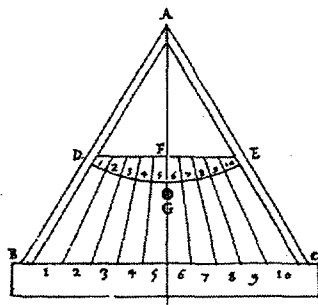
⁵¹ *Ibidem*, p. 287.

⁵² Marcus VITRUVIUS POLLIO, *De Architectura Libri Dece*. Traducti de Latino in Vulgare, affigurati: Commentati: &..., publicat a Como en 1521. El capítol esmentat té el títol «De le perductione et libramenti de le aque: et instrumenti ad tale uso». AHO.

⁵³ Leone Battista ALBERTI (1404-1472), *I Diezi Libri de l'Architettura*. Tradotti in italiano da Cosimo Bartoli, AHO.

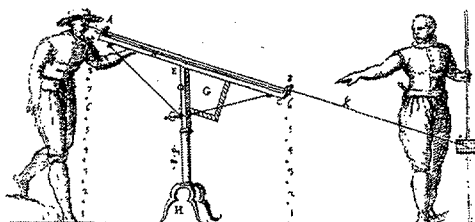
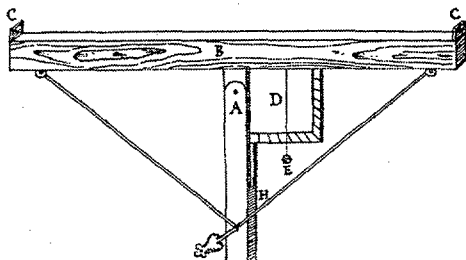


posteriorment (1550), fou traduït a l'italià per Cosimo Bartoli. Un dels capítols tracta de la manera de conduir l'aigua i dels instruments necessaris per a l'anivellació.



La figura mostra la forma, les característiques i l'aplicació del nivel de tranco (P. J. de Lastanosa, 1564).

El llibre de Pedro Juan de Lastanosa *Los veintiún libros de los ingenios y de las máquinas*, publicat entre 1564 i 1575, té un capítol titulat «De los niveles y de sus formas». Hi descriu diferents nivells i dóna recomanacions per a la seua aplicació. Així mateix, el llibre de Cristóbal de Rojas, *Teoria y práctica de fortificación conforme*



Aplicació del corbat (P. J. de Lastanosa, 1564).

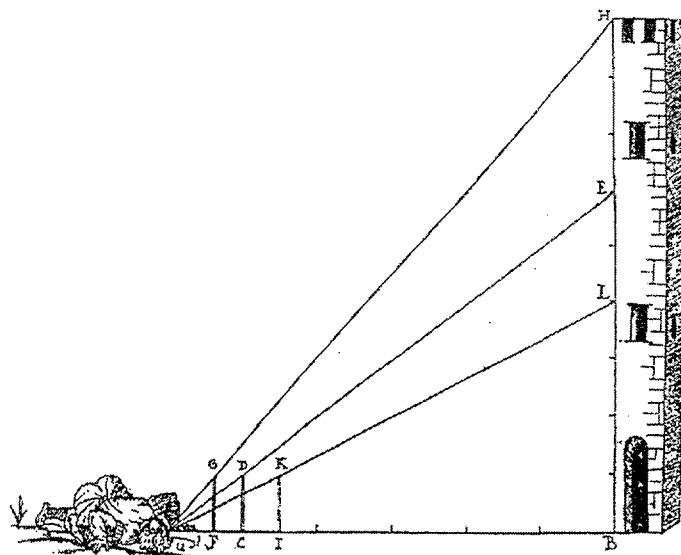
a las medidas y defensas destos tiempos, repartida en tres partes, tracta en el capítol XXIII, titulat «De la fábrica y distribución de un nivel, para encaminar las aguas», de l'anivellació i de la importància d'aquests coneixements per a l'enginyer.

EL REGLE

No estem segurs del tipus de regles als quals es refereix l'inventari. Potser es tracta d'estris usals per a dibuixar sobre el paper o, també

igualment probable, es tracta d'un instrument més entre els emprats en altimetria en aquesta època.

En la traducció de *Los dos Libros de Geometría Práctica* d'Oronci Finé, feta per Girava,⁵⁴ s'explica com calcular línies perpendiculars al pla amb un regle o vara. S'hi troba la figura següent, que il·lustra l'explicació de l'autor.



