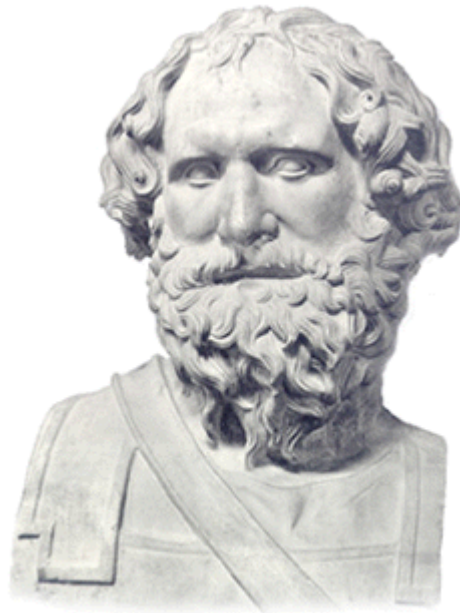


Arquímedes de Síracusa



*El millor matemàtic de
l'antiguitat*

ÍNDEX

	<u>Pàg.</u>
Introducció.....	4
1. Context històric i vida d'Arquimedes	
1.1. Primers temps de la Biblioteca alexandrina.	
Formació del savi.....	7
1.2. Regnat de Hieró II. Personalitat d'Arquimedes.....	9
1.3. Època de les grans descobertes del siracusà.....	12
1.4. Inici de la Segona Guerra Púnica. Fi del regnat de Hieró.	
Inestabilitat política a l'illa de Sicília.....	13
1.5. Setge romà de Siracusa.	
Desplegament de les màquines d'Arquimedes.....	16
1.6. Entrada dels romans a Siracusa. Mort d'Arquimedes.....	19
1.7. El savi grec després de la seva mort.....	22
2. Obra d'Arquimedes	
2.1. Enginys i màquines	
2.1.1. El cargol hidràulic.....	25
2.1.2. El polispast.....	26
2.1.3. L'urpa d'Arquimedes.....	26
2.1.4. Els escorpions.....	27
2.1.5. Els miralls ardents.....	27
2.1.6. El planetari.....	30
2.2. Tractats	
2.2.1. Tractats que demostren teoremes relatius a les àrees i	
als volums de figures limitades per corbes i superfícies.....	31
2.2.2. Tractats relatius a problemes d'estàtica i d'hidrostàtica.....	33
2.2.3. Tractats menors.....	35
Conclusió.....	37
Fonts d'informació.....	40
Apèndix: Traducció d'un fragment de les <i>Chiliades</i>	
1. Les <i>Chiliades</i> o <i>Llibre d'històries</i>	42

2. L' autor	42
3. Text grec	43
4. Traducció	45

INTRODUCCIÓ

La fascinació que provoca tot allò que envolta el món clàssic és quelcom molt curiós i interessant a la vegada. Grècia i Roma, les civilitzacions més importants d'aquest món, almenys per a nosaltres, perquè en som els descendents directes, amaguen una gran quantitat d'informació, a la vegada que molts misteris, fet que ajuda que contínuament siguin estudiades. I encara més fascinant que el món clàssic en general, ho són els autors clàssics. Mentre que un escriptor, un matemàtic o un científic actual resulta conegut després d'escriure un llibre que faci sort entre el públic, o bé després de realitzar un descobriment important, però al cap d'un cert temps el seu nom va perdent popularitat, perdut dins la immensitat de nous escriptors, científics i matemàtics, no passa pas el mateix amb els autors de l'antiguitat: malgrat haver existit alguns fa més de dos mil anys, les seves obres continuen essent traduïdes, estudiades i comentades, s'hi troben cada vegada detalls nous que havien passat encoberts i s'hi detecten sovint similituds amb el present fins al punt de semblar, a vegades, actuals.

Això és el que fa que resulti molt interessant llegir la vida i les obres de personatges com Demòstenes, Plató, Cèsar, Ciceró, Plutarc... O Arquimedes. Arquimedes és un autor clàssic que uneix les dues civilitzacions: és un grec que viu en temps de l'Imperi Romà i que acaba difuminant-se en el món llatí. I és, a la vegada, un dels personatges més coneguts de tota la història de la humanitat, sobretot per les seves anècdotes i pels seus descobriments. Paradoxalment, però, dins la ciència resulta ser més important per allò que coneixem menys: la seva aportació purament matemàtica.

“Hi ha una unanimitat sorprenent a reconèixer Arquimedes com el més important dels matemàtics de l'antiguitat”. Amb aquesta frase comença la presentació de l'edició catalana del *Mètode* d'Arquimedes, dins la Fundació Bernat Metge. Però no és l'única que s'inicia així: quasi totes les edicions de les obres del matemàtic de Siracusa contenen aquesta afirmació en alguna part del seu pròleg. Però, és realment Arquimedes el millor matemàtic de tota l'edat antiga? Aquesta pregunta és la que s'intentarà respondre amb aquest treball, mitjançant una anàlisi de la seva vida, del context històric que l'envoltà i de la seva obra.

Tant el context històric com la vida d'Arquimedes s'estudiaran, bàsicament, amb l'obra de tres historiadors clàssics que narraren la Segona Guerra Púnica, però que a la

vegada dedicaren una extensa part de la seva obra a tractar aquest personatge: Polibi, Tit Livi i Plutarc. El primer és el més fiable dels tres: nascut una desena d'anys després de la caiguda de Siracusa, molt probablement conegué testimonis directes que participaren en la guerra; l'inconvenient que presenta la seva obra és que conté diverses llacunes, és a dir, parts del text original que s'han perdut amb el pas dels anys. Afortunadament, aquestes llacunes les podem emplenar amb l'obra de Tit Livi. La seva tampoc ha arribat íntegra fins a l'actualitat, però els llibres que descriuen la situació de Sicília durant el segle III aC es conserven quasi en la seva totalitat. A més, tot i que aquest autor sovint ha estat criticat per ser, en alguns llibres, poc escrupolós amb el tractament dels fets, el seu relat sobre la Segona Guerra Púnica és correcte i coincideix amb el que dona Polibi. L'últim dels tres autors és Plutarc, que resulta interessant per la precisió amb què descriu el setge de Siracusa i per tota la informació que ens proporciona sobre la vida i el caràcter d'Arquimedes. A banda d'aquests tres, s'utilitzarà l'obra d'altres autors del món romà i hel·lènic per acabar de completar la informació que inclou aquest apartat, tals com Ciceró, Vitruvi, Valeri Màxim, Diodor, Tzetzes... A causa de la gran quantitat de fonts a consultar i les limitacions que tenen la majoria de biblioteques de què disposem, les citacions d'alguna d'aquestes fonts s'extrauran de les introduccions a les diferents edicions de les obres d'Arquimedes.

L'anàlisi de la vida sempre és interessant a l'hora de tractar un personatge, perquè ens permet conèixer el seu caràcter i la seva manera de viure. En el cas d'Arquimedes, a més, l'estudi minuciós del context històric en què s'envoltà la seva existència és importantíssim, perquè fou un ésser que restà influenciat en tot moment pel seu voltant: el rei Hieró, les Guerres Púniques, la ideologia de la Biblioteca alexandrina, les aliances de Siracusa amb l'exterior...

El segon apartat del treball, que tracta sobre l'obra del savi, es divideix en dos blocs: els enginyers i màquines construïts per ell, i els seus tractats. Per al primer bloc, s'utilitzaran bàsicament els escrits de Plutarc, Vitruvi, Ciceró i, en l'apartat dels miralls ardents, Thuillier, un autor francès contemporani. En el cas del segon bloc, s'empraran directament les obres d'Arquimedes; però com que les obres del geni sovint tenen continguts d'un nivell bastant superior al de batxillerat, serà convenient consultar també llibres sobre Arquimedes que analitzin i reproduïxin en un llenguatge més planer i actual el contingut dels tractats.

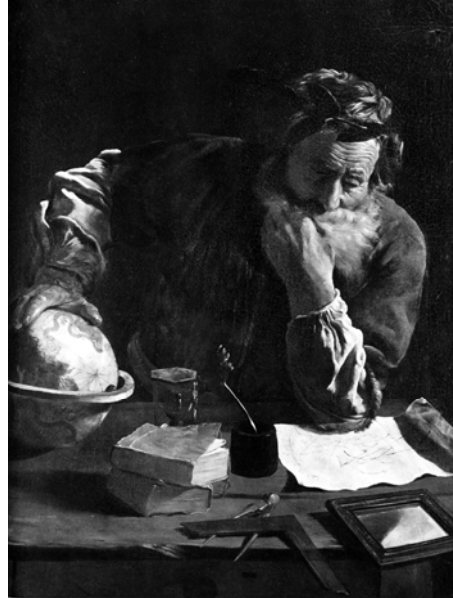
El coneixement de la producció d'Arquimedes, sigui física, sigui abstracta, és una eina molt útil per saber la manera de treballar del savi, veure tot l'abast del seu enginy i apreciar tota la immensitat del seu llegat. És un procediment, encara més eficaç que l'estudi de la seva vida, per comprendre tota la personalitat que amagava la persona d'Arquimedes.

A més d'aquests dos apartats, el treball inclourà un apèndix, consistent en la traducció d'un fragment d'una obra inèdita del bizantí Tzetzes, el qual tracta exclusivament sobre Arquimedes. Malgrat que aquest autor no es considera massa fiable, aquesta història en concret és de gran interès, perquè ens permet apreciar com, amb el pas dels anys, es va creant una llegenda que envolta el savi, la qual arriba a atribuir-li invents o estudis que mai dugué a terme. Acompanyarà la traducció el text grec original i unes notes sobre l'autor i l'obra on s'inclou el fragment que ajuden a conèixer en quines condicions es va escriure.

1. CONTEXT HISTÒRIC I VIDA D'ARQUIMEDES

1.1. Primers temps de la Biblioteca alexandrina. Formació del savi

Arquimedes va néixer l'any 287 aC¹ a la ciutat portuària de Siracusa (Sicília), en aquella època colònia de la Magna Grècia. El seu pare fou Fídies, un astrònom, fet que exercí una forta influència en la formació i la vocació del seu fill². La seva família tenia llaços de parentiu³ o d'amistat amb qui seria, l'any 265 aC, el rei Hieró II; aquesta relació permetria, més endavant, que Arquimedes pogués dedicar-se plenament a la seva activitat científica i matemàtica.



Arquimedes. Quadre de Domenico Fetti (1620)

Després de rebre els primers estudis a la mateixa Siracusa va traslladar-se, essent encara molt jove, a la que, en aquell moment, era la capital científica i cultural del món hel·lènic: Alexandria. El punt neuràlgic d'aquesta capital de les ciències era la Biblioteca, que havia estat fundada l'any 298 per Ptolomeu I, rei d'Egipte, i que acabaria reunint la col·lecció més important de llibres de l'antiguitat. Aquesta gran biblioteca comprava llibres a tot el món, donava feina a una gran quantitat de copistes i, ja en temps de Ptolomeu II, es convertí en la primera Universitat del món; la institució tenia quatre departaments, que es dedicaven a l'estudi de les matèries més significatives: Literatura, Matemàtiques, Astronomia i Medicina.

Arquimedes tingué el privilegi d'aprendre l'art de les matemàtiques en aquest ambient, envoltat dels altres savis del moment. Allí hi féu amistat amb alguns científics,

¹ La data de naixement es basa en un escrit de Tzetzes, el qual afirma que Arquimedes arribà a viure setanta-cinc anys: “[Arquimedes], assolint setanta-cinc anys d’edat, estudià nombroses forces mecàniques [...]” (*Chiliades* II, 105-106).

Ioannes Tzetzes (c. 1110-1180) fou un historiador i escriptor bizantí, l’obra més coneguda del qual, el *Llibre d’històries* o *Chiliades* (vegi’s apèndix), està composta per dotze volums de mil versos cada un.

² En una de les obres del mateix Arquimedes, *L’arenari* (II 220, 21-22), hi apareixen aquestes dades sobre el seu pare: “Fídies, el meu pare, [declarà] que [el diàmetre del Sol és] dotze vegades [el diàmetre de la Lluna]”.



Biblioteca d'Alexandria

en particular amb Conó de Samos, Dositeu de Pelúsion i Eratòstenes de Cirene⁴ (aquest últim seria, a partir de l'any 240, el director de la Biblioteca d'Alexandria), als quals enviarà, un cop a Siracusa, tots els seus teoremes.

Malgrat la bona situació que gaudien els estudiants a la capital egípcia, on estaven sota el mecenatge del rei Ptolomeu i tenien a l'abast una gran quantitat de recursos per realitzar les seves investigacions, Arquimedes

acabà tornant al cap de poc a la seva ciutat natal,

sigui per respondre a la crida del rei Hieró, que pretenia afavorir la cultura de la ciutat, o bé per la ideologia platònica de la Universitat alexandrina, que defensava un ciència teòrica i abstracta, el que entendríem per 'matemàtica pura', "rebutjant de manera elitista les aplicacions pràctiques, per considerar-les corruptores i degradants, i menystenint l'estudi de la dimensió sensible de la realitat⁵". A propòsit d'això escriu Plutarc⁶: "Plató s'indignà contra ells [Eudoxos i Arquitas⁷, els quals havien donat un primer impuls a la mecànica, derivant la geometria cap a exemples instrumentals] i

³ Aquesta relació familiar la suggereix Plutarc, *Vida de Marcel XIV*, 12.

⁴ Els alexandrins amb què Arquimedes féu amistat no eren matemàtics qualssevol; alguns han passat a la història per haver fet importants aportacions a la ciència:

Conó de Samos (c. 280-220 aC) destacà en matemàtica (es dedicà a l'estudi de les seccions còniques) i en astronomia; és famós principalment per haver descobert la constel·lació Coma Berenices, a la qual ell mateix va donar el nom en honor a l'esposa del rei Ptolomeu III.

Eratòstenes de Cirene (c. 276-194 aC), a banda de ser cèlebre perquè es destacà en molts camps del coneixement (geografia, astronomia, filologia, geometria, poesia), és més conegut per haver mesurat la circumferència de la Terra de la forma més precisa que es donà en l'antiguitat.

