

Reis, astres i cercles

Consideracions sobre la tradició científica i astronòmica alexandrina des
d'una historiografia cultural de la ciència

Treball de Final de Grau (Grup B3). Max Mazoteras Miras. Tutora: Rosa Rius Gatell.

Curs 2018-19

ABSTRACT

En aquest treball explorem, des d'una historiografia cultural de la ciència, les condicions de possibilitat del desenvolupament, entre el III aC i el II dC, de la ciència alexandrina en general i de l'astronomia matemàtica en particular, tot posant l'accent en la naturalesa dels moviments migratoris d'aquest període i en les influències peripatètiques i astrològiques sobre aquest procés.

INTRODUCCIÓ. METODOLOGIA

El treball que tot seguit presentem podria emmarcar-se en l'àmbit de la historiografia de la ciència i, dins la mateixa, en el corrent dels estudis culturals d'aquesta.

Dit de forma breu, fer una historiografia cultural de la ciència consisteix en narrar de nou les fites científiques, de tal forma que apareguin com a esperables –com a previsibles, com a naturals– a la llum del context històric o cultural en què estan situades.¹ Aquesta praxis, doncs, s'oposa diametralment a aquelles hermenèutiques que entenen l'esdevenir de la ciència com si fos un agregat d'inspiracions discretes genials.

Una opció metodològica com la nostra, com tota opció metodològica, suposa una determinada comprensió prèvia del que és la ciència, i.e., una certa filosofia de la ciència. De la mateixa manera en què una forma de fer història com la de, per exemple, O. Neugebauer² –que prescindeix de tot el que no sigui l'estricta successió de problemes tècnics i matemàtics– passa per entendre-la com a quelcom amb una dinàmica totalment autònoma respecte de cap altra realitat, la nostra aproximació suposa una comprensió de la mateixa com a quelcom culturalment determinat, si bé no totalment: alhora que sostenim que el desplegament de la ciència en un moment donat depèn de la cultura d'aquest mateix moment, admetem també una certa folgança entre aquestes dues realitats. Per això, per exemple, mentre que en aquest treball explorarem les condicions culturals de possibilitat de l'emergència d'una figura com la de Claudi Ptolemeu –probablement l'astrònom més important de l'Antiguitat–, deixem sense explicar perquè aquesta aparició es produeix en un moment de recés cultural: perquè reconeixem la possibilitat d'una dissonància entre els esdevenirs, independents i relacionats alhora, de la ciència i de la cultura.

¹ DEAR, P. "Cultural History of Science" dins *Science, Technology, & Human Values*, 20 (2), 1995, pp. 150-1.

² NEUGEBAUER, O. *A History of Ancient Mathematical Astronomy*; Berlin: Springer, 1975.

CONSIDERACIONS GENERALS SOBRE L'ESPERIT CIENTÍFIC ALEXANDRÍ I EL SEU ORIGEN

És del tot inviable provar d'entendre el desenvolupament de la ciència alexandrina sense fer referència a la forma de treballar de la comunitat científica en aquest període. I és que resulta evident que les coses haguessin estat ben diferents si, en aquesta era hel·lenística, el model científic clàssic no hagués deixat pas a un nou paradigma que havia de ser, precisament, el model pròpiament hel·lenístic de ciència, un model fortament especialitzat.

Doncs bé; el pas del model clàssic –d'esperit més sistemàtic, més general– a aquest model especialitzat no pot ésser completament explicat sense remetre a certes particularitats culturals i històriques decisives per al mateix; d'aquí l'afirmació amb què començàvem, segons la qual no es pot entendre plenament l'esdevenir de la ciència alexandrina sense remetre, dit de forma general, a una història de la cultura. Per tot això, cal resseguir, des d'una òptica cultural, el procés d'emergència d'aquests elements propis de l'*establishment* científic alexandrí. Comencem.