Mesura de l'altura d'una torre amb la regla (O. Finé, 1553).

Hi podem observar que els triangles AIK i ABL són semblants; per tant, compleix que la raó entre els costats AI i IK i la raó entre els costats AB i BL són iguals. Així doncs, si coneixem les distàncies AI i AB —cosa que podem obtenir amidant directament— i IK —que correspon a l'altura del regle—, podem, mitjançant un càlcul senzill, calcular l'altura inaccessible BL. De forma anàloga podem obtenir les altures BE o BH i, per simple diferència, EL, LH, etc.

Juan Pérez de Moya, autor esmentat diverses vegades, descriu la forma de construir el que s'anomena *regla status*:⁵⁵

Hazese otro instrumento tomando una regla tan alta, como de los pies del Geometra hasta los ojos y que en el un extremo tenga una punta para que se pueda hincar en el suelo, la qual punta se supone, que quando se hincare, no ha de quedar ninguna cosa della descubierta porque no haga mas alta la vara de lo que al principio deximos. Y porque para medir se ha de hincar derecho de

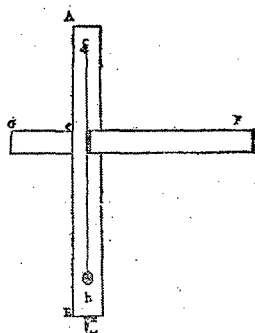
⁵⁴ M. ESTEBAN PIÑEIRO - M. I. VICENTE MAROTO, *op. cit.*, p. 334.

⁵⁵ J. PÉREZ DE MOYA, *op. cit.*, AHO.

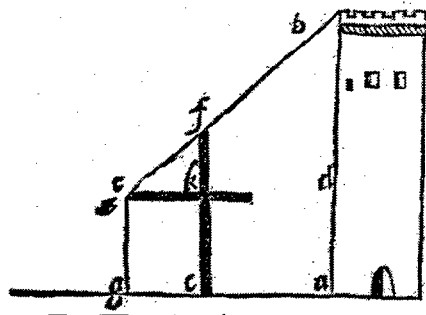


arte que haga angulos rectos, ò yguales en lo llano del suelo, por esto le dizen los Latinos linea status, ò linea fixa. Esta regla fixa ha de tener de alto abaxo una raya derecha señalada y en esta raya se han de poner dos cabecitas subtiles de clauo, apartada una de otra en alguna distancia, y un hilo con una pesica [...] Ultra desto se ha de hazer en la misma vara un agujero muy quadrado, yguual, para que por el pueda entra otra regla quan larga quisieramos y moverla à una parte y à otra (se dice regla movible) [...] Hecho esto, la cantidad que uviere en la regla estatus, desde do se hiziere el agujero hasta lo alto (poco, ò mucho lo que fuere) dividiras en doze parte yguales con unas rayas. Luengo mira una distancia desats doze que quantitat es, y à medida dellà dividí la regla movible...

Més endavant, l'autor explica amb detall el seu fonament matemàtic —igualtat de raons entre triangles semblants, en definitiva—, i les possibles aplicacions d'aquest: mesura d'altura d'edificacions, profunditat de pous, etc.



El regle status
(J. Pérez de Moya, 1573).



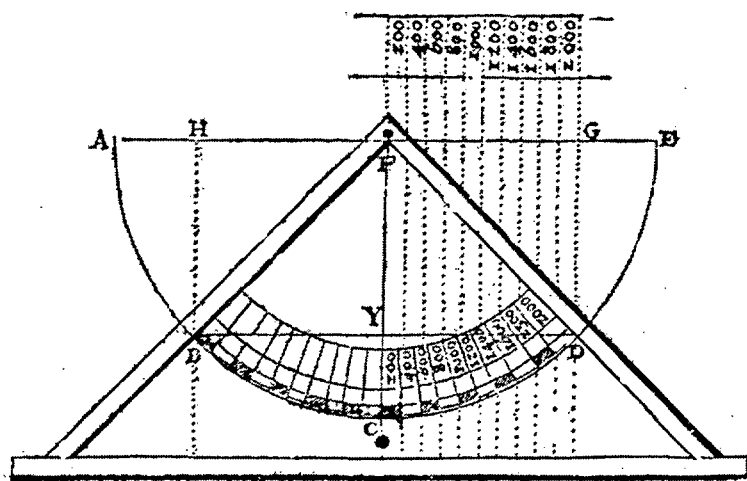
La mesura de l'alçada d'un edifici com a exemple d'aplicació del regle (J. Pérez de Moya, 1573).