Dositeu de Pelúsion (aprox. 230 aC) no fou tan important com els altres dos, però succeí Conó com a director de l'escola de matemàtiques alexandrina, i això féu que Arquimedes el valorés com un home savi que podia comprendre i era mereixedor de rebre els seus tractats.

⁵ GONZÁLEZ, P. M.; VAQUÉ, J. Introducció al *Mètode* d'Arquimedes. Barcelona: Fundació Bernat Metge, 1997, p. 33.

⁶ Plutarc (c. 50-125) fou un biògraf i assagista grec l'obra més important del qual, *Vides Paral·leles*, és una sèrie formada per més de vint biografies de personatges grecs i llatins entre els quals estableix comparacions. Les citacions de l'autor que apareixen en aquest treball només són de la vida de Marcel.

⁷ Eudoxos de Cnidos (c. 408-355 aC) fou metge, matemàtic, astrònom i legislador, cèlebre especialment per descobrir que l'any solar té 365 dies i 6 hores.

Arquitas de Tarent (c. 400-347 aC) va ser home d'estat, general i també matemàtic.

Tots dos són comptats entre els filòsofs més il·lustres de l'escola pitagòrica.

sostingué enèrgicament que tiraven a perdre i corrompien el que la geometria té de bo, fent-la escapar de les coses incorpòries i ideals cap als objectes sensibles i servir-se de cossos que requereixen molta vulgar mà d'obra⁸". Per tant, Arquimedes, el qual veurem més endavant com un gran inventor, no podia trobar-se a gust investigant en aquest ambient, i avançà la seva tornada a Siracusa per tal de gaudir de més llibertat.

1.2. Regnat de Hieró II. Personalitat d'Arquimedes

Quan arribà a Sicília, el rei Hieró ja havia consolidat el seu poder a la ciutat, després de diverses lluites internes i de les intervencions dels cartaginesos i de Pirrus, rei de l'Epir, en lluita contra els romans que pretenien ocupar l'illa. Tot això, a més del fet que era un dirigent savi, just i que exercia una administració eficient, va propiciar que fos molt apreciat pels habitants de la colònia. Poc després, durant la Primera Guerra Púnica, el rei siracusà féu una aliança amb els romans i la mantingué durant tota la seva vida, cosa que causà que l'illa gaudís d'una època de pau i prosperitat. Polibi⁹ dedica unes pàgines de la seva obra a fer un panegíric a Hieró: "Regnà durant cinquanta-quatre anys, en els quals mantingué la pàtria en pau. Ningú no va atemptar contra el seu imperi, i es veié lliure de l'enveja que acostuma a seguir els màxims magistrats. Fins i tot intentà diverses vegades abdicar del govern, però en fou privat per l'assemblea dels ciutadans. [...] Sobrepassà els noranta anys, i conservà sempre l'ús de tots els sentits, i mantingué intactes totes les parts del seu cos. Això em sembla un indicatiu no petit, sinó gran, d'una vida temperada¹⁰".



Moneda de bronze amb la imatge del rei Hieró II gravada

En aquesta situació propícia, Arquimedes va poder investigar i desenvolupar els seus teoremes i les seves teories científiques, així com donar llum a molts dels invents que li són atribuïts. De fet, el savi s'hauria dedicat exclusivament a la investigació

⁸ *Marcel* XIV, 11.

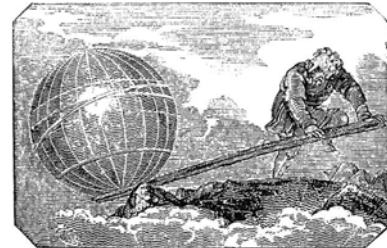
⁹ Polibi (c. 203-120 aC) fou un historiador grec presoner de guerra deportat a Roma el 168 aC. Va arribar a ser molt amic de Publi Corneli Escipió, al qual acompanyà en moltes de les seves batalles. La seva obra, *Història* (Ἱστορίων), està formada per quaranta llibres, en la qual explica com i per què els països civilitzats eren dominats per Roma; representa el testimoni més fiable sobre les Guerres Púniques, ja que Polibi tingué contacte amb testimonis directes. El seu estil és senzill, clar i didàctic.

¹⁰ *Història* VII, 8, 4-8.

matemàtica si no hagués estat perquè “el rei Hieró havent tingut el desig vehement i a l’últim persuadit Arquimedes que decantés una mica el seu art de les nocions abstractes a les coses materials i fes en certa manera la seva teoria més evident al vulgar mesclant-la, per via del sentit, a les aplicacions usuals¹¹”.

El seu caràcter estava farcit de múltiples excentricitats; algunes formen part de la llegenda, però la majoria és molt possible que fossin veritat. En aquest sentit, Plutarc narra: “No hi ha, doncs, raó per a deixar de creure el que es conta d’ell, que, vivint sempre encantat per una mena de sirena familiar i domèstica, s’oblidava fins de menjar i negligia la cura de la seva persona; i que, arrossegat sovint per força a l’ungiment i al bany, dibuixava figures geomètriques a la cendra dels fogars, i quan tenia untat el cos, amb el dit hi traçava línies, dominat per un gran plaer i verament posseït per les muses¹²”. D’això podem extreure la implicació del savi siracusà en les seves investigacions, fins al punt que prescindís de menjar fins haver acabat i demostrat un teorema, per tal com algunes de les anècdotes expliquen com continuava pensant en geometria fins i tot mentre tenien cura de la seva higiene.

Per als habitants de Siracusa, Arquimedes devia ser un personatge cèlebre, peculiar i famós, tant per les seves excentricitats com per algunes demostracions públiques que devia fer amb els seus invents. Una d’aquestes està clarament relacionada amb el descobriment del polispast o politja múltiple¹³; tal demostració té el seu origen en una carta que el matemàtic envià al seu rei: “Arquimedes [...] va escriure-li [a Hieró] que amb una força donada és possible de moure qualsevol pes donat; i endut juvenívolament, asseguren, per la força de la demostració, digué que, si tenia una altra terra, ell mouria aquesta després d’haver passat a l’altra. Hieró, meravellat, li demanà que posés en execució el problema i li fes veure alguna gran massa moguda per una força petita. Arquimedes fa treure a terra un vaixell reial de tres pals amb gran treball i molts de braços, hi introdueix una multitud d’homes i la càrrega ordinària, i aleshores ell, assegut a distància, sense esforç, bellugant tranquil·lament amb la mà l’extrem d’un



¹¹ *Marcel XIV*, 8.

¹² *Marcel XVII*, 11.

¹³ Vegeu apartat 2.1.2 d’aquest treball.

sistema de cordes i politges, l'acosta cap a ell tan llisament i sense entrebancades com si corregués pel mar¹⁴”.

Una altra anècdota, potser la més coneguda del savi grec, narrada molt extensament per Vitruvi¹⁵, ens permet saber que moltes de les investigacions i descobertes realitzades per Arquimedes sorgiren de la necessitat que tenia de resoldre problemes pràctics, i sovint en trobava la solució mitjançant l'observació del comportament dels elements del seu voltant. És la següent: “Hieró havia enfortit molt el seu poder reial a Siracusa, i, gràcies als seus èxits¹⁶, va decidir oferir als déus immortals, en un temple, una corona votiva d'or. Va llogar els serveis d'un artesà i va entregar-li una quantitat d'or, després d'haver-lo pesat. En el termini fixat, l'artesà va presentar a l'aprovació del rei l'obra finament acabada, i semblava que el pes de la



corona corresponia al de l'or lliurat. Però, més tard, es van tenir notícies que en l'elaboració de la corona hom havia sostret or i havia afegit la mateixa quantitat d'argent. Hieró, indignat pel menyspreu, però no trobant la manera de descobrir el furt, va demanar a Arquimedes que en fes la investigació. Arquimedes, mentre se n'ocupava, anà casualment a uns banys; i, quan es ficava a la banyera, observà que la quantitat d'aigua que en sobreixia era igual a la quantitat del seu cos que hi submergia. Doncs bé, ja que aquest fet li mostrava la solució del cas, no s'hi entretingué, sinó que, empès per l'alegria, va saltar de la banyera i, anant-se'n cap a casa, feia saber, amb veu forta, que havia trobat exactament el que buscava; perquè, corrent sense parar, cridava en grec: ‘Héureka’¹⁷, héureka’¹⁸”.

¹⁴ Marcel XIV, 12-13.

¹⁵ Vitruvi (c. 70-25 aC) fou un arquitecte i enginyer romà, que va dissenyar artefactes bèl·lics per ordre de l'emperador August. La seva obra més important, *De Architectura*, és una extensa obra de deu llibres que tracta temes sobre arquitectura, enginyeria, instal·lacions sanitàries, hidràulica, acústica i altres aspectes sobre la construcció. Va començar a valorar-se i estudiar-se a partir del Renaixement.

¹⁶ Els èxits a què fa referència Vitruvi són les que va aconseguir el rei siracusà quan fou aliat dels romans durant la Primera Guerra Púnica. Ens situem, per tant, al voltant de l'any 240 aC, ja finalitzada la guerra amb els cartaginesos.

¹⁷ Εύρηκα (héureka) és el perfet del verb εὐρίσκω (heurísko, ‘trobar’): significa ‘ho he trobat’.

¹⁸ *De Architectura* IX. Després d'aquest fragment, Vitruvi explica el procediment que segons ell utilitzà Arquimedes per descobrir el frau. Abordarem més extensament aquesta tema a l'apartat 2.2.2.

1.3. Època de les grans descobertes del siracusà

Diversos escriptors àrabs afirmen que Arquimedes tornà a Egipte cridat pel rei Ptolomeu, que volia que resolgués els problemes que causaven les crescudes periòdiques del riu Nil¹⁹. Allí va cooperar en la construcció de terraplens i bases de ponts que permetessin comunicar les heretats durant les inundacions. Segons Diodor de Sicília²⁰, durant la seva estada a Egipte Arquimedes també inventà el cargol hidràulic²¹.

Després d'aquesta breu estada a Alexandria, segurament Arquimedes retornà a Siracusa per quedar-s'hi, ara sí, per sempre. És en aquest període quan el matemàtic dóna llum als seus descobriments més importants sobre geometria i en deixa testimoni en forma de cartes a antics companys d'estudi. Arquimedes també es dedicava a enviar els enuncis dels seus teoremes als alexandrins, incitant-los a buscar-ne la demostració; els savis del Museu, tanmateix, no solien tenir èxit resolent els problemes que els proposava. En el preàmbul del *Mètode dedicat a Eratòstenes*, el sicilià escriu: “Arquimedes saluda Eratòstenes. Fa temps vaig enviar-te alguns teoremes que havia descobert; te n'exposava els enuncis i t'invitava a trobar-ne les demostracions que aleshores no vaig indicar-te²²”. Sembla que Arquimedes, “convençut de la importància de les seves descobertes, [...] veies com una necessitat que els científics del Museu aprovessin els seus resultats matemàtics²³”.

¹⁹ No sabem del cert el moment exacte en què va tornar a Egipte, però és poc probable que ho fes en plena Primera Guerra Púnica, per tal com Sicília estava envoltada de combats navals. Possiblement, doncs, va viatjar a Alexandria un cop acabats aquests, ja quan hi governava Ptolomeu III Evèrgetes (c. 282-221 aC); podríem arribar a dir que fou Eratòstenes qui va recomanar Arquimedes a Ptolomeu (abans de ser director de la Biblioteca fou tutor del seu fill i, per tant, era un home de confiança del rei) perquè investigués les crescudes del riu, ja que el matemàtic siracusà coneixia el de Cirene i hi mantenia contacte per mitjà de cartes, on li enviava els seus teoremes; tot això tendeix a fer pensar que Arquimedes no retornà a Egipte fins passat l'any 240 aC.

²⁰ Aquest historiador sicilià (c. 90-20 aC) va escriure una obra que pretenia ser una història universal des de la creació del món fins l'any 58 aC. La col·lecció consta de quaranta volums, dels quals se'n conserven quinze íntegrament i fragments de la resta.

²¹ El fragment de Diodor que fa referència a aquesta invenció és el següent: “[...] extreuen el flux de les aigües amb els anomenats *kochlías* egipcis que descobrí Arquimedes de Siracusa quan va estar a Egipte [...] Certament, un pot quedar molt admirat de la imaginació de l'artífex, no només en això, sinó també en molts altres grans invents famosos a tot el món habitat, les particularitats dels quals tractarem en detall més endavant quan ens referirem a l'època d'Arquimedes [...]” (*Biblioteca Històrica* V, 37). La secció a la qual remet Diodor s'ha perdut; sobre el cargol hidràulic, vegeu apartat 2.1.1.

²² *Mètode*, II 426.

²³ GONZÁLEZ, P. M.; VAQUÉ, J. Introducció al *Mètode* d'Arquimedes. Barcelona: Fundació Bernat Metge, 1997, p. 34.

1.4. Inici de la Segona Guerra Púnica

Fi del regnat de Hieró. Inestabilitat política a l'illa de Sicília

L'any 218 aC s'inicia la Segona Guerra Púnica, i Hieró, com a bon aliat dels romans²⁴, posa a la disposició del Senat tota la seva força naval per fer front als cartaginesos i als seus aliats. És molt probable que en aquest temps, vista la possibilitat d'un intent púnic de posar setge a la ciutat de Siracusa, Arquimedes es dedicà a construir tot tipus de màquines defensives i ofensives per poder fer front a qualsevol atac.

Gràcies a la flota de Hieró, els romans van poder moure's amb més facilitat entre Itàlia i Sicília, perquè es dedicava a enfonsar totes les esquadres cartagineses que s'avistaven des de l'illa; a més, contribuïa amb blat i queviures al manteniment de l'exèrcit al front. Malgrat tenir ja més de vuitanta anys, el vell rei “va prometre que ara, en la seva vellesa, ajudaria el poble romà amb el mateix esperit amb què l'havia ajudat, durant la seva joventut, a la guerra anterior²⁵”.

L'any 216, Geló, el primogènit de Hieró, va estar a punt de revolucionar Sicília quan es passà al bàndol dels cartaginesos, no respectant ni la vellesa del seu pare ni l'antiga aliança amb Roma. Afortunadament per al bon rumb de l'illa, va morir sobtadament quan estava instigant el poble a la revolta, i s'aconseguí mantenir l'estabilitat. Aquest fet, però, evidenciava que Hieró II ja era massa gran per mantenir la sang freda davant d'una guerra tan important i, en efecte, moriria poc després, el 215 aC, a l'edat de 91 anys.