Ptolemeu I Sòter (367 – 282 aC), rei d'Egipte entre el 305 i el 282, havia estat un home molt proper a Alexandre Magne (356 – 323 aC): junts, molt probablement, havien conspirat contra Filip II –el pare d'Alexandre– quan eren encara nois joves,³ i junts havien anat a la guerra a l'Orient, on Ptolemeu havia jugat un paper clau des d'un punt de vista estratègic;⁴ per això havia estat reconegut per Alexandre com a *hetaĩros* (ἑταῖρος, “company”), i.e. com a dignatari de la seva màxima confiança.⁵

Quan Alexandre mor (323 aC), Ptolemeu queda a càrrec de l'administració d'Egipte –que era aleshores una província de l'immens Imperi Macedoni–, donat que l'únic hereu d'aquest Imperi, fill d'Alexandre, fou assassinat, i ningú podia doncs reclamar legítimament el dret d'administrar tots els seus territoris, de ser emperador. Els antics generals d'Alexandre, els *diádohoi* (διάδοχοι, “successors”), aniran renunciant progressivament a les seves aspiracions de domini de l'Imperi com a conjunt –domini pel que havien estat en guerra constant d'ençà la mort d'Alexandre– i, un per un, s'aniran proclamant reis dels territoris que tenien sota control en cada cas; Ptolemeu també.

³ CARTLEDGE, P. *Alejandro Magno*; Barcelona: Ariel, 2007, pp. 74-75.

⁴ *Ibid.* p. 136.

⁵ *Ibid.* pp. 32-34.

Aquesta és la història del personatge que està a l'origen mateix de la Biblioteca –i del Museu– d'Alexandria. Resulta interessant reproduir aquest periple biogràfic, tal i com ho hem fet, perquè certs autors, com ara P. M. Fraser,⁶ han volgut veure en ella l'origen de l'impuls de Ptolemeu I cap a la institució d'una infraestructura com la Biblioteca: en les campanyes orientals amb Alexandre –diu Fraser–, Ptolemeu hauria pogut veure la importància dels avenços científics per a l'àmbit militar, i d'aquí brollaria l'interès en dinamitzar l'activitat científica al seu regne.

Fraser, de fet, no aporta més detalls o proves que puguin donar més solidesa a aquesta tesi. Nosaltres –sense pretendre entrar exhaustivament en aquest punt, ni intentar discutir *de tu a tu* amb una autoritat com Fraser– volem posar l'accent, però, en alguns elements que apunten en una direcció diferent: 1) les investigacions que es desplegaran a la Biblioteca no cauen exclusivament –ni molt menys– en el feu de la tècnica bèl·lica; 2) els modestos avenços tecnològics que es produïen en el si de l'àmbit acadèmic alexandrí no solien ser implementats en la pràctica⁷ –tot i que cal dir, a favor de Fraser, que les poques innovacions tècniques que foren efectivament implementades eren, certament, màquines de guerra–.⁸

Abans de posar l'origen de la voluntat del monarca per fomentar l'estudi en un (certament existent) interès bèl·lic, ens sembla més raonable –i senzill– admetre que, en el si de les elits macedònies, la cultura i l'estudi eren ben valorats; al cap i a la fi, Filip procurà al seu fill, Alexandre, la millor educació que podria haver-li donat aleshores –ni més ni menys que la d'Aristòtil–⁹, i el propi Ptolemeu I feu el mateix amb el seu fill, Ptolemeu II Filadelf (308 – 246 aC), l'educació del qual fou encarregada a Filetes de Cos i a Estrató de Làmpsac.¹⁰ Encara més: sabem que Ptolemeu mateix havia fet d'historiador –en el sentit més fidel a la etimologia del terme, i.e. d'*hístōr* (ἵστωρ), de testimoni que narra el que ha viscut, de *cronista*– de les campanyes d'Alexandre,¹¹ raó per la qual podem *afirmar*, amb certa seguretat, que 1) Ptolemeu I tenia un interès personal en la cultura

⁶ FRASER, P. M. *Ptolemaic Alexandria*; Oxford: Clarendon Press, 1972, p. 315.

⁷ GREEN, P. *Alexander to Actium*; Berkeley: California University Press, 1990, p. 468.

⁸ *Idem*.

⁹ CARTLEDGE, P. *Op. cit.*, p. 93.

¹⁰ FRASER, P. M. *Op. cit.*, pp. 322-3; cf. GREEN, P. *Op. cit.*, p. 86, que s'apropa més a la nostra posició; *vid.* també REALE, G. & ANTISERI, D. *Historia del pensamiento filosófico y científico* (vol. I); Barcelona: Herder, 2008, p. 253.

¹¹ GREEN, P. *Op. cit.*, p. 84.

i l'estudi i que 2) aquest interès no estava limitat a la tècnica bèl·lica, i podem *creure* que aquest interès és l'arrel del projecte institucional pel que fa al saber a Alexandria.