El regle triangular

El regle triangulat té una forma semblant a un escaire. En *El Perfecto Capitán*⁵⁶ se'n mostra un exemple d'aplicació: «como se hara un nivel para tirar con morteretes, aprovechandose solo de regla y compas».

Sobre un taulell, dibuixem un semicercle amb un compàs i hi superposem després el regle en la forma indicada en la figura. Suposem que l'abast màxim del morteret és de 2.000 passos «que es el de la elevación de 45 grados» —angle per al qual correspon un abast màxim en el tir oblic. Subdividim el segment GF paral·lel al DY, per exemple, en 10 parts, perllonguem aquestes línies de punts fins a l'arc de circumferència i en marquem les interseccions. A cada divisió, des de F cap a G, hi assignem el valor de la desena part de l'abast màxim del morteret; és a dir, cada divisió equival a 200 passos. Aquests valors també s'han de dibuixar de manera convenient sobre el semicercle.

⁵⁶ D. DE ÁLVA Y VIAMONT, *El Perfecto Capitán, instruido en la disciplina Militar, y nueva ciencia de la Artilleria*, 1590, p. 253-254, DHM.



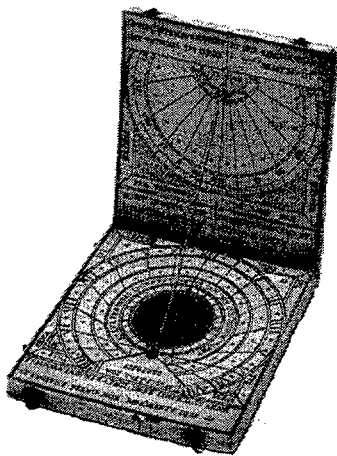
En un taulell, es marca un semicircle, sobre aquest es col·loca el regle triangular, i se'n completa la construcció (D. de Álva y Viamont, 1590).

Imaginem ara l'instrument que tot just acabem de descriure col·locat sobre un canó; quan aquest s'inclina, un angle determinat respecte de l'horitzontal, la plomada que penja inicialment de F a C es desplaça cap a la dreta el mateix angle. Si l'angle és tal que la plomada se situa sobre 1.200 passos, ens estarà indicant l'abast del projectil que correspon a aquest angle de tir «como si cayere sobre el punto de 600 dire que disparando el morterete por alli tirara 600 pasos, y lo mesmo quando cayere en los demas».

Caldria dir, finalment, que potser en l'inventari s'està referint també a aquest instrument quan s'hi parla d'un «nivel pequeño para los morteres».

El rellotge de sol

L'hora local, com ja s'ha esmentat, podia determinar-se amb instruments com l'astrolabi o l'anell astronòmic, per exemple. En l'inventari, però, apareix explícitament citat *relojes de sol*, és a dir, rellotges semblants al representats en la figura adjunta; aquests instruments portàtils de mesura de l'hora diürna començaren a fabricar-se en el segle XVI.



Rellotge de sol de Dayn, construït per a una latitud de 51° (1549).

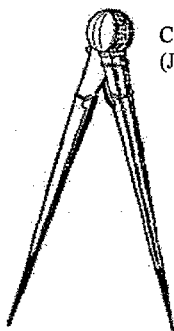




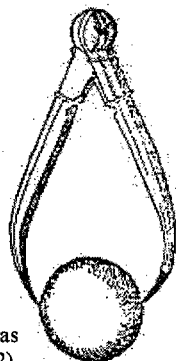
Bàsicament consten d'un *gnomo* o indicador, col·locat paral·lelament a l'eix terrestre que en projecta l'ombra sobre una làmina marcada que pot ser perpendicular al pla de l'horitzó. Els rellotges de sol anomenats *equinoccials*, i ja emprats en el segle XVI, es feien servir en qualsevol lloc de la superfície terrestre si la cara lateral s'inclinava, respecte de la base, un angle igual a la latitud. La brúixola que porta incorporada el rellotge de sol permetia l'orientació amb el mateix meridià.⁵⁷