El vell rei, doncs, fou succeït per Hierònim, el seu nét, un adolescent de quinze anys “que difícilment hauria pogut exercir amb moderació un poder de llibertats, i encara menys un poder absolut²⁶”. De fet, Hieró havia intentat deixar Siracusa convertida en república abans de morir, per evitar que el seu regne s'arruïnés a causa del

²⁴ En paraules de Livi, “Hieró era un home de bé, i un aliat extraordinari, i des que s'havia fet amic del poble romà, de forma constant s'havia mantingut lleial i en tot lloc i moment havia afavorit generosament els interessos de Roma” (*Ab Vrbe condita* XXII, 37, 10).

Tit Livi (59 aC-17 dC) va ser un historiador romà que va escriure una completíssima obra que narra la història de Roma des de la seva fundació (d'aquí el seu nom en llatí). Aquesta estava formada per cent quaranta-dos volums, i fou un encàrrec d'August per realçar la glòria de l'Imperi recentment format. Malgrat que Livi no és molt escrupolós a l'hora de narrar els fets, ja que l'obra conté anacronismes i contradiccions, va ser la història de Roma més llegida fins al Renaixement.

²⁵ *Ab Vrbe condita* XXI, 50, 9. Quan diu ‘a la guerra anterior’ es refereix a la Primera Guerra Púnica.

²⁶ *Ab Vrbe condita* XXIV, 4, 1.

despotisme del nou monarca; no obstant això, la insistència de les seves filles, que volien un governant manipulable –per poder exercir el poder reial elles mateixes–, va fer que el rei nomenés successor Hierònim, guiat per quinze tutors²⁷.

Poc després dels funerals de Hieró, un dels seus gendres convenç la resta de tutors a abandonar la tutela, argumentant que el jove ja és capaç de governar tot sol. A partir d'aquest moment, Hierònim comença a comportar-se amb opulència, vestint el color porpra²⁸ i duent escorta armada, i amb un tracte despectiu envers els conciudadans mai vist en el seu predecessor. El que succeí després ho narra Livi amb aquestes paraules: “I d'aquesta manera, el pànic s'apoderà de tothom, fins a tal punt que alguns dels tutors s'anticiparen al càstig que temien rebre per mitjà del suïcidi o de l'exili voluntari. Tres d'ells, Adranòdor i Zoippos, gendres de Hieró, i un tal Trasó, eren els únics que tenien accés al palau amb relativa familiaritat; en altres qüestions, la veritat és que [Hierònim] no feia massa cas a llur opinions; però com que dos d'ells es decantaven pels cartaginesos i Trasó per l'aliança amb Roma, amb el seu enfrontament i la seva proclivitat atreïen a vegades l'atenció del jove. Aleshores, un tal Caló [...] denuncià una conjuració enginyada per acabar amb la vida del rei²⁹”. Caló només va donar el nom d'un dels conjurats, que fou torturat fins que confessà qui eren els seus suposats còmplices; per encobrir els reals, digué que Trasó era el cap del complot, i esmentà com a coparticipants diversos innocents que formaven part de l'òrbita que envoltava Hierònim³⁰. Tots aquests foren declarats culpables i ajusticiats.

Llavors, sense Trasó pel mig, el rei es decantà per l'aliança amb Cartago; d'altra banda, els conjurats, que s'havien amagat esperant l'ocasió adient, van aprofitar que el monarca s'havia desplaçat a Leontini³¹ per portar a terme el complot i assassinar-lo³². Després de l'homicidi, Teòdot, el líder de la conspiració, es desplaçà ràpidament cap a Siracusa proclamant la llibertat pels carrers de la ciutat; al cap de dos dies se celebraren

²⁷ Per assegurar-se del tot que podrien influir en el governant, les filles de Hieró el convenceren perquè els seus marits, Adranòdor i Zoippos, fossin els principals tutors del jove.

²⁸ Aquest color s'utilitzava en l'època romana per tenyir les togues dels magistrats (com més alt era el càrrec d'un magistrat més bandes de color porpra tenia la seva toga i més gruixudes eren aquestes), i simbolitzava el poder i, en aquest cas, també la reialesa.

²⁹ *Ab Vrbe condita* XXIV, 5, 7-9.

³⁰ El que dóna credibilitat a aquesta confessió és que els suposats membres de la conjuració són homes propers al rei als quals beneficiava la seva mort.

³¹ Actual Lentini, prop de Siracusa.

³² Amb aquest crim s'acabà el curt regnat de Hierònim, que només havia durat tretze mesos, entre els anys 215 i 214 aC.

eleccions per escollir els membres del senat, de les quals surten vencedors Adranòdor i els assassins de Hierònim. Hipòcrates i Epícides, uns descendents de Siracusa que temps enrere Anníbal havia enviat a Sicília per pactar l'aliança amb Hierònim, aprofiten la situació encara inestable per difondre rumors, segons els quals "el senat i la noblesa [...] estaven ordint un pla secret dirigit a fer que Siracusa passés a poder dels romans amb el pretext d'una renovació de l'aliança, per després exercir la tirania una facció: els pocs instigadors de la renovació del tractat³³". Tot això donava peu a un cop d'Estat, i Adranòdor es decidí i planejà fer-se amb el poder; malauradament, en entrar a la cúria³⁴ els soldats li llevaren la vida, assabentats dels seus projectes. Aleshores, els membres del senat decideixen perseguir i liquidar la resta de la família reial, en un intent d'evitar més conspiracions per aconseguir el poder de la ciutat, però també perquè sospitaven que el govern despòtic exercit per Hierònim havia estat provocat pels tutors, la majoria familiars seus.

Un cop morta tota la reialesa, es convocaren noves eleccions per substituir l'aristocràcia assassinada, de les quals en sortiren clars vencedors Hipòcrates i Epícides. Arranjat aquest assumpte, el senat ignorà la recent aliança amb Anníbal i envià ambaixadors al general Marcel³⁵ per refer l'antic pacte amb Roma. Això no agradà als recentment escollits, ja que eren partidaris de Cartago, però no van tenir temps d'actuar perquè foren enviats a Leontini amb un exèrcit per ajudar les tropes romanes. Aleshores, ordeixen un pla: en primer lloc, eliminen amb els seus soldats la unitat de vigilància que Marcel tenia apostada a la zona i es refugien a la població. El general romà, sorprès per l'atac al seu exèrcit, amb la qual cosa s'havia trencat el pacte amb Siracusa, "pren la ciutat de Leontini a viva força; no fa cap dany als habitants, però, tots els desertors que hi atrapa, els fa assotar i occir. Hipòcrates comença per enviar a Siracusa un report que Marcel passa a degolla tota la joventut de Leontini, i llavors, quan té els siracusans contorbats, els cau damunt [amb Epícides] i s'apodera de la ciutat³⁶".

³³ *Ab Vrbe condita* XXIV, 23, 11.

³⁴ La cúria era l'edifici on acostumava a reunir-se el Senat.

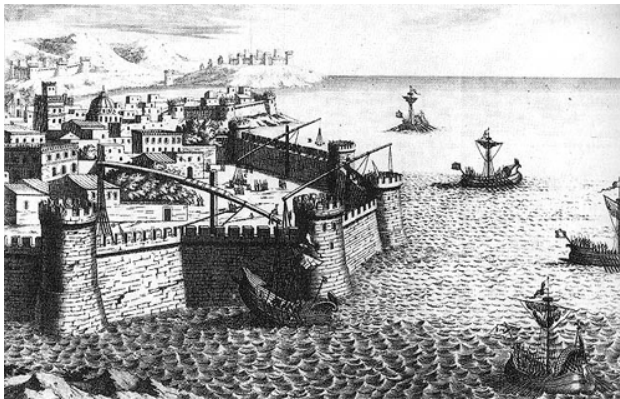
³⁵ Marc Claudi Marcel (c. 268-208 aC) fou cinc vegades cònsol; el Senat de Roma li atorgà el comandament de les tropes de Sicília perquè era l'únic general que no havia sofert derrotes a Itàlia.

³⁶ *Marcel* XIV, 2-3. Hipòcrates, amb molt d'enginy, aprofita el millor coneixement que té de la situació, la qual cosa li dona certs avantatges sobre Marcel, per enviar primer que ningú missatgers a Siracusa, transmetent un report fals sobre l'atac romà a Leontini que pretén (i aconsegueix) crear l'estat d'opinió que ell desitja a la capital. Graciès a això, li és relativament fàcil fer-se amb el poder, representant el paper de salvador davant l'enemic: Roma.

1.5. Setge romà de Siracusa. Desplegament de les màquines d'Arquimedes

Quan els romans s'assabentaren dels fets, van traslladar el seu campament a Siracusa i començaren l'atac a la ciutat per terra i per mar³⁷. Plutarc el descriu amb tot luxe de detalls³⁸: “Api menà l'exèrcit de terra i ell mateix [Marcel] dugué seixanta galeres de cinc rengles de rem³⁹, plenes de tota mena d'armes i trets⁴⁰”.

Quan els romans, doncs, atacaren per les dues bandes alhora, la consternació s'apoderà dels siracusans, que estaven muts de terror, creient que res no podien oposar a una força i una puixança tan grans. Però Arquimedes engegà les màquines i tot d'una van a l'encontre de les tropes de terra trets de tota mena i unes grandàries enormes de pedres, que queien amb brunziment i rapidesa increïbles: res no pot arrecerar contra llur



Atac romà a Siracusa

pes; tomben a munts els qui s'escauen a sota i desbaraten els rengles. Quant a les naus, de sobte per damunt les muralles es projecten antenes⁴¹ que, fent força a les unes amb un pes que se'ls recalca des de dalt, les fa anar a fons, o amb unes grapes de ferro o uns becs com de grua n'estiren d'altres enlaire per la proa i les submergeixen verticalment

per la popa, o per mitjà de llibants creuats des de dins les fan giravoltar i rodar sobre elles mateixes i les rebaten contra els espadats i els esculls que s'avancen al peu de la muralla, esclafant-les-hi amb gran destroça dels qui les tripulen⁴². Moltes vegades un vaixell aixecat de sobre el mar, girant d'ací d'allà suspès, oferia un espectacle esgarrifós, fins que els homes, precipitats i escampats com els trets d'una fona, el

³⁷ L'inici de l'atac se situa entre els mesos d'agost i setembre de l'any 213 aC.

³⁸ L'escomesa romana també és descrita per Polibi, *Història* VIII, 3-7 i Livi, *Ab Vrbe condita* XXIV, 34.

³⁹ Api Claudi era el general romà que s'encarregava de dirigir les tropes terrestres, el qual estava a les ordres de Marcel, que s'ocupava també de la flota naval.

⁴⁰ *Marcel* XIV, 5.

⁴¹ Arquimedes aprofita el fet que les embarcacions romanes s'havien d'acostar molt a la muralla, atès que pretenien superar-la mitjançant unes escales que llançaven des de dalt del pal de la nau, per poder colpejar-les amb els seus ginys.

⁴² Per veure una descripció més extensa dels aparells utilitzats per Arquimedes durant l'atac romà a Siracusa, consulteu l'apartat 2.1.

deixaven buit i queia contra les muralles o lliscava de l'agafall que el retenia. La màquina que Marcel feia avançar des de la plataforma es deia sambuca⁴³. [...] Mentre era encara a una certa distància de la muralla contra la qual es movia, li és descarregada una pedra de deu talents de pes⁴⁴, després una segona i una tercera, de les quals les unes, caient amb gran estrèpit i maror de ple dins la màquina, n'esclafen la base i sotraguen i desballesten l'enclavillat de la plataforma, de manera que Marcel, perplex, s'allunya ràpidament amb la seva flota i envia a l'exèrcit de terra l'ordre de retirada.

Llavors, en un consell de guerra, acord és pres d'acostar-se encara, si es pot, a les muralles durant la nit; perquè els llibants que usa Arquimedes tenen força per a fer volar molt amunt els trets que es disparin, però de prop són perfectament ineficaços, perquè el cop no té distància [pròpia]. Arquimedes, sembla, per això mateix havia preparat feia temps moviments de ginys adequats per a tota distància i trets curts, i successions de forats, no pas grans, però sí nombrosos i continus, en els quals hi havia escorpions d'abast curt, però aptes per a colpir de la vora, emplaçats sense que els pogués veure l'enemic. Així, doncs, quan els romans són al peu de la muralla, creient passar desapercebuts, i una vegada més es troben amb tot de trets i de cops, una pluja de pedres que els cauen al cap gairebé perpendicularment, mentre que la muralla els envia fletxes de pertot, reculen. I no és tot: quan tornen a estar arregats lluny, surten altra vegada trets que els atenyen mentre es retiren, i hi ha una gran destroça d'homes i un terrible entroxocar de naus, sense que puguin tornar-se contra els enemics. La majoria de les màquines, en efecte, Arquimedes les havia fabricades a recer de la muralla, i els romans semblava que lluitessin contra déus, perquè milers de mals adollaven sobre ells d'una font invisible.

Nogensmenys, Marcel escapa dels perills, i plasentejant amb els seus artífexs i enginyers, '¿No acabarem, diu, de fer la guerra a aquest Briareu de la geometria, que amb els nostres vaixells escudella l'aigua del mar i a cops de vara ha tret fora amb vilipendi la nostra sambuca i supera els fabulosos monstres de cent mans disparant-nos

⁴³ Marcel havia unit dues galeres i les utilitzava com a suport per fer avançar aquesta màquina, una espècie de torre d'assalt per mar que permetia als romans poder superar la muralla un cop les naus hi haguessin arribat.

⁴⁴ Uns 400 quilograms.

tants de trets alhora⁴⁵?' Perquè en realitat tots els altres siracusans eren el cos de l'aparell d'Arquimedes, i l'ànima que tot ho movia i girava era una: les altres armes jeien quietes, la ciutat aleshores només feia servir les d'ell, per a l'atac i per a la defensa. A la fi Marcel, veient els romans tan esfereïts que a la vista d'un llibantet o d'una fusta que s'allargués una mica per sobre la muralla, vociferant que Arquimedes movia alguna màquina contra ells, giraven l'esquena i fugien, desistí de tota mena de combat i d'assalt, confiant al temps la resta del setge⁴⁶''.