Més enllà de l'interès del monarca per la cultura, també cal mencionar la influència que Demetri de Falèron (350 –280 aC) degué exercir sobre seu respecte del projecte de la Biblioteca. Demetri era un peripatètic destacat, deixeble de Teofrast (371 –287 aC) mateix, que havia hagut d'exiliar-se d'Atenes per raons polítiques.¹²

A més d'aconsellar al rei de cares a la redacció i revisió de lleis, Demetri va proposar-li la fundació d'una institució semblant al Liceu d'Atenes, però a gran escala.¹³ I el va convèncer: Ptolemeu I va procurar-se un petit nombre d'intel·lectuals¹⁴ d'altres regions del món hel·lènic, i intentà captar Teofrast mateix, sense èxit.¹⁵ Això indica que Ptolemeu I estava decidit a fer d'Alexandria un centre no només econòmic, sinó també cultural,¹⁶ i que estava igualment decidit a fer-ho segons el model peripatètic. Aquestes aspiracions, però, es materialitzaran durant el regnat del seu fill, Ptolemeu II, un regnat que s'estén del 285 al 246 aC,¹⁷ i en el curs del qual seran construïdes i *posades en marxa* la Biblioteca i el Museu.¹⁸

Aquest origen peripatètic és absolutament determinant per al desenvolupament de l'activitat científica posterior en el si d'aquestes institucions: d'ençà la mort d'Aristòtil (322 aC) l'activitat acadèmica al Liceu experimenta un viratge metodològic, que porta des de l'elaboració d'una filosofia natural estrictament lligada a l'especulació metafísica i a un esquema ontològic molt concret –l'aristotèlic– a una activitat més *científica*, en la qual apareix progressivament una comprensió més determinista i menys teleològica dels successos naturals.¹⁹ Aquest procés de desvinculació de l'ortodòxia metafísica aristotèlica –un procés degut, amb força probabilitat, a problemes interns de la mateixa metafísica en tant que ciència–²⁰ fou el que possibilità el progrés autònom de cada branca del saber;

¹² GREEN, P. *Op. cit.*, p. 29.

¹³ FRASER, P. M. *Op. cit.*, pp. 314-5; REALE, G. & ANTISERI, D. *Op. cit.* p. 253.

¹⁴ FRASER, P. M. *Op. cit.*, p. 307.

¹⁵ FRASER, P. M. *Op. cit.*, p. 315; GREEN, P. *Op. cit.*, p. 85.

¹⁶ GREEN, P. *Op. cit.*, p. 84.

¹⁷ Noti's: pare i fill co-regenten Egipte durant 3 anys.

¹⁸ FRASER, P. M. *Op. cit.*, pp. 321-2.

¹⁹ Teofrast, a la seva *Metafísica* (IX, 28) posa explícitament en qüestió l'aproximació teleològica als fenòmens naturals. En aquest sentit, *vid.* MIELI, A. *Panorama general de historia de la ciencia. El Mundo Antiguo: Griegos y Romanos*; Buenos Aires: Espasa-Calpé, 1945, pp. 79-88, qui ressegueix el viratge esmentat en la producció conservada de Teofrast.

²⁰ A aquestes dificultats internes es deu, segons P. Aubenque, l'abandonament d'aquesta ciència després d'Aristòtil; alhora, a l'abandonament és deguda la desaparició, durant segles, del *Corpus* aristotèlic. La història que ens ha transmès la tradició parla d'un enterrament del mateix en una cova i de la seva posterior

així, el model peripatètic que s'estableix a Alexandria és el d'un *centre d'estudis* en el qual diferents especialistes s'ocupen de diferents especialitats, i on, en general, cadascun d'ells se n'ocupa d'una de sola.²¹