El compàs

Diversos exemplars de compàs d'aplicació més coneguda (dibuix de mapes —traça— i plànols, per exemple) apareixen ressenyats en l'inventari de possessions de Bernardino de Càrdenas. S'hi parla de *compases* i de «dos compases de yerro con puntas bueltas»; i és que la forma no era única ja en aquella època, com es pot veure en les figures adjuntes. Els mapes i els plànols van acompanyar el governant des de ben antic: aquest els feia servir per a construir, recaptar impostos, planificar la defensa i la guerra, etc. (vegeu-ne la llista de *traças* de l'inventari de Bernardino de Càrdenas). Per la seua extensió i interès, la llista de mapes i plànols mereix un tractament detingut en futures investigacions.



Compàs de llautó amb puntes d'acer
(J. César Firrufino, 1642).



«Compàs de yerro con puntas
bueitas» (J. César Firrufino, 1642).

ANNEX

En l'Arxiu Municipal d'Elx es troba el *Liber del inventari almonedes y altres memories dels bens y altres coses del Il^{mo} duc Don Bernardino. 1560*. Té una extensió de 216 fulls.

Hem reordenat el contingut de la secció «Libros y astrolabios y otras cosas» de l'inventari de possessions de Bernardino de Càrdenas a Elx en quatre capítols ben diferenciats per a facilitar-ne l'estudi.

⁵⁷ J. VAN DAMME i col., *op. cit.*,
p. 203-214.

Textos

Un libro llamado **vegetius de re militari** et **albertus durerus de architectura** et **hipiatria Laurentii Rufi** todos en un tomo yn folio et cue-ro negro.

robertus vulturius de re militari in folio et pergameno.

liber de astrolabio esteffellini in folio corio nigro

calendarium romanum stephelini yn folio corio nigro

juanuis regio montanio yn **almagestum ptholomei epühome** yn folio et corio nigro

Musterus de orologus in quarto et corio nigro

juanis regio montani tabula directionum yn 4º et corio nigro.

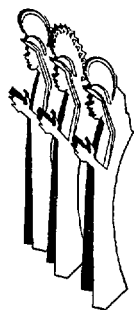
vitruvius y octavo et corio **rubio** (rubro?)

oronçii phinei arithmetica practica in 8º et corio nigro

elementale cosmographium in 8º et coiro nigro

libro de planisferio domini **juanis de rogas** in 4º et coiro nigro

pontanus de rebus celestibus (relog celestilg) in 4º et pergameno



Instruments matemàtics

hun **astrolabio** de açofar⁵⁸ de un pie⁵⁹ de diametro cum duplici dorso y diez laminas y la aranea y con dos reglas y una media regla con un indice. Otro **astrolabio** de açofar la mitad más pequeño con diez láminas y dos reglas y una media regla con su indice.

hun **annulo astronomico** de un palmo de ancho.

otro **astrolabio morisco** de seys dedos de diametro y seys laminas labradas y quatro por laborar y su aranea con dos reglas y su tornillo.

hun **dorso de otro astrolabio morisco grande** de demas de un pie.

otro **dorso de astrolabio** y seys laminas mas todo por labrar

tres **quadrantes** de alaton⁶⁰ por labrar

dos **quadrantes** con sendos **relojes de sol** y otro por labrar

huna **bruxula**⁶¹ de navegar ay otra

hun **planisferio redondo** con su regla y miras de yerro

hun **nivel** pequeno de aya

otro **nivel** de nogal para los morteretes⁶²

hun **planisferio** de açofar con sus reglas y su caxuela de cobre comenzado con sus baules y tallantes

hun **compas** de açofar con las puntas de acero bueltas con pedaço de açofar que le atraviesa con su caxuela

otros dos **compases** de yerro con las puntas bueltas con sus caxuelas

un **compas** con puntas de acero y su quarta para apretalla

dos **reglas** de yerro la **una quadrada** y la **otra triangulada** en tramas rayadas

Mapes, plànols

hun mapa mundi viejo

otro mapamundi nuevo **truxo vasques**

huna palestina de color

⁵⁸ Açofar (de l'àrab *as-sufar*, 'el coure') = azófar = latón = llautó

⁵⁹ Un pie = 4 palmos; un palmo = 4 dedos; un dedo » 18 mm.