Durant aquest, que durà vuit mesos, Marcel es dedicà a atacar els partidaris dels cartaginesos que hi havia a l'illa. Mentrestant, però, es mantenia a l'expectativa d'oportunitats per intentar penetrar a la ciutat; la primera que se li presentà⁴⁷, va sorgir d'uns trànsfuges siracusans, que no estaven d'acord amb l'actual pacte cartaginès i als quals Marcel prometé que viurien lliures si entregaven Siracusa. Mentre s'ultimaven els preparatius del pla, però, Epícides se n'assabentà i torturà i matà els traïdors.

La segona oportunitat es presentà immediatament després: "Un lacedemoni enviat per Siracusa al rei Filip⁴⁸ havia estat capturat per naus romanes. Epícides estava molt interessat a rescatar-lo tant si com no, i Marcel no s'hi oposà. [...] Els enviats a l'entrevista per negociar el rescat calcularen que hi havia un lloc exactament equidistant i que anava bé a ambdues parts, [...] prop d'una torre que anomenen Galeagra⁴⁹. Van anar-hi diverses vegades, i un dels romans observà el mur de prop, comptà les pedres, féu els càlculs mentalment de l'amplada que mesurava cadascuna, calculà l'alçada de la muralla tan precisament com pogué, i quan va veure que era bastant més baixa del que en un principi havien pensat ell i tota la resta i que fins i tot es podia superar amb escales no massa llargues, n'informà Marcel, que s'ho va prendre seriosament; però

⁴⁵ Briareu era un dels Hecatonquirs, gegants dotats de cent mans i cinquanta caps, que posseïen una força descomunal. Plutarc utilitza la metàfora per representar el gran enginy d'Arquimedes, que amb el seu art i les seves màquines superava àdhuc aquests monstres mitològics.

⁴⁶ *Marcel* XV; XVI; XVII, 1-4.

⁴⁷ Ens situem a principis de la primavera de l'any 212 aC.

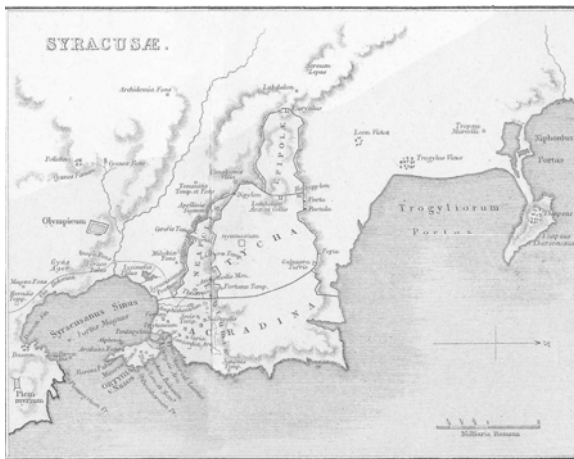
⁴⁸ Filip V (238-197 aC) fou rei de Macedònia a partir del 221 aC. Durant la Segona Guerra Púnica signa una aliança amb els cartaginesos, vistes les victòries d'Anníbal a Itàlia, i pretén el domini de la regió d'Il·líria després de la derrota romana. Aquesta aliança provocà l'inici de les Guerres Macedòniques, que acabaren amb el domini llatí de Grècia.

⁴⁹ Al nord de Siracusa, entre els barris de Tique i Acradina. La ciutat es dividia en cinc barris o districtes: L'Illa, Ciutat Nova, Epípoles i els dos ja esmentats; el d'Acradina era la part principal, i estava separat de la resta per un mur.

com que no era possible aproximar-se al lloc perquè estava vigilat per la raó mencionada, van romandre quietes esperant una oportunitat⁵⁰”.

1.6. Entrada dels romans a Siracusa. Mort d'Arquimedes

Aquesta nova oportunitat arribà pocs dies més tard de la mà d'un desertor, el qual informà Marcel “que tots els siracusans celebren una festa que dura tres dies, en honor d'Artèmis, i que, per bé que a causa de l'escassetat, mengen molt pobrament, no obstant, de vi no en manca, perquè Epícides i els siracusans de fora l'han aportat en abundància. Marc [...], opinant que el més natural és que els de dintre s'haguessin embriagat, perquè havien begut sense menjar res de sòlid, va prendre el determini de temptejar les seves esperances. Ràpidament féu adossar a la muralla dues escales apropiades, i es disposà a prosseguir l'empresa. Als més aptes per a pujar i per a afrontar el primer i més visible risc, els participà el projecte, i els féu concebre grans esperances. Trià els qui havien d'ajudar-lo a transportar les escales, però no els declarà res del projecte; només els manà que estiguessin atents a les ordres que rebrien. Aquestes foren acomplertes exactament; en el moment oportú de la nit desvetllà els primers, i envià els portadors de les escales amb un maniple i un tribú⁵¹, després d'assenyalar la recompensa que tindrien els coratjosos. Immediatament desvetllà tot



Mapa de la Siracusa del segle III aC

l'exèrcit, i als primers d'aquests els envià a intervals, maniple per maniple. Quan aquests arribaren, aproximadament, al miler, deixà passar un temps, i seguí ell mateix amb tota la tropa. Els qui portaven les escales pogueren recolzar-les a la muralla sense risc, i sense ésser vistos pels de dins. Els escollits pujaren sense vacil·lar. Tampoc aquests no foren vistos, i drets, i en seguretat dalt de la muralla, els altres corregueren cap a les escales sense observar l'ordre del principi, sinó cadascú per on podia. En el primer recorregut no trobaren ningú, perquè els qui s'havien

⁵⁰ *Ab Vrbe condita* XXV, 23, 8-13.

congregat a les torres, per als sacrificis, uns eren al punt culminant del banquet, i altres jeien totalment embriacs. Per això, tant als de la primera torre com als de la segona, els assaltaren d'imprevist, i en mataren impunement la majoria, totalment desaparebuts. I en apropar-se en llur descens, a les 'Sis Portes', obriren la primera porta⁵² que hi havia bastida, i per ella reberen el general i la resta de l'exèrcit⁵³.

L'entrada dels soldats romans a Siracusa produí la fuga i el terror general dels ciutadans, "com si no quedés res de la ciutat per prendre. I tanmateix quedava el barri més fort, més bell i més gran, que es diu l'Acradina⁵⁴". Aquest barri seria conquerit un any i mig més tard, després d'intensos combats i negociacions.

Tant Livi com Plutarc afirmen que Marcel, imaginant-se com quedaria la ciutat després del saqueig de l'exèrcit, no va poder contenir les llàgrimes. El general evità que fos cremada i arrasada, com proposaven molts soldats, malgrat que es va veure obligat a permetre que es fes botí de les riqueses i els esclaus. I efectivament, "no foren pas menys les riqueses endutes d'allí que més endavant de Cartago⁵⁵; perquè la resta de la ciutat⁵⁶, no gaire temps després lliurada per la traïció, persistiren a saquejar-la, excepte el tresor reial: aquest fou apartat per al fisc⁵⁷".

Durant aquest pillatge és quan es produí la mort del savi Arquimedes, que tant afligí Marcel, perquè el general havia decretat que es respectés la vida del matemàtic. Ens n'han arribat moltes versions; Plutarc n'aporta tres: "S'estava tot sol reflexionant sobre una figura de geometria, i talment havia donat a aquella contemplació el pensament i els ulls, que no va tenir esment de la irrupció dels romans ni de la presa de la ciutat. De sobte se li presenta un soldat i li mana que el segueixi on és Marcel. Arquimedes no vol fins haver acabat el problema i establert la demostració; el soldat, ple d'ira, s'arrenca de l'espasa i el mata. D'altres diuen que el romà va presentar-se ja de dret amb l'espasa nua per matar-lo, i que Arquimedes, en veure'l, pregà i suplicà que s'esperés una estona a fi de no deixar la seva recerca inacabada i sense demostració;

⁵¹ Un maniple era cada una de les trenta unitats en què es dividia la legió romana; un tribú era el cap d'un cos de tropes.

⁵² La primera porta era l'Hexàpila, la més important de les 'Sis Portes', situades de forma contigua a la part nord de la muralla.

⁵³ *Història VIII*, 38, 2-11.

⁵⁴ *Marcel XVIII*, 5-6.

⁵⁵ La destrucció de Cartago es produiria l'any 146 aC.

⁵⁶ Es refereix a l'Acradina, el barri principal i on habitaven els ciutadans més rics.

⁵⁷ *Marcel XIX*, 7.

però el soldat, sense amoïnar-s'hi gens, l'enllestí. I una tercera versió és que Arquimedes portava a Marcel uns instruments de matemàtiques, quadrants solars, esferes i escaires, amb els quals adaptava la magnitud del sol a la vista; uns soldats el topen, creuen que porta or dins la caixa i el maten⁵⁸”.

Tit Livi descriu l'assassinat del savi de forma més succinta: “Arquimedes, quan estava inclinat sobre uns dibuixos que havia traçat a terra, fou mort per un soldat que desconeixia la seva identitat⁵⁹”. Valeri Màxim⁶⁰, per contra, ofereix potser la versió



Un soldat romà ordena a Arquimedes que vagi a veure Marcel

més tràgica dels fets: “Mentre Arquimedes, amb la ment i els ulls clavats a terra, traçava unes figures, un soldat va irrompre a casa seva per saquejar-la; i, amb l'espasa desembeinada sobre el seu cap, va preguntar-li qui era; ell, pel deler desmesurat de prosseguir la seva investigació, no va poder donar-li el seu nom, sinó que, protegint l'arena amb les mans, va dir-li: ‘Si et plau, no em desfacis això.’ Com si, actuant així, menyspreés l'ordre del vencedor, fou mort, i amb la seva sang va desfigurar les línies fruit de la seva ciència. D'aquesta manera, va passar que la seva mateixa passió per l'estudi, primer li féu el do de la vida, i després la hi prengué⁶¹”.

Més endavant, ja en època bizantina, Tzetzes aportà una nova versió de la mort del savi: “Estava inclinat, traçant un dibuix mecànic, i un romà, després de col·locar-se al seu costat, el feia presoner arrossegant-lo. Aleshores Arquimedes, completament concentrat en el dibuix, no reconeixent-lo qui l'arrossegava, li deia: ‘Aparta't, home, del meu dibuix.’ Quan el romà l'estirava, després de girar-se [Arquimedes] i reconèixer que era romà, cridava: ‘Que algú em doni alguna màquina de les meves!’ I el romà, espantat, mata a l'instant aquest home dèbil i vell, extraordinari per les seves obres⁶²”.

⁵⁸ *Marcel* XIX, 8-11.

⁵⁹ *Ab Vrbe condita* XXV, 31, 9.

⁶⁰ Valeri Màxim (s. I aC – s. I dC) va ser un compilador d'anècdotes i relats tradicionals, que agrupà en la seva obra *Dits i fets memorables* (*Dicta et facta memorabilia*), dedicada a l'emperador Tiberi. Està dividida en nou llibres, que s'agrupen en blocs segons la seva temàtica: religió, institucions civils, virtuts socials, etc.

⁶¹ *Dicta et facta memorabilia* VIII, 7.

⁶² *Chiliades* II, 136-144.

I per últim, citarem una versió moderna, que és, de fet, una reproducció en paper de la llegenda que ens ha arribat fins a l'actualitat resultat de moltes modificacions i que agafa detalls de cada autor clàssic: “Quan [...] Siracusa fou, al final, capturada per les legions romanes, un destacament de soldats romans va irrompre a la casa d'Arquimedes, el qual estava absort al pati del darrere traçant algunes complicades figures geomètriques a la sorra. *'Noli tangere circulos meos'*, exclamà Arquimedes en el seu mal llatí quan un dels soldats va trepitjar-los. Com a resposta, el soldat traspassà amb la seva llança el cos de l'ancià filòsof⁶³”.

Sigui quina sigui la veritable anècdota sobre la mort d'Arquimedes, tots els escriptors estan d'acord en diversos punts: fou causada per la presa romana de la ciutat de Siracusa, encara que el general que dirigia l'atac sempre intentà protegir el savi i, de fet, com diu Plutarc, “que Marcel s'adolorà, que es girà del seu matador amb horror com d'un sacríleg i que va fer cercar els seus parents per honrar-los, tothom hi convé⁶⁴”.

1.7. El savi grec després de la seva mort

Arquimedes, però, va fer que la seva història no s'acabés amb la mort. D'una banda, les contribucions que féu a les matemàtiques han aconseguit que el seu treball hagi estat valorat fins a l'actualitat i investigat pels savis des del Renaixement; de l'altra, l'esplèndida defensa que desenvolupà durant l'atac romà a Siracusa li permeté fer-se un lloc a les pàgines de tots els historiadors, que ens han transmès diverses anècdotes del savi. A més, tot i que no escrigué cap llibre, les cartes que envià als seus amics ens han permès tenir testimoni de tot el seu llegat.

I això no és tot: la tomba d'Arquimedes és gairebé mítica, i ha passat a la història com la primera amb un epitafi científic. Perquè el matemàtic, “demanà als seus amics i als seus parents que després de la seva mort possessin damunt la seva tomba un cilindre contenint una esfera, i, per inscripció, la proporció en què el sòlid continent excedeix el sòlid contingut⁶⁵”.

⁶³ GAMOW, G. *Biography of Physics*. New York: Harper and Brothers Publishers, 1961, p. 29-30 (Traducció).

⁶⁴ *Marcel XIX*, 12.

⁶⁵ *Marcel XVII*, 12.

Aquest fet el corrobora Ciceró⁶⁶, el qual, l'any 75 aC, mentre era qüestor⁶⁷ al Lilibeu (Sicília), descobrí la tomba del savi en molt males condicions: “Essent jo qüestor, vaig descobrir el seu sepulcre, ignorat dels siracusans (que fins i tot negaven que existís), voltat i cobert pertot arreu d'esbarzers i malesa. Jo em recordava d'uns senaris que, segons una tradició, estaven gravats sobre la seva sepultura, i en aquests senaris es deia que al cim del monument hi havia una esfera amb un cilindre. Aleshores jo, un dia que estava escorcollant amb els ulls tot el terreny que hi ha al voltant de la porta d'Agrigent (en aquell indret hi ha una gran quantitat de sepulcres), em vaig adonar d'una columneta que no sobresortia gaire de la brossa, en la qual hi havia gravades les figures d'una esfera i d'un cilindre. Vaig dir de seguida als siracusans que m'acompanyaven (eren els principals de la ciutat) que em creia que allò era el que cercava. Hi vam enviar uns quants homes amb falçs per netejar i descobrir el lloc. Quan vam tenir una entrada oberta, ens vam acostar a la cara anterior del pedestal. S'hi veia la inscripció, amb els versos rosegats al final, gairebé la meitat⁶⁸”.