D'altra banda, a aquesta arrel peripatètica de la Biblioteca –que explicaria tant el desenvolupament autònom de les diferents disciplines com el fet que aquestes fossin les que eren i no unes altres–²² cal afegir-hi encara un element propi, diguem, de l'*etologia* hel·lenística. Ja al s. IV aC, amb el nou món que s'obria amb les conquestes d'Alexandre –un món més enllà de la *pólis*, un món *cosmopolita*–, comença un procés de desvinculació del ciutadà respecte de la seva *pólis*.²³ Amb les monarquies hel·lenístiques post-alexandrines –les dels *successors*– el procés s'accentua: en un govern despòtic com el d'aquestes monarquies, el ciutadà no pren decisions sobre la seva ciutat com les havia pres a l'Època Clàssica, i no sent, doncs, aquesta ciutat com a *seva*, com a *pròpia*.²⁴ Els llaços que podien retenir al ciutadà a la *pólis* són dèbils; poques coses el mantenien lligat, com a mínim a nivell *espiritual*, a la comunitat que l'havia vist néixer: «paradoxalment, la falta de llibertat els havia alliberat». ²⁵ Alhora que els motius per quedar-se a casa decauen, els motius per emigrar a Alexandria, d'altra banda, augmenten; consideri's el següent fragment d'Herodes, un poeta del III aC:

«Tot l'existent i possible hi és, a Egipte: diners, joc, poder, cel blau, fama, espectacle, savis [φιλόσοφοι, *filósofoi*], or, nois joves (...), un rei esplèndid, el Museu, vi i tots els bens que et puguis arribar a imaginar: dones, en nombre, per

descoberta, molt després; aquesta història, per diverses raons (*vid.* AUBENQUE, P. *El problema del ser en Aristóteles*; Madrid: Escolar y Mayo, 2018, pp. 27ss), és del tot insostenible. Segons Aubenque, la metafísica aristotèlica, en virtut de l'objecte sobre el que versa, no seria una ciència sil·logística, sinó dialèctica i, per això, essencialment inacabada i inacabable; d'aquí el que fos abandonada –i no pas per raó de contingències històriques com les que presenta *el conte* de l'enterrament– (AUBENQUE, P. *Op. cit.*, p. 408). Reale tampoc –entenc– dona per certa la història de l'enterrament del *Corpus*, però es resisteix a admetre aquesta falta d'unitat final de què parla Aubenque en el si de la metafísica aristotèlica –i s'hi resisteix, en bona mesura, degut a la seva lectura de la *Metafísica*, una lectura que dona una imatge de perfecta i sospitosa sistematicitat a la obra, tant a nivell temàtic com a nivell formal; *vid.* REALE, G. *Guía de lectura de la «Metafísica» de Aristóteles*; Barcelona: Herder, 2011, especialment pp. 122-3–, i atribueix la caiguda en l'oblit del *Corpus* a una falta de capacitat intel·lectual dels pensadors post-aristotèlics (REALE, G. & ANTISERI, D. *Op. cit.* p. 200).

²¹ D'aquest clima especialitzat del Liceu d'immediatament després d'Aristòtil en parla Elisa Ruiz García a la seva introducció a TEOFRAST. *Caracteres*; Madrid: Gredos, 2015, pp. 13-14.

²² Tot i el sorgiment de noves disciplines, sempre es mantingué la taxonomia aristotèlica de les ciències: per exemple, una figura tan tardana com la de Claudi Ptolemeu (100 – 170 dC) encara s'acull a la classificació aristotèlica –e.g. *Almagest*, I, 1, 5-6, on reproduïx allò establert per Aristòtil a *Metafísica*, XI, 7–.

²³ GREEN, P. *Op. cit.*, p. 80.

²⁴ FRASER, P. M. *Op. cit.*, p. 306.

²⁵ GREEN, P. *Op. cit.*, p. 85.

les dones d'Ares, com estrelles que es vana el cel de tenir, i belles com les dees que en altre temps se sotmeteren al judici de Paris.»²⁶

Aquest desarrelament afecta *igualmente* el savi, però la temptació d'emigrar a Alexandria l'afecta *encara més*: no només es podria dedicar a gaudir de tots els plaers que Herodes ens detalla,²⁷ sinó que també tindria l'oportunitat de dedicar-se a les seves investigacions en unes instal·lacions úniques, disposant del dipòsit de llibres més gran del món i gaudir, a més, d'«àpats gratis, salaris alts, sense impostos a pagar, bons allotjaments i esclaus».²⁸ Alhora que la temptació és forta per a l'estudiós, els reis Ptolemeus busquen i intenten atreure el talent estranger, perquè de natiu, de fet, no en tenen.²⁹