⁶⁰ Alaton = latón = llautó

⁶¹ Bruxula = brússula = brúixola

⁶² Morteres. Peces petites d'artilleria, que s'empraven sovint en la salva.



huna description de ytalía grande
huna traça⁶³ de la costa del Reyno de Valencia en lienço
huna carta de navegar grande y otra pequeña de genova
otra pequeña que tiene mi S^{ra} dona Angela
huna traça de navarra en pergameno
huna traça de la fortificacion de la Villa y haraval deelche
tres traças de los terminos y mojones deelche en pergamino
huna traça del monesterio deecija
otra traça deyviça y la formentera
otra traça pequeña deyviça
huna traça de la fortaleza deazpe
huna traça desena, digo, portoreale
huna traça debenidor
huna descripción delamarina desde calp avila Josa
huna descripción de toda la costa del reyno devalencia
huna traça de la fortificacion de la ciuta de la desena
traça de napoles
huna traça de carrofalcato con alcabuzes⁶⁴ y botafogo⁶⁵
huna traça del alcaçaba dealmeria
huna traça de la ciutat devalencia
huna traça del castillo demaon
huna traça del çitio del castillo demarchenas
huna traça demaqueda
huna traça de la fortaleza en el sitio que esta cabo ecija
huna traça deyviça de juan batista calvi
otra traça de la fortaleza deazpe
huna traça de orbitello
huna traça de la puerta dehecija
huna traça dealmeria
huna traça de la fortificacion decullera
huna traça de la puerta delgo[?] demarchena
huna traça y monteria de un baluarte con artilleria
traça de la canteria de una muralla con puentes

D'altres objectes

huna blivia in quarto de roberto en cuero negro.
otra blivia yn octavo de ynprecion de venecia con cuero negro y coreas
desparamano (pergameno).
apologia in archiepiscopum toletanum autore fratre enrico mauro y yn
quatro et pergameno
huna oja de milan
hun quilindro de plata con su caxuela
otro quilindro de marfil
otro quilindro de box
huna caxuela con diez pieças de hierro como estuche
doce pelotas las nueve de hierro dos de cobre y una de plomo

⁶³ Traça. Disseny que es fa per a la fabricació d'un edifici o d'altres obres.

⁶⁴ Alcabuz = arcabuz = arcabús. Arma de foc, canó de ferro i caixa de fusta semblant al fusell i que es dispara encenent la pólvora del tir mitjançant una metxa mòbil col·locada en la mateixa arma.

⁶⁵ Botafogo = botafuego = botafoc. Vareta de fusta en l'extrem de la qual es posava la metxa encesa per a atiar, des de lluny, les peces d'artilleria.

sinco cuerpos columnares con sus letras y dos otros sin letras por rayar y
dos dados todas las nueve piezas de cobre
huna prensa con sus tornillos y puertas de hierro.
huna tabla ençerada de negro para enseñar geometria
el cofre de las erramientas de Flandes con un candado encima
huna taleguilla de medallas antiguas de cobre
hun limpia de yerro
hun papel de titulos y armas de cardenales (cardenas?)
A més, en les pàgines 121 i 122 hi ha un capítol epigrafiat: «Libros»,
amb la relació següent:
hun libro escrito de mano traducido de frances en catalano
quatro libros de la cronica de los enperadores en un bolumen
dos libros en romance el uno la coronica (sic) del rey don alonso y el
otro los [?]
hun libro de la desiplina militar
otro libro ytaliano que trata del artilleria
dos libros de los fueros de valencia [text no legible] ay dos obras [no legible]