Monument en honor a Arquimedes que reproduceix la seva tomba (Siracusa)

D'aquesta manera veiem que Arquimedes, cent trenta-set anys després de la seva mort, continuava deixant perplexos els siracusans, que negaven l'existència de la seva

⁶⁶ Marc Tul·li Ciceró (106-43 aC) fou un orador, escriptor i polític romà que visqué els últims temps de la república. És més conegut per la seva eloqüència i per l'estil de la seva prosa, que encara és model avui en dia per redactar les encíclicques papals. La seva obra és molt extensa, però destaquen els diversos discursos que féu davant del senat al llarg de la seva vida, així com els seus llibres de teoria filosòfica.

⁶⁷ Els qüestors foren la magistratura més baixa de la carrera política (*cursus honorum*) romana; s'encarregaven de supervisar el tresor i les finances de l'estat, l'exèrcit i els funcionaris.

⁶⁸ *Tusculanae Disputationes* V, 23, 64-66.

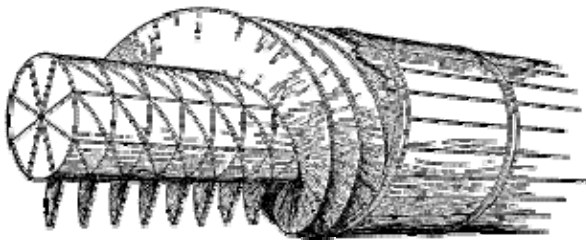
tomba, però també els romans, que veien com l'ànima del millor matemàtic de l'antiguitat restava viva, present en totes les seves descobertes.

2. OBRA D'ARQUIMEDES

2.1. Enginys i màquines

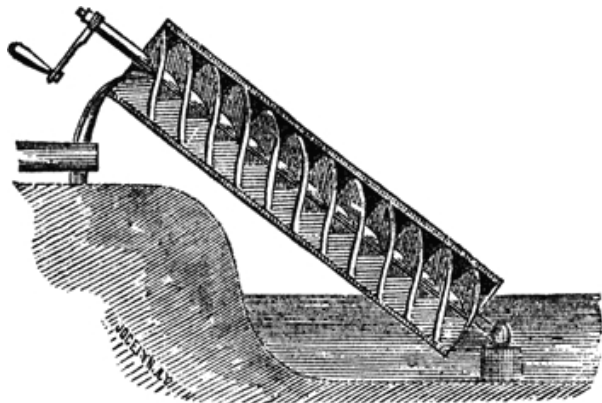
2.1.1. El cargol hidràulic

El cargol, cargol sense fi o còclea (κοχλίας) fou un instrument que ideà Arquimedes durant la seva segona estada a Egipte per tal de poder elevar l'aigua del riu Nil i guanyar així camps fèrtils, o bé per desguassar terres més baixes on s'hi estancava l'aigua¹.



Estava compost d'una llarga fusta ben arrodonida, que s'envoltava amb una espiral feta a partir d'un llarg regle de faig enganxat amb pega líquida; damunt d'aquesta s'hi anaven afegint espirals successivament, fins que el canal per on havia de pujar l'aigua tenia el gruix suficient. El conjunt d'espirals es cobria totalment a base de taulons, que es reforçaven amb arcs de ferro. Els eixos, també de ferro, es col·locaven a les puntes de la fusta central, i la màquina s'accionava de forma manual fent girar un d'aquests².

El seu funcionament era bastant simple: quan es girava el cargol, el contingut d'aigua que hi havia als esglaons submergits de l'espiral anava pujant, fins que arribava a dalt de tot i queia al canal o en un recipient.



¹ Diodor Sícul, *Biblioteca Històrica* V, 37.

² Vitruvi, *De Architectura* X, VI.

2.1.2. El polispast

El polispast (πολύσπαστον) o politja múltiple fou un enginy utilitzat per Arquimedes per moure un vaixell immens i així complaure el rei Hieró, que li havia demanat que li mostrés com amb una força petita podia desplaçar una massa molt gran³.

Aquesta màquina es basa en la fórmula: $F = \frac{P}{n}$

Segons aquesta, la força que cal realitzar per aixecar un objecte (F) és igual al pes d'aquest (P) dividit entre el nombre de politges (n) de què estigui compost el polispast en qüestió. Així doncs, com més gran sigui el nombre de politges, més petit serà l'esforç realitzat per fer pujar l'objecte.

L'inconvenient d'aquest aparell és que $l = \frac{d}{n}$, o sigui, la distància que s'eleva el pes (l) és igual a la longitud de corda estirada (d) dividida entre el nombre de politges. Això fa que, com més politges utilitzem per aixecar un objecte, més longitud de corda haurem d'estirar per fer-lo pujar una mateixa distància.

Si tenim en compte que la galera que mogué Arquimedes era d'una massa enorme i es desplaçava molt lentament, el nombre de politges que utilitzà el savi en aquella demostració degué ser important.

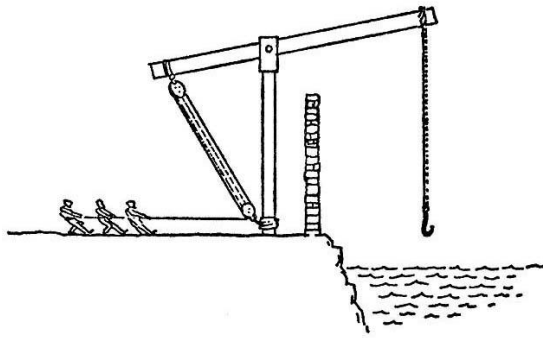
2.1.3. L'urpa d'Arquimedes

Aquesta màquina és una de les més originals emprades en la defensa de la ciutat de Siracusa durant l'atac naval de Marcel l'any 213 aC.

Descrita per Plutarc com una grapa de ferro (χείρ σιδηρᾶ) o un bec com de grua (στόμα εικάμενον γεράνου)⁴, era un giny compost per un tauló vertical i un altre d'horitzontal, col·locat aquest segon per la part del mig al capdamunt del primer, de manera que fos mòbil; estava situat a l'interior de la muralla que donava al mar. La fusta horitzontal passava per sobre del mur; a la banda exterior hi havia penjada una corda amb un ganxo de ferro a la punta, mentre que a la interior s'hi col·locava un sistema de politges.

³ Marcel XIV, 13.

⁴ Marcel XV, 3.



Funcionava de la següent manera: quan un vaixell s'apropava a la muralla, el que dirigia l'urpa feia que el ganxo es clavés a la proa de la nau; llavors, uns homes estiraven la corda del final del polispast i, aprofitant el seu sistema, elevaven el vaixell a poc a poc però sense esforç. Un cop havia assolit una posició totalment vertical, deixaven anar la corda de sobte, fet que provocava que l'embarcació s'estavellés contra l'aigua per la popa i s'enfonsés ràpidament.

2.1.4. Els escorpions

Aquestes petites ballestes, en grec σκορπίοι, les utilitzà Arquimedes per frenar l'atac terrestre d'Api Claudi⁵. Estaven preparades per tirar petits dards de forma ràpida, i la seva mida era bastant reduïda, ja que estaven situades darrere d'uns petits forats de la muralla que passaven desapercebuts als romans.

L'arma sorprenué molt els atacants, perquè no s'esperaven que el geni siracusà els pogués colpir amb cap tipus de màquina un cop haguessin aconseguit arribar al peu de la muralla. Per tirar el dardell, l'home que la manipulava només n'havia de tensar la corda mitjançant unes palanques, col·locar la fletxa al canal i accionar el mecanisme que deixaria anar la corda de cop, impulsant el projectil a gran velocitat a través del foradet del mur, que colpejava amb força un objectiu desprotegit.

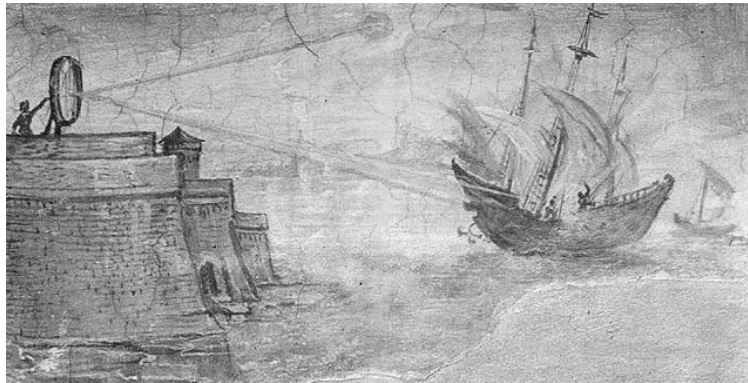
2.1.5. Els miralls ardents

També coneguts com a miralls ustoris, aquest és l'invent atribuït a Arquimedes que ha generat més polèmica de tots d'ençà que es començà a estudiar durant el Renaixement. A causa de la seva gran complexitat, analitzarem aquest enigma pas a pas.

Segons els relats d'alguns historiadors, durant l'atac naval que el general Marcel féu en un intent de conquerir Siracusa, el savi grec utilitzà uns miralls que concentraven els raigs del sol per aconseguir calar foc a les galeres romanes. En el seu moment, aquests relats es van acceptar fàcilment, però quan començà la difusió de les obres

⁵ Marcel XV, 9.

d'Arquimedes al segle XVI i els científics s'interessaren també per la vida i les gestes del matemàtic, els miralls ardents van desencadenar una gran controvèrsia.



Alguns d'aquests homes de la ciència⁶ afirmaren que, amb els mitjans de què disposava Arquimedes i amb els seus coneixements sobre catòptrica, era completament impossible que hagués pogut confeccionar aquests miralls i encendre les naus romanes; d'altres⁷, però, van concloure que Arquimedes sí posseïa la ciència i els recursos suficients per crear-los i dur a terme l'incendi de les embarcacions mitjançant la concentració dels raigs del sol en un sol punt. Malgrat que els primers simplement es limitaren, de manera teòrica, a desmentir la llegenda dels miralls ustoris, els segons van realitzar nombroses experimentacions per tal de demostrar que l'invent hauria pogut tenir èxit⁸, els escèptics tendiren sempre a guanyar terreny.

Però el tema no estava tancat del tot, ja que l'any 1973 l'enginyer grec Ioannis Sakkas demostrà que amb un conjunt d'escuts-mirall es podia encendre una galera situada a uns cinquanta metres en només dos minuts. Ell va concloure que Arquimedes hauria pogut utilitzar el mateix procediment al segle III aC.

No obstant això, poc més tard, l'any 1977, l'anglès Simms⁹ va proposar-se donar el cop de gràcia per tal de desacreditar totalment la llegenda dels miralls ardents. El seu pla d'atac era interdisciplinari i es basava en tres punts, que havien de ser decisius per acabar d'una vegada per totes amb una discussió iniciada tres segles abans:

1) Establir que les fonts històriques favorables a l'existència dels miralls no tenen cap valor.

⁶ El més important fou René Descartes, que ataca el mite dels miralls a la seva obra *Dioptricae*.

⁷ Galileo Galilei, Bonaventura Cavalieri, Roger Bacon, Athanasius Kircher (*Ars magna Lucis et Vmbrae*), Georges Buffon (*Histoire naturelle*).

⁸ Per les demostracions d'aquests segons científics, vegeu THUILLIER, P. *De Arquímedes a Einstein: las caras ocultas de la invención científica*. Madrid: Alianza Editorial, 1990, p. 48-51.

Els historiadors que ens proporcionen més informació sobre el setge de Siracusa són tres: Polibi, Tit Livi i Plutarc. El primer és el més fiable de tots, ja que nasqué deu anys després de l'atac de Marcel i, per tant, va poder conèixer testimonis directes que participessin en les campanyes romanes a Sicília. Cap dels tres, però, fa cap tipus d'al·lusió a l'ús de miralls ustoris durant la defensa de la ciutat; pel fet que les seves narracions expliquen amb tot detall les màquines utilitzades per Arquimedes, haurien d'haver tractat també el tema dels espills si haguessin existit.

El primer escriptor que narrà l'ús dels miralls ardents per part del geni és Antemi de Tralles, del segle VI. A la seva obra *Màquines extraordinàries* explica com es pot inflamar una matèria combustible a una distància de tir amb arc i el mecanisme utilitzat per Arquimedes per encendre les galeres romanes. Aquest testimoni és bastant interessant, tot i que no és gaire fiable, ja que no cita cap font anterior i és bastant tardà. Després d'Antemi hi ha alguns testimonis més, com Zonaras i Tzetzes, però són d'època bizantina i a més es remeten a obres d'historiadors romans que s'han perdut.

Abans d'Antemi hi ha dos fonts –el metge Galè i l'escriptor grec Lluçia de Samòsata (segle II dC)– que afirmen que el siracusà incendià algunes naus romanes, però no anomenen explícitament dels miralls ardents, sinó “un mecanisme mitjançant el qual es podia calar foc a una embarcació”.

2) Provar que Arquimedes no disposava dels mitjans tècnics i intel·lectuals per construir una arma solar suficientment potent.

De cap dels tractats arquimedians que han arribat fins a l'actualitat no podem saber si el geòmetra posseïa coneixements de catòptrica. No obstant això, diverses fonts antigues¹⁰ afirmen que Arquimedes s'ocupà del tema, però Simms cita al respecte Diòcles, que va escriure el tractat *Sobre els miralls ardents*, en el qual no fa cap menció sobre el seu ús en la defensa de Siracusa, tot i haver estat escrit entre els anys 190 i 180 aC, només dues dècades després del setge. Altra vegada, el silenci dels escriptors més fiables és el que permet negar que Arquimedes tingués els mitjans suficients per idear el sistema de miralls.

3) Demostrar que en les condicions concretes del setge de Siracusa una proesa d'aquest tipus no s'hauria pogut dur a terme amb èxit.

⁹ SIMMS, D. L. “Archimedes and the burning mirrors”. *Tecnology and culture*, 18 (1997), p. 1-24.

¹⁰ Apuleu (s. II), Teó d'Alexandria (s. IV).

En aquest punt, Simms, basant-se en els treballs efectuats per la *British fire research station*, intenta demostrar que els espills d'Arquimedes no eren prou potents per calar foc a les naus romanes. El seu veredicté és el següent: la fusta d'un vaixell, completament seca, necessita 0,7 calories per centímetre quadrat i per segon per tal d'encendre's; però com que la fusta de les embarcacions conté un 20% d'humitat, es necessitarien 1,5 cal/cm²/s.

Nogensmenys, molts experiments han comprovat que amb una aportació calòrica menor s'ha aconseguit inflamar una nau, però Simms afirma que això s'ha realitzat en condicions òptimes que no es van complir a Siracusa: les demostracions sempre han incendiat un objectiu fix, però les galeres romanes estaven en constant moviment, la qual cosa impedia que fos possible apuntar un punt concret durant el temps suficient per aconseguir calar-hi foc. Aquest és potser l'argument més sòlid de tots els presentats per Simms.

Thuillier, que analitzà l'enigma dels miralls ustoris uns anys després, intentà posar objeccions als arguments disposats per Simms, per tal de demostrar que no hi ha cap investigació que permeti aclarir del tot l'assumpte, i acabà conclouent: "Aprendamos la lección: no tenemos del pasado más que una imagen deformada y, en todo caso, incompleta. Aun permaneciendo crítico, es necesario admitir que 'lo imposible' a veces también pudo realizarse...¹¹".

2.1.6. El planetari

Segons Ciceró, Arquimedes "va fixar en una esfera les òrbites de la Lluna, del Sol i dels cinc planetes, i va fer [...] que una sola revolució de l'esfera combinés moviments totalment diversos per mitjà de velocitats diferents¹²". Abans de construir aquesta, el siracusà ja havia confeccionat un planetari, però no deixava de ser una còpia, tot i que molt bona, d'un model ja creat, el qual només combinava un sol moviment. L'esfera que esmenta Ciceró és única pel fet de reproduir per primera vegada diversos moviments alhora, cosa que mai ningú no havia aconseguit.

Marcel, meravellat per l'enginy d'aquest invent, després de la mort del savi, va rescatar ambdós planetaris de casa seva per evitar que fossin destruïts; l'esfera més

¹¹ THUILLIER, P. *De Arquímedes a Einstein: las caras ocultas de la invención científica*. Madrid: Alianza Editorial, 1990, p. 75.

bona va quedar-se-la per a ell, i el model menys perfecte el col·locà al temple de la Virtut, a Roma, per tal que pogués ser contemplat per tothom.

2.2. Tractats

Tot l'obra escrita d'Arquimedes es conserva en forma de tractats, continguts majoritàriament a les cartes que envià als seus amics alexandrins per ensenyar-los els diferents teoremes que anava descobrint. Se'n té constància d'un total de tretze, i es divideixen en tres blocs; dins de cada bloc, les obres estan disposades segons l'ordre proposat per Heiberg¹³.

2.2.1. Tractats que demostren teoremes relatius a les àrees i als volums de figures limitades per corbes i superfícies

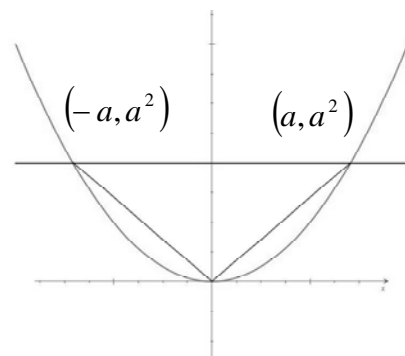
En els tractats analitzats en aquest bloc, s'enumeraran els teoremes definits per Arquimedes, que utilitzava el mètode d'exhaustió¹⁴, alguns acompanyats d'una demostració utilitzant els coneixements matemàtics actuals.

1) Sobre la quadratura de la paràbola: “es demostra que tot segment comprès per una recta i una secció de con rectangle¹⁵ és quatre terços del triangle que té la mateixa base i igual alçada que el segment¹⁶”.

Siguin la paràbola d'equació $y = x^2$ i la recta d'equació $y = a^2$:

$$\text{Àrea del triangle} = \frac{b \cdot h}{2} = \frac{2a \cdot a^2}{2} = a^3$$

Àrea de la secció de paràbola =



¹² *Tusculanae Disputationes* I, XXV, 63.

¹³ Johan Ludvig Heiberg (1854-1928) fou professor de la Universitat de Copenhaguen i editor de les obres d'Arquimedes; l'any 1906, quan es descobrí un palimpsest a Jerusalem, s'encarregà d'investigar-lo i hi descobrí fragments inèdits d'alguns tractats d'Arquimedes.

¹⁴ El mètode d'exhaustió o mètode d'esgotament consisteix a agafar dos nombres, entre els quals hi ha el resultat que es pretén obtenir, i anar-los acotant fins arribar a la solució. Aquest és un mètode de demostració, no de descoberta; per tant, calia conèixer-ne el resultat per endavant.

¹⁵ Aquesta és l'expressió que utilitza Arquimedes per referir-se a la paràbola, ja que aquest terme és posterior.

¹⁶ *Sobre la quadratura de la paràbola*, II 264.

$$\begin{aligned}
&= \int_{-a}^a a^2 - x^2 dx = \int_{-a}^a a^2 dx - \int_{-a}^a x^2 dx = \left[a^2 x - \frac{x^3}{3} \right]_{-a}^a = [a^2 \cdot a - a^2 \cdot (-a)] - \\
&- \left[\frac{a^3}{3} - \frac{(-a)^3}{3} \right] = [a^3 + a^3] - \left[\frac{a^3}{3} + \frac{a^3}{3} \right] = 2a^3 - \frac{2a^3}{3} = \frac{6a^3 - 2a^3}{3} = \frac{4}{3} \cdot a^3
\end{aligned}$$

2) Sobre l'esfera i el cilindre: determina les àrees i els volums d'esferes i cossos relacionats amb aquestes. Destaquen els teoremes següents:

– “La superfície de tota esfera és el quàdruple del cercle màxim dels que hi ha en ella¹⁷”.

– El volum d'una esfera és quatre vegades el volum del con que té com a base el cercle màxim de l'esfera i com a altura el radi de l'esfera.

$$\text{Volum del con} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot r = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^3$$

$$\text{Volum de l'esfera} = 4 \cdot \text{volum del con} = 4 \cdot \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$$

– “En tota esfera, el cilindre la base del qual és igual al cercle màxim dels de l'esfera i la seva alçada igual al diàmetre de l'esfera, és ell mateix una vegada i mitja l'esfera i la seva superfície una vegada i mitja la de l'esfera¹⁸”.

$$\begin{aligned}
\text{Superfície del cilindre} &= \pi \cdot r^2 + \pi \cdot r^2 + 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h = 2 \cdot \pi \cdot r^2 + 2 \cdot \pi \cdot r \cdot 2 \cdot r = \\
&= 2 \cdot \pi \cdot r^2 + 4 \cdot \pi \cdot r^2 = 6 \cdot \pi \cdot r^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Superfície del cilindre} &= \frac{3}{2} \cdot \text{superfície de l'esfera} = \frac{3}{2} \cdot 4 \cdot \pi \cdot r^2 = \\
&= \frac{12}{2} \cdot \pi \cdot r^2 = 6 \cdot \pi \cdot r^2
\end{aligned}$$

$$\text{Volum del cilindre} = \pi \cdot r^2 \cdot h = \pi \cdot r^2 \cdot 2 \cdot r = 2 \cdot \pi \cdot r^3$$

$$\begin{aligned}
\text{Volum del cilindre} &= \frac{3}{2} \cdot \text{volum de l'esfera} = \frac{3}{2} \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = \frac{12}{6} \cdot \pi \cdot r^3 = \\
&= 2 \cdot \pi \cdot r^3
\end{aligned}$$

Arquimedes devia sentir-se molt orgullós d'aquest descobriment, ja que, com hem vist, demanà que el possessin com a epitafi de la seva tomba.

¹⁷ Sobre l'esfera i el cilindre, I 2.

¹⁸ Sobre l'esfera i el cilindre, I 2.

3) Sobre les espirals: defineix la corba que actualment s'anomena 'espiral d'Arquimedes'. El resultat més destacat d'aquest tractat és que l'àrea limitada per la primera volta de l'espiral i el punt inicial és igual a un terç del primer cercle.

4) Sobre conoides i esferoides: calcula l'àrea i el volum de seccions de cons, esferes i paraboloides.

5) Sobre la mesura del cercle: exposa l'equivalència entre el cercle i el triangle de base la circumferència i altura el radi, i fa un càlcul aproximat del nombre π , situat entre els nombres $\frac{6.336}{2.017}$ (3,1412989) i $\frac{29.376}{9.347}$ (3,1428265), que substitueix per $3 + \frac{10}{71}$ i $\frac{22}{7}$, més còmodes d'utilitzar.

2.2.2. Tractats relatius a problemes d'estàtica i d'hidrostàtica

1) Sobre l'equilibri dels plans: determina el centre de gravetat d'alguns polígons, especialment de paral·lelograms i de triangles, i de segments de paràbola. Un dels aspectes més importants d'aquest tractat és la llei de la palanca, que sosté que dos pesos s'equilibren a distàncies recíprocament proporcionals als seus pesos. La fórmula de la palanca seria, doncs, $A \cdot \alpha\gamma = B \cdot \gamma\beta$, on A i B són els dos pesos, i $\alpha\gamma$ i $\gamma\beta$ les distàncies respectives entre cada pes i γ , anomenat també punt d'equilibri o fulcre.

2) Mètode sobre els teoremes mecànics dedicat a Eratòstenes: en aquest tractat Arquimedes exposa el procediment seguit en les seves descobertes, fins al moment completament desconegut. El mateix Arquimedes explica en què consisteix el seu llibre en el preàmbul de l'obra dirigit a Eratòstenes: "He cregut oportú exposar-te per escrit, i explicar en aquest mateix llibre, les particularitats d'un mètode que et permetrà d'iniciar la investigació d'algunes qüestions matemàtiques mitjançant la mecànica. Estic convençut també que aquest mètode no és menys útil per a la demostració dels mateixos teoremes, perquè alguns dels que de primer se'm feren evidents mecànicament, més tard foren demostrats geomètricament, ja que la investigació realitzada per aquest mètode no comporta demostració; és més fàcil, certament, elaborar una demostració adquirint prèviament una certa coneixença de l'objecte de la investigació mitjançant aquest mètode, que no pas investigar sense cap coneixement previ¹⁹". El mètode d'Arquimedes

¹⁹ *Métode*, II 428-430.

consisteix a utilitzar les lleis que ell mateix postulà al tractat *Sobre l'equilibri dels plans* per tal de trobar el resultat dels problemes que ell es planteja; sabut aquest, li és molt més senzill realitzar la demostració mitjançant el mètode d'exhaustió.

3) Sobre els cossos flotants: és un tractat sobre hidrostàtica, que inclou la investigació sobre l'estabilitat de les seccions d'una esfera i d'un paraboloides de revolució parcialment submergits en un fluid. En aquesta obra hi apareix la llei fonamental de la hidrostàtica, també coneguda com a principi d'Arquimedes, segons la qual tot cos submergit en un líquid és afectat per una força ascensional igual al pes del fluid desallotjat. La llei de la hidrostàtica es basa en què $P = V \cdot \gamma_1$ i $F = V \cdot \gamma_2$; en aquestes fórmules, P és el pes del cos; F , la força ascensional; V , el volum del cos; γ_1 i γ_2 , el pes específic del cos i del líquid, respectivament. Aleshores, si $P > F$, el cos s'enfonsa, i si $P < F$, el cos sura. En tots dos casos, el pes del cos mesurat dins el fluid és $P - F$.

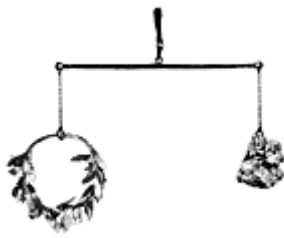
En aquest moment, cal reprendre el tema sobre el frau que cometé l'orfebre encarregat de fer una corona d'or per al rei Hieró. Segons el relat de Vitruvi, el rei sospitava que l'orífex havia substituït una part de l'or per plata durant la seva fabricació, però no tenint manera de provar-ho, suplicà a Arquimedes que s'encarregués de la investigació. Aquest, un dia que es banyava, s'adonà que el seu cos feia sortir fora de la banyera una quantitat d'aigua proporcional al volum del seu cos. Vitruvi continua la narració explicant el mètode que utilitzà el savi per descobrir el frau: "Aleshores, seguint el curs del seu descobriment, segons diuen, aconseguí dos lingots que tenien el mateix pes que la corona: un d'or i l'altre de plata. Va omplir d'aigua, fins dalt, un gran vas, i hi va introduir el lingot de plata, cosa que féu vessar fora del vas una quantitat d'aigua igual al volum del lingot que s'havia introduït. El va treure del vas i tornà a omplir aquest completament, tal com estava en un bon principi, comprovant que la quantitat d'aigua vessada era un sextari²⁰. D'aquesta manera va descobrir que el pes de la plata corresponia amb una exacta quantitat d'aigua.

Després d'aquesta experiència, va introduir al vas ple d'aigua un lingot d'or; el va treure posteriorment i tornà a omplir el recipient fins dalt; observà que la quantitat d'aigua vessada era menor, i concloué en quina exacta proporció el volum d'or era menor que el de plata, encara que els dos lingots pesessin el mateix. Finalment, va

²⁰ Mesura antiga de capacitat, que equival a mig litre.

omplir el vas d'aigua de nou, introduí la corona al seu interior i descobrí que s'havia vessat més aigua que quan havia introduït el lingot d'or del mateix pes; partint d'això [...] i fent càlculs, va descobrir que la corona contenia una aleació d'argent i or; així posà en evidència el frau comès per l'orífex²¹”.

Aquest relat ha estat criticat per molts científics que afirmen que Arquimedes no disposava dels instruments necessaris per mesurar amb precisió l'aigua desplaçada, a banda que no el consideren digne del geni d'Arquimedes per la gran quantitat de recursos que s'han d'utilitzar. Un d'aquests, Galileu,



s'interessà molt per l'afer i va descriure un mètode alternatiu²² al narrat per Vitruvi, que creu que és el que emprà Arquimedes. Aquest es basa en un instrument, la balança hidrostàtica, a cada costat de la qual es col·loca la

corona i un lingot d'or del mateix pes, respectivament. A l'aire, els dos objectes s'equilibren, però en submergir-los a l'aigua desapareix la posició d'equilibri i l'or s'enfonsa més ràpidament que la corona. Això s'explica perquè l'or, al ser més dens i tenir un volum inferior, desplaça una quantitat d'aigua menor que la corona i, segons el principi d'Arquimedes, la força ascensional que l'empeny cap amunt és més petita que la que empeny la corona, per la qual cosa cau amb més celeritat dins el fluid. Explica Galileu que amb aquest procediment Arquimedes descobrí que la corona era menys densa que l'or i, per tant, contenia altres materials.

2.2.3. Tractats menors

1) L'arenari: exposa un mètode per escriure nombres molt grans. Amb aquesta nou sistema de numeració, afirma Arquimedes, es poden arribar a comptar tots els grans de sorra que hi ha al cosmos. El tractat resulta de gran importància per saber alguns detalls sobre Fídies, pare d'Arquimedes, i ens permet conèixer les opinions del savi sobre astronomia, així com el sistema heliocèntric proposat per Aristarc de Samos, contemporani d'Arquimedes.

²¹ *De Architectura* IX.

²² En un petit tractat anomenat *La Bilancetta ovvero Discorso del sig. Galileo Galilei intorno all'arteficio che usò Archimede nel scoprire il furto dell'oro nella corona di Hierone*.

2) El problema dels bous: dirigit a Eratòstenes i els matemàtics alexandrins, els repta a comptar el nombre de caps de bestiar del ramat del déu Hèlios, resolent un sistema d'equacions diofàntiques.

3) Stomachion: descriu el trencaclosques que duu el nom del tractat, similar al Tangram actual, i calcula les àrees de catorze peces que es poden unir de maneres diferents per formar un quadrat.

4) Llibre dels Lemmes: tracta sobre algunes propietats dels cercles i presenta noves figures geomètriques.

5) Esferopeia: descriu el planetari creat per Arquimedes mateix.²³

²³ Vegeu apartat 2.1.6. Aquesta obra s'ha perdut, però com que tenim testimoni tant de l'existència del planetari (Ciceró) com d'aquest tractat (Papos, Procle), ens decantarem per acceptar que fou escrita i que el seu autor va ser Arquimedes.

CONCLUSIÓ

Amb tot el que s'ha dit fins ara, no només podem afirmar que Arquimedes és el millor matemàtic de l'antiguitat, sinó que podem dir amb tota seguretat que és el millor matemàtic, sobretot dins la branca de la geometria, des del principi de la humanitat fins, pràcticament, al segle XVI, en ple Renaixement. A més, és un dels millors enginyers i, perquè no dir-ho, estratèges de tot el món grecoromà.

Ell, per començar, fou un dels pocs que frenà absolutament un atac romà, que en aquest cas era doble, per terra i per mar, i, a més a més, ho féu sense baixes per al seu bàndol, bàsicament perquè els pocs homes que ajudaven Arquimedes s'encarregaven únicament de manejar les màquines que delmaven els efectius romans. A banda d'això, aconseguí esfereir un exèrcit que es considerava 'el més coratjós i valent del món', de tal manera que, com veiem al relat de Plutarc, els soldats fugien corrents quan veien una fusta que sobresortia per damunt de la muralla, perquè pensaven que era una màquina d'Arquimedes.

Pel que fa a la seva faceta mecànica, tots els enginys creats pel de Siracusa, tot i que ell no en deixà constància en cap obra, seran els fonaments dels capítols del *De Architectura* de Vitruvi que es dediquen a les màquines defensives i ofensives, i també del que es dedica a com elevar aigua, en el qual descriu com construir una còclea o cargol d'Arquimedes. Vitruvi, que s'encarregà de dissenyar artefactes bèl·lics per ordre de l'emperador August, establí les mides i proporcions d'aquests basant-se, molt probablement, en els ginys utilitzats durant el setge de Siracusa. La influència d'Arquimedes en Vitruvi s'aprecia en el fet que és citat per l'autor romà almenys una vegada a cada un dels deu llibres de què consta la seva obra principal.

A banda de tot això, l'anàlisi detinguda de les obres de Polibi i de Tit Livi permet veure un error en la majoria de cròniques modernes sobre el setge de Siracusa. Els relats indiquen que l'atac de Marcel començà l'any 214 aC, i es basen en el text de Livi que diu que el setge tingué una durada de dos anys; posant com a punt de partida l'any de la mort d'Arquimedes, el 212 aC, arriben a aquesta dada. Malgrat això, Polibi afirma clarament que el setge s'allargà durant vuit mesos; la diferència entre les dues dades es deu al fet que els dos autors es refereixen a períodes diferents. Tots dos posen com a punt de partida l'atac de Marcel a Siracusa, però mentre que Polibi dona el setge

com a finalitzat amb l'entrada dels romans a la ciutat, Tit Livi l'allarga fins a la presa de l'Acradina, el barri fortificat que es conquerí més d'un any després de la mort d'Arquimedes, la qual s'esdevingué quan els soldats penetren a la ciutat per primer cop; amb la seva eufòria per haver-ho aconseguit, maten el savi sense miraments. Per tot això, la data de l'inici del setge s'obté restant vuit mesos a la data de l'entrada dels romans a Siracusa, a la meitat de la primavera de l'any 212 aC. És a dir, el setge començà a finals d'estiu del 213 aC i finalitzà el 211 aC. A causa de la poca importància de la tasca de penetrar a l'Acradina, quan ja s'havia inutilitzat el poder militar de la ciutat, Polibi omet en la seva narració la conquesta d'aquest barri.

Tornant a l'obra d'Arquimedes, cal enfocar ara la seva vessant geomètrica. Partint dels *Elements* d'Euclides, l'obra de geometria més important en el seu temps, el geni investigà aquesta branca de la matemàtica per tal d'anar trobant teoremes cada vegada més complexos i així anar fent aportacions cada vegada més valuoses. A diferència de molts alexandrins, que es van limitar a comentar l'obra existent, Arquimedes féu noves contribucions per engruixir-la, distanciant-se així dels seus col·legues, clarament inferiors al seu nivell, si veiem que no eren capaços de demostrar cap dels teoremes que ell els enviava.

A més a més, tot i que ara ens pot semblar molt senzilla la resolució d'alguns dels problemes que plantejava, atès que utilitzem el sistema algebraic, el cert és que amb els instruments que posseïa Arquimedes, tals com el sistema numeral grec, compost per l'alfabet i alguns signes afegits, que variaven el seu valor amb certes marques, i el mètode d'exhaustió, que provocava que la demostració dels teoremes fos lenta i costosa, va aconseguir grans avenços que potser cap altre matemàtic, amb els mateixos recursos i maduració de la ciència matemàtica que hi havia al segle III ac, hauria pogut assolir durant tota la seva vida. Arquimedes, que coneixia les limitacions dels sistemes que utilitzava, ideà diversos recursos per poder afrontar millor els seus problemes, com són el mètode mecànic o el sistema de numeració que descriu a l'*Arenari*.

Amb totes les seves descobertes, contingudes als seus tractats, creà a més un puntal sobre el qual creixeria la matemàtica actual i es produiria la revolució científica del segle XVII, la qual no deixa de ser el resultat de la lenta comprensió que requeriren les seves obres. Per posar un exemple de la influència tan gran d'Arquimedes, cal destacar que és citat per Galileu al voltant d'un centenar de vegades en tota la seva obra.

Finalment, el mètode d'exhaustió que ell perfeccionà i utilitzà amb tanta habilitat acabà essent el fonament i punt de partida de diversos sistemes de càlcul moderns, com l'infinitesimal o l'integral. Això, precisament, és el que li confereix el títol de millor matemàtic del món antic, exercint una funció clau de pont amb el Renaixement.

FONTS D'INFORMACIÓ

Llibres:

- ARQUIMEDES. *Mètode (De mechanicis propositionibus ad Eratosthenem methodus)*. Per Pedro Miguel González i Joan Vaqué. Barcelona: Fundació Bernat Metge, 1997.
- ARQUÍMEDES. *Tratados I*. Madrid: Gredos, 2005.
- ARQUÍMEDES. *Tratados II*. Madrid: Gredos, 2009.
- CICERÓ. *La república (De re publica)*. Per Joan M. del Pozo. Barcelona: Fundació Bernat Metge, 2006.
- CICERÓ. *Tusculanes (Tusculanae disputationes)*, VOL. I. Per Eduard Valentí. Barcelona: Fundació Bernat Metge, 1948.
- CICERÓ. *Tusculanes (Tusculanae Disputationes)*, VOL. III. Per Eduard Valentí. Barcelona: Fundació Bernat Metge, 1950.
- CICERÓN. *Sobre la naturalesa de los dioses (De natura deorum)*. Per Ángel Escobar. Madrid: Gredos, 1999.
- COLERA, J.; OLIVEIRA, M. J.; GARCÍA, R. *Matemàtiques 2 Batxillerat. Modalitat ciències i tecnologia*. Barcelona: Editorial Barcanova, 2003.
- DIÓN CASIO. *Historia romana*. Per Domingo Plácido. Madrid: Gredos, 2004.
- GAMOW, G. *Biography of Physics*. New York: Harper and Brothers, Publishers, 1961.
- GONZÁLEZ, P. M. *Arquímedes y los orígenes del cálculo integral*. Madrid: Nivola libros y ediciones, 2008.
- *Gran Enciclopèdia Aula CD*. Barcelona: Planeta deAgostini, 1995.
- *Gran Enciclopèdia Catalana*. Barcelona: Enciclopèdia Catalana, 1986.
- GRIMAL, P. *Diccionario de mitología griega y romana*. Barcelona: Paidós, 2008.
- LOZANO, M. *De Arquímedes a Einstein: los diez experimentos más bellos de la física*. Barcelona: Debate, 2005.
- PLUTARC. *Vides paral·leles*, VOL. VIII. Per Carles Riba. Barcelona: Fundació Bernat Metge, 1937.
- POLIBI. *Història*, VOL. V. Per Manuel Balasch. Barcelona: Fundació Bernat Metge, 1963.

- THUILLIER, P. *De Arquímedes a Einstein: las caras ocultas de la invención científica*. Madrid: Alianza Editorial, 1990.
- TITO LIVIO. *Historia de Roma desde su fundación (Ab Vrbe condita)*, XXI-XXV. Per José Antonio Villar. Madrid: Gredos, 1993.
- TORIJA, R. *Arquímedes. Alrededor del círculo*. Madrid: Nivola libros y ediciones, 1999.
- TZETZES, I. *Chiliades*. Edició per Theophil Kiessling. Leipzig: Bibliotheca Gandavensis, 1826.
- VALERIO MÁXIMO. *Dichos y hechos memorables (Dicta et facta memorabilia)*. Per Fernando Martín. Torrejón de Ardoz: Akal, 1988.
- VITRUBIO. *Los diez libros de Arquitectura (De Architectura libri decem)*. Per José Luís Oliver. Madrid: Alianza Editorial, 1997.

Pàgines web:

- http://mathdb.org/articles/archimedes/e_archimedes.htm
(obtingut el 18/09/09 a les 19:42)
- <http://ca.wikipedia.org/wiki/Arquimedes> (obtingut el 22/05/09 a les 16:10)
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Archimedes> (obtingut el 22/05/09 a les 16:11)
- http://en.wikipedia.org/wiki/Archimedes'_circles (obtingut el 14/06/09 a les 23:03)
- http://en.wikipedia.org/wiki/Archimedes'_screw (obtingut el 14/06/09 a les 22:54)
- http://en.wikipedia.org/wiki/Archimedes'_use_of_infinitesimals (obtingut el 14/06/09 a les 23:04)
- <http://es.wikipedia.org>
- <http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Archimedes.html> (obtingut el 14/06/09 a les 19:05)
- http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Extras/Archimedes_on_statics.html
(obtingut el 14/06/09 a les 22:53)
- http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Extras/Archimedes_parabola.html
(obtingut el 14/06/09 a les 22:35)
- http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Extras/Archimedes_The_Method.html
(obtingut el 14/06/09 a les 22:35)

APÈNDIX: TRADUCCIÓ D'UN FRAGMENT DE LES *CHILIADES**1. Les Chiliades o Llibre d'històries*

El *Llibre d'històries* (Βιβλίον ιστορικῆς) és una de les obres de l'autor bizantí Ioannes Tzetzes. És un conjunt d'històries que narren les vides o fets ocorreguts a personatges importants de l'antiguitat; la número 35, que ens disposem a traduir, tracta sobre alguns aspectes de la vida d'Arquimedes i el seu paper com a enginyer i constructor de màquines defensives.

L'obra està composta en total per 12.674 versos polítics (formats per dotze síl·labes); aquesta grandària desmesurada explica per què en la seva primera edició, a càrrec de N. Gerbel (1546), és dividís l'escrit en dotze llibres de mil versos cadascun. Per aquest motiu, l'obra passà a ser coneguda amb el nom de *Chiliades* (en grec, 'milers').

Es tracta d'un llibre inèdit, ja que el seu contingut es basa en un conjunt de cartes escrites pel mateix autor; de fet, molts editors l'han considerat com un comentari versificat d'aquestes. Per això, és una obra relativament poc important, i també perquè Tzetzes no tenia llibres a casa, i redactava la majoria de les seves obres citant els autors que recordava de la seva època d'estudiant; sovint cometia errors històrics greus, causats per la seva falta de documentació. Nogensmenys, l'escriptor bizantí adquireix certa importància per la seva accessibilitat a obres que s'han perdut o de les quals només ens n'han arribat fragments, i el *Llibre d'històries* ens permet conèixer i saber de què tractaven aquestes.

2. L'autor

Ioannes Tzetzes (c. 1110-1180) va néixer a Constantinoble, capital de l'Imperi Bizantí. Rebé una important educació filològica, estudià les obres dels autors clàssics més representatius (poetes, historiadors, filòsofs, oradors) i, durant un temps, exercí com a professor de gramàtica; més tard, però, s'acabà dedicant a la literatura.

De la seva obra es pot extreure una gran quantitat d'informació sobre la seva biografia: vivia en la més absoluta pobresa i misèria, fins al punt que posseïa només un

sol llibre: un exemplar de les *Vides Paral·leles* de Plutarc. En els seus escrits acostumava a lamentar-se de la seva situació, i els dedicà tots a nobles i gent important, com si així volgués ser partícip de la seva riquesa.

Tenia un caràcter arrogant, que s'aprecia en els elogis que es dedica a si mateix al llarg dels seus llibres, per la qual cosa ha estat qualificat com l'exemple pragmàtic de 'bizantí pedant'. Amb tot, se li ha de reconèixer una qualitat que certament posseïa: la memòria, que li permeté recordar, potser no tots els detalls, però sí suficient informació com per escriure una obra tan extensa com la seva.

3. Text grec

La traducció de la història 35 de les *Chiliades* es basa en el text següent, extret d'una edició crítica del llibre a càrrec del professor Theophil Kiessling, publicada l'any 1826.

ΠΕΡΙ ΑΡΧΙΜΗΔΟΥΣ ΚΑΙ ΤΙΝΩΝ ΑΥΤΟΥ ΜΗΧΑΝΩΝ

Ὁ Ἀρχιμήδης ὁ σοφός, μηχανητὴς ἐκεῖνος,
 Τῷ γένει Συρακούσιος ἦν, γέρον γεωμέτρης,
 Χρόνους τε ἑβδομήκοντα καὶ πέντε παρελαύνων,
 Ὅστις εἰργάσατο πολλὰς μηχανικὰς δυνάμεις,
 Καὶ τῇ τρισπᾶστω μηχανῇ χειρὶ λαϊᾷ καὶ μόνη
 Πεντεμυριομέδιμνον καθείλκυσεν ὀλκάδα.
 Καὶ τοῦ Μαρκέλλου στρατηγοῦ ποτὲ δὲ τῶν Ῥωμαίων
 Τῇ Συρακούσῃ κατὰ γῆν προσβάλλοντος καὶ πόντον,
 Τινὰς μὲν πρῶτον μηχαναῖς ἀνείλκυσεν ὀλκάδας,
 Καὶ πρὸς τὸ Συρακούσιον τεῖχος μετεωρίσας
 Αὐτάνδρους πάλιν τῷ βυθῷ κατέπεμπεν ἀθρόως.
 Μαρκέλλου δ' ἀποστήσαντος μικρόν τι τὰς ὀλκάδας,
 Ὁ γέρον πάλιν ἅπαντας ποιεῖ Συρακουσίους
 Μετεωρίζειν δύνασθαι λίθους ἀμαξιαίους,
 Καὶ τὸν καθένα πέμποντα βυθίζειν τὰς ὀλκάδας.
 Ὡς Μάρκελλος δ' ἀπέστησε βολὴν ἐκείνας τόξου,
 Ἐξάγωνόν τι κάτοπτρον ἐτέκτηγεν ὁ γέρον.
 Ἀπὸ δὲ διαστήματος συμμετρου τοῦ κατόπτρου
 Μικρὰ τοιαῦτα κάτοπτρα θεῖς τετραπλᾷ γωνίαις

Κινούμενα λεπίσσι τε καὶ τισι γιγγλυμίσι,
 Μέσον ἐκεῖνο τέθεικεν ἀκτίνων τῶν ἡλίου,
 Μεσημβρινῆς καὶ θερινῆς καὶ χειμεριωτάτης.
 Ἀνακλωμένων δὲ λοιπὸν εἰς τοῦτο τῶν ἀκτίνων
 Ἐξαψις ἤρθη φοβερὰ πυρώδης ταῖς ὀλκάσι,
 Καὶ ταύτας ἀπετέφρωσεν ἐκ μήκους τοξοβόλου.
 Οὕτω νικᾷ τὸν Μάρκελλον ταῖς μηχαναῖς ὁ γέρον.
 Ἐλεγε δὲ καὶ δωριστί, φωνῆ Συρακουσία·
 Πᾶ βῶ, καὶ χαριστίωνι τὰν γὰν κινήσω πᾶσαν;
 Οὗτος, κατὰ Διόδωρον, τῆς Συρακούσης ταύτης
 Προδότου πρὸς τὸν Μάρκελλον ἀθρόως γενομένης,
 Εἴτε, κατὰ τὸν Δίωνα, Ῥωμαίοις πορθηθείσης,
 Ἀρτέμιδι τῶν πολιτῶν τότε παννουχιζόντων,
 Τοιουτοτρόπως τέθνηκεν ὑπὸ τινος Ῥωμαίου.
 Ἦν κεκυφώς, διάγραμμα μηχανικόν τι γράφων,
 Τίς δὲ Ῥωμαῖος ἐπιστὰς εἶλκεν αἰχμαλωτίζων.
 Ὁ δὲ τοῦ διαγράμματος ὄλος ὑπάρχων τότε,
 Τίς ὁ καθέλκων οὐκ εἰδώς, ἔλεγε πρὸς ἐκεῖνον·
 Ἀπόστηθι, ὦ ἄνθρωπε, τοῦ διαγράμματός μου.
 Ὡς δ' εἶλκε τοῦτον συστραφεῖς καὶ γνοὺς Ῥωμαῖον εἶναι,
 Ἐβόα, τί μηχανήμα τίς τῶν ἐμῶν μοι δότω.
 Ὁ δὲ Ῥωμαῖος πτοηθεὶς εὐθύς ἐκεῖνον κτείνει,
 Ἄνδρα σαθρὸν καὶ γέροντα, δαιμόνιον τοῖς ἔργοις.
 Ἐθρήνησε δὲ Μάρκελλος τοῦτο μαθὼν εὐθέως,
 Λαμπρῶς τε τοῦτον ἔκρυψεν ἐν τάφοις τοῖς πατρῷοις
 Σὺν τοῖς ἀρίστοις πολιτῶν καὶ τοῖς Ῥωμαίοις πᾶσι·
 Τὸν δὲ φονέα τοῦ ἀνδρὸς οἶμαι πελέκει κτείνει.
 Ὁ Δίων καὶ Διόδωρος γράφει τὴν ἱστορίαν,
 Καὶ σὺν αὐτοῖς δὲ μέμνηνται πολλοὶ τοῦ Ἀρχιμήδους·
 Ἀνθέμιος μὲν πρῶτιστον, ὁ παραδοξογράφος,
 Ἦρων καὶ Φίλων, Πάππος τε καὶ πᾶς μηχανογράφος,
 Ἐξ ὧν περ ἀνεγνώκειμεν κατοπτρικὰς ἐξάψεις
 Καὶ πᾶσαν ἄλλην μάθησιν τῶν μηχανικωτάτων,
 Βαρυολκόν, πνευματικὴν, τὰς ὑδροσκοπίας τε,
 Κακ τούτου δὲ τοῦ γέροντος τῶν βίβλων Ἀρχιμήδους.

4. Traducció

La present traducció pretén ser una versió literal de l'original grec, respectant al màxim l'estil de Tzetzes –que utilitza una gran quantitat de participis, propis del grec, però també emprava un lèxic bastant pobre i repetitiu–, fins on ho ha permès l'estructura de la nostra llengua. Perquè el text en català sigui més entenedor i fluït de llegir, s'ha passat del vers a la prosa, però intentant en tot moment respectar l'ordre tzetzià dels sintagmes en les oracions. A més, tot i que l'original no presenta cap tipus de partició, es proposa una divisió de la traducció en paràgrafs, que respon als canvis de temàtica que segueix la història.

SOBRE ARQUIMEDES I ALGUNS DELS SEUS INVENTS

Arquimedes el savi, el famós inventor, era siracusà per naixement, i un ancià geòmetra, el qual, assolint setanta-cinc anys d'edat, estudià nombroses forces mecàniques, i amb una màquina de tres politges, únicament amb la mà esquerra, va varar un vaixell de càrrega¹ de cinquanta mil medimnes².

I una vegada, quan Marcel, general dels romans, atacava Siracusa per terra i per mar³, en primer lloc, [Arquimedes] aixecà algunes naus amb unes màquines⁴ i, després d'elevant-les cap a la muralla siracusana, de nou les llançava al fons del mar de cop amb tots els tripulants. Un cop Marcel va haver allunyat una mica els vaixells, el vell novament fa que tots els siracusans puguin aixecar pedres enormes, i que, llançant-les una darrere l'altra, enfonsin les embarcacions. Quan Marcel va allunyar-les a un tir de fletxa, l'ancià muntà un mirall hexagonal. Després de col·locar en quatre angles, a una distància simètrica del mirall, petits espills semblants que es movien amb làmines i algunes articulacions⁵, l'ha situat al mig dels raigs del sol de migdia, siguin estiuencs com molt hivernals. Quan es reflectiren els raigs contra tot aquest, una terrible flama

¹ Plutarc, *Vida de Marcel* XIV, 13.

² El medimne (μέδιμνος) és una mesura de capacitat, que equival a 52,53 litres. Per tant, el vaixell en qüestió tenia una capacitat de 2.626.500 litres, és a dir, de 2.626,5 metres cúbics.

³ L'atac romà a Siracusa és descrit extensament per Plutarc, *Marcel* XV, XVI; Polibi, *Història* VIII, 3-7; Livi, *Ab Vrbe condita* XXIV, 34

⁴ Aquestes màquines són conegudes actualment com *l'urpa d'Arquimedes*. Vegi's apartat 2.1.3.

⁵ Aquesta descripció sobre el muntatge dels espills, Tzetzes la copia de l'obra d'Antemi de Tralles *Màquines extraordinàries*.

abrasadora sorgí en les naus, i les reduí a cendres des d'una distància de tir d'arc⁶. D'aquesta manera, el vell venç Marcel amb els seus invents.

[Arquimedes] També deia en dòric, dialecte siracusà: “On puc anar, per moure tota la terra amb la meua palanca?”⁷ Aquest, bé, segons Diodor⁸, quan Siracusa fou traïda de sobte per al benefici de Marcel, bé, segons Dió⁹, quan fou saquejada pels romans, mentre els seus ciutadans celebraven unes festes nocturnes en honor d'Artèmis¹⁰, morí d'aquesta manera a mans d'un romà¹¹.

Estava inclinat, traçant un dibuix mecànic, i un romà, després de col·locar-se al seu costat, el feia presoner arrossegant-lo. Aleshores Arquimedes, completament concentrat en el dibuix, no reconeixent-lo qui l'arrossegava, li deia: “Aparta't, home, del meu dibuix.” Quan el romà l'estirava, després de girar-se [Arquimedes] i reconèixer que era romà, cridava: “Que algú em doni alguna màquina de les meves!” I el romà, espantat, mata a l'instant aquest home dèbil i vell, extraordinari per les seves obres. Marcel va lamentar-ho només assabentar-se'n, i l'enterrà esplèndidament a les tombes dels ancestres amb els millors ciutadans i tots els romans; també matà l'assassí de l'home, crec, amb una destal.

Dió i Diodor escriuen la història¹², i molts s'han recordat d'Arquimedes amb aquests: el primer de tots, Antemi, l'escriptor de coses extraordinàries¹³, Heró i Filó, i Papos i tots els escriptors de mecànica¹⁴, a partir dels quals hem conegut els focs

⁶ El tema dels miralls ustoris es tracta de manera extensa a l'apartat 2.1.5.

⁷ Clara al·lusió a Plutarc, *Marcel* XIV, 12.

⁸ Vegi's nota 20 (apartat 1.3).

⁹ Dió Cassi (c. 150-235) fou un historiador i polític romà d'origen grec. Va ocupar diversos càrrecs a l'Imperi, i fins i tot arribà a ser cònsol dues vegades. La seva obra, *Història de Roma*, està redactada en grec i composta per vuitanta llibres, dels quals se'n conserven divuit íntegres i fragments de la resta, així com resums fets per altres autors.

¹⁰ Polibi, *Història* VIII, XXXVIII, 2; Plutarc, *Marcel* XVIII, 4; Tit Livi, *Ab Vrbe condita* XXV, 23, 14.

¹¹ L'èpica mort d'Arquimedes és narrada per un gran nombre d'autors clàssics; cadascun afegeix quelcom a la descripció que la fa diferent de qualsevol altra. Vegeu apartat 1.6 i els fragments següents: Plutarc, *Marcel* XIX, 8-12; Tit Livi, *Ab Vrbe condita* XXV, 31, 9-10; Valeri Màxim, *Dicta et facta memorabilia* VIII, 7; Zonaras IX, 5, 5.

¹² L'obra que es conserva d'aquests dos historiadors no conté res sobre la vida d'Arquimedes o la seva participació a la defensa de Siracusa; en el cas d'ambdós, és gràcies a Tzetzes que coneixem la informació continguda als fragments sobre Arquimedes que no han perdurat fins als nostres temps.

¹³ Referència a l'obra *Màquines extraordinàries*.

¹⁴ Tzetzes esmenta aquí els autors més importants que citen Arquimedes a la seva obra i que tracten sobre els seus descobriments:

catòptrics i tota la resta dels coneixements continguts en els seus invents –elevació de pesos, pneumàtica, i hidroskòpia–, però també ho hem conegut a partir dels llibres d'aquest ancià, Arquimedes.

Antemi de Tralles (c. 474-558) fou matemàtic, professor de geometria i arquitecte de la catedral de Santa Sofia. En la seva única obra tractà a fons el tema dels miralls ustoris i afirmà la seva utilització per Arquimedes en la defensa de la ciutat de Siracusa.

Heró d'Alexandria (c. 10-62) va ser enginyer i inventor. Descrigué un gran nombre de màquines, estudià la catòptrica i generalitzà el principi de la palanca d'Arquimedes, a banda de fabricar una màquina de vapor molt primitiva anomenada eolípila.

Filó de Bizanci (c. 280-220 aC) fou un escriptor sobre mecànica, que elaborà una descripció sobre la còclea, que inventà Arquimedes.

Papos d'Alexandria (c. 290-350) va ser l'últim gran matemàtic de l'escola alexandrina. Escriví importants comentaris dels *Elements* d'Euclides, de l'*Almagest* de Ptolomeu i de gran part dels tractats arquimedians.