Veiem, doncs que el desarrelament és una causa parcial de la immigració (en conjunció amb les oportunitats que la ciutat ofereix i l'esforç conscient de la mateixa per atreure immigrants); lògicament, doncs, les persones emigrades en aquests moments son, al cap i a la fi, *unes desarrelades*.³⁰ És raonable pensar que aquest caràcter propi dels científics alexandrins, tots ells persones migrades en aquestes condicions,³¹ va poder determinar la forma de treballar de la tradició científica alexandrina; *ningú es casa amb res*, ni amb el qui té *al costat* –qualsevol altre científic de qualsevol altra disciplina– ni amb el qui té *al darrera* –qualsevol altre científic de la seva pròpia disciplina anterior a ell mateix–. D'aquí el tarannà individualista³² del fer acadèmic alexandri: en aquestes condicions *espirituals* és inviable l'establiment d'una tradició mínimament rígida, no només en el si d'una institució, sinó fins i tot dins d'una mateixa disciplina.

ALGUNES FORCES CULTURALS EN LA HISTORIA DE L'ASTRONOMIA MATEMÀTICA

Probablement, des del que hem dit fins aquí s'entén millor el fet que, mentre que tots els astrònoms grecs pre-alexandrins participen d'una solució comuna –a saber, el

²⁶ *Mimiambis*, I, 28ss. La traducció aquí citada és de HERODES. *Mimiambis*; Barcelona: Bernat Metge, 1970, p. 67.

²⁷ Segons sembla, els acadèmics alexandrins tenien fama de gaudir especialment del vi: *vid.* GREEN, P. *Op. cit.*, p. 85.

²⁸ GREEN, P. *Op. cit.*, p. 87. Per a la qüestió dels impostos, *vid.* FRASER, P. M. *Op. cit.*, p. 317.

²⁹ FRASER, P. M. *Op. cit.*, p. 309; GREEN, P. *Op. cit.*, p. 85.

³⁰ De fet, s'entenia que si hom anava a Alexandria a estudiar, l'estada era vitalícia (*vid.* FRASER, P. M. *Op. cit.*, p. 317).

³¹ Com a mínim fins al s. II aC; de fet, la decadència d'Alexandria a nivell intel·lectual comença en el moment en què el talent estranger passa a ser reemplaçat per talent local (*vid.* FRASER, P. M. *Op. cit.*, pp. 312, 319, 717 *et pass.*).

³² FRASER, P. M. *Op. cit.*, p. 306.

model d'esferes homocèntriques— al problema de la conciliació dels principis astronòmics establerts per Plató³³ amb els fenòmens observats —i ho fan de tal manera que cada aportació pressuposa les anteriors—,³⁴ alhora, a Alexandria hi observem una mobilitat i una proliferació radical de models astronòmics del tot heterogenis entre ells.

L'astronomia matemàtica —i.e., l'estudi dels cels i del seu moviment des d'una perspectiva geomètrico-matemàtica— mai hauria pogut desenvolupar-se com ho va fer de no haver estat per aquesta configuració especialitzada de les institucions acadèmiques alexandrines —una configuració que conservaran des del seu naixement fins a la seva mort, cap al III o IV dC—,³⁵ el mateix Claudi Ptolemeu, amb qui culmina la història d'aquesta disciplina a l'Antiguitat, intenta justificar teòricament l'autonomia de la mateixa respecte de les altres ciències:³⁶ com, si no, hauria pogut desentendre's dels cels reals a l'*Almagest* per a ocupar-se només de l'elaboració de models computacionalment operatius pel que fa a la posició dels astres?

Més enllà de veure com l'esperit científic alexandrí es manifesta en aquesta branca en concret, hem d'explorar altres nivells de determinació cultural de la mateixa. La definició d'ella que donàvem més amunt, en conjunció amb el fet que situéssim la seva culminació en Ptolemeu, podria portar a pensar que hi ha una línia continua entre Plató —qui, com ja hem indicat, assenta els principis de l'astronomia matemàtica— i ell. I, fonamentalment, és així: existeix de fet aquesta continuïtat. Plató ha establert uns principis i una metodologia d'estudi³⁷ dels cels, que Ptolemeu encara té en compte i intenta respectar.³⁸ D'altra banda, però, hi ha una diferència substancial —i que, tot i així, sovint passa desapercibuda— entre el que fa Ptolemeu i el que fa, per exemple, Èudox (390 – 338 aC)

³³ A l'Antiguitat s'admetia que havia estat Plató qui havia establert els principis de circularitat i d'uniformitat (e.g. SIMPLICI. *In Aristotelis de Caelo commentaria* 489, 5-11 y 488, 22-25) i, en general, els acadèmics contemporanis ho donen per vàlid (e.g. HEATH, T. *Aristarchus of Samos, the Ancient Copernicus*; Oxford: Clarendon Press, 1913, p. 140).

³⁴ Pensi's en la successió Plató, Èudox, Cal·lip, Aristòtil (vid. ARISTÒTIL. *Metafísica*, XII, 8, 1073b17ss) i, encara després, Autòlic de Pítana (c. 360 – c. 290 aC; vid. KEYSER, P. T. "Eudoxus" dins HOCKEY, T. (ed.) *The Biographical Encyclopedia of Astronomers*; Berlín: Springer, 2007, pp. 344-346).

³⁵ Certament, al 641 dC les tropes àrabs cremen la Biblioteca, destruint l'edifici; això, però, no implica que s'hagués mantingut una activitat acadèmica fins aleshores, bruscament interrompuda pels musulmans. Ans al contrari: tot un seguit de desafortunats esdeveniments que tenen lloc en aquests segles III i IV dC fan que la vida a la Biblioteca no passi, en cap cas, del s. V (si be és cert que ja comença a decaure al II aC; vid. FRASER, P. M. *Op. cit.*, p. 334). Per a una breu descripció d'aquesta *mort lenta* del saber alexandrí, vid. REALE, G. & ANTISERI, D. *Op. cit.* p. 324.

³⁶ *Almagest*, I, 1, 5-6; *Ibid.* IX, 2, 211-213.

³⁷ *República*, 529a – 530c.

³⁸ *Almagest*, IX, 2, 208.

—el primer qui elabora una astronomia des dels principis platònics, i.e., el primer astrònom matemàtic—.

En efecte, el més probable és que Èudox no pretengués fer una cosmologia³⁹ —com tampoc pretén Ptolemeu a l'*Almagest*—, sinó senzillament bastir un aparell geomètric capaç de donar compte dels moviments observats, és a dir, donar una *hipòtesis*.⁴⁰ En l'*Almagest* de Ptolemeu, en canvi, no es tracta tant d'això com de desenvolupar models que permetin conèixer la posició d'un astre en concret en un moment donat. Certament, les dues aproximacions són geomètrico-matemàtiques; però la d'Èudox és quelcom així com una *maqueta mental* que reproduïx moviments semblants als observats amb una freqüència igualment similar a la que es dona de fet. El sistema d'Èudox no era per calcular:⁴¹ era, més aviat, un exercici geomètric genial.

Hem establert, doncs, que, tot i aquesta diferència entre Èudox i Ptolemeu —punts inicial i final respectivament de l'astronomia matemàtica antiga—, ambdós s'emmarquen en aquesta mateixa tradició científica. Ara ens preguntem: en quin punt d'aquesta tradició es passa de la forma de fer d'Èudox a la de Ptolemeu? En quin moment es passa del *donar compte* al *calcular*? Doncs be: aquest moment cau al s. II aC⁴² A continuació detallem les consideracions historiogràfiques que ens han portat a admetre aquesta datació.

Hi ha un signe que marca el pas del paradigma *geomètric* al paradigma *geomètric-computacional*: l'impuls que sorgeix en un moment determinat per a elaborar noves mesures i establir paràmetres i distàncies entre astres amb una precisió major de la que s'havia buscat fins aleshores. La raó per la qual ens sembla plausible acceptar aquest nou interès com a símptoma d'una voluntat de càlcul és que, com resulta evident a la llum de tots els sistemes anteriors a aquest moment, no es requeria una revisió de les mesures com la que s'empren per a donar compte, i amb força precisió, dels moviments celestes; era necessària només si es pretenia conèixer la posició exacta d'un cert astre en un moment concret. Aquest signe, segons creiem, apareix per primer cop en Hiparc de Nicea (190 –

³⁹ DREYER, J. L. E. *A History of Astronomy from Thales to Kepler*; Nova York: Dover, 1953, p. 91.

⁴⁰ Ptolemeu fa servir el terme *hypóthesis* (ὑπόθεσις, “model” o, justament, “hipòtesis”