BIBLIOGRAFIA

- ALBERTI, L. B., *I Diezi Libri de l'Architettura. Tradotti in italiano da Cosimo Bartoli*, 1550, AHO.
- ARNOLD, W. - WUSSING, H., *Biografias de grandes matemáticos*, Prensas Universitarias de Zaragoza, Saragossa, 1989.
- BARTOLI, C., *Del modo de misurare le distantie, le superficie, i corpi, le piante, le provincie, le prospettive&de gli altri più occorrere a gli huomini, secondo le vere regole d'Euclide&de gli altri più lodati scrittori*, 1614 (1a edició de 1564), AHO.
- BOIRA MAIQUES, J. V., «Geografia i control del territori. El coneixement i la defensa del litoral valencià al segle XVI: l'enginyer Joan Baptista Antonelli», *Cuadernos de Geografia*, 52 (València, 1992).
- , «Viles, castells i torres de guaita al litoral valencià del segle XVI. Les cartes del virrei Vespasià Gonzaga Colonna», *Afers*, 19 (1994).
- CÁMARA MUÑOZ, A., «Las torres del litoral en el reinado de Felipe II: una arquitectura para la defensa del territorio», en *Espacio, Tiempo y Forma. Serie VII, Historia del Arte*, vol. III, 1990.
- , *Arquitectura y sociedad en el Siglo de Oro: idea, traza y edificio*, El Arquero, Madrid, 1990.
- , «El dibujo en la ingeniería militar del siglo XVI», *A Distancia*, (octubre 1991).
- DE ÁLAVA Y VIAMONT, D., *El Perfecto Capitan, instruido en la disciplina Militar, y nueva ciencia de la Artilleria*, 1590, DHM
- ESTEBAN PIÑEIRO, M. - VICENTE MAROTO, M. I., *Aspectos de la ciencia aplicada en la España del Siglo de Oro*, Junta de Castilla y León. Consejería de Cultura y Bienestar Social, Valladolid, 1991.



- GARCÍA SANZ, A., «Astronomia i calendaris» en *AD, 1490: en el umbral de la modernidad*, vol. I, Consell Valencià de Cultura, València, 1994.
- GRAESSE, T., *Trésor de livres rares et précieux*, vol. IV, 1863, AME.
- IBARRA I RUÍZ, P., *Historia de Elche*, V. Botella, Alacant, 1895 (edició facsímil de M. Pastor, Elx, 1982, «Papers d'Elx»).
- LÓPEZ PIÑERO, J. M. - NAVARRO BROTONS, V.- PORTELA MARCO, E., *Materiales para la historia de la ciencia en España: siglos XVI-XVII*, Pre-Textos, València, 1976.
- LÓPEZ PIÑERO, J. M., *Ciencia y técnica en la sociedad española de los siglos XVI y XVII*, Labor, Barcelona, 1979.
- LÓPEZ PIÑERO, J. M. i al., *Diccionario histórico de la ciencia moderna en España*, vol. II, Península, Barcelona, 1983.
- LÓPEZ PIÑERO, J. M. - NAVARRO BROTONS, V., *Història de la ciència al País Valencià*, Edicions Alfons el Magnànim, València, 1995.
- MALET, A. - PARADÍS, J., *Els orígens i l'ensenyament de l'àlgebra simbòlica (1478-1545)*, vol. I, Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona, Barcelona, 1984.
- MANKIEWICZ, R., *Historia de las matemáticas*, Paidós, Barcelona, 2000.
- MASON, S. F., *Historia de las ciencias. La revolución científica de los siglos XVI y XVII*, vol. II, Alianza Editorial, Madrid, 1990.
- PÉREZ DE MOYA, J., *Tratado de Matemática en que se contienen cosas de Arithmética, Geometría, Cosmographia, y Philosophia Natural. Con otras varias materias necesarias a todas artes Liberales y Mechánicas*, 1573, AHO.
- PICATOSTE Y RODRÍGUEZ, F., *Apuntes para una biblioteca científica española del siglo XVI*, Imprenta y Fundación de Manuel Tello, Madrid, 1891, DHM.
- RANDLES, W. G. L., *De la tierra plana al globo terrestre. Una rápida mutación epistemològica, 1480-1520*, Fondo de Cultura Económica, Mèxic, 1990.
- SALAVERTE, V. L. - GRAULLERA, V., *Professió, ciència i societat a la València del segle XVI*, Curial, Barcelona, 1990.
- SERRANO I JAÉN, J., *De patricis a burgesos. Les transformacions d'una oligarquia terratinent: Elx, 1600-1855*, Ajuntament d'Elx/Institut de Cultura Juan Gil-Albert, Alacant, 1995.
- VICENTE MAROTO, M. I., «Instrumentos matemáticos del siglo XVI», *Investigación y Ciencia* (deseembre 1993).
- VITRUVIUS POLLIO, M., *De Architectura Libri Diece. Traductti de Latino invulgare, affigurati, comentati &...*, Como, 1521, AHO.
- VAN DAMME, J. i col., *Instrumentos científicos del siglo XVI*, Fundación Carlos Amberes, Madrid, 1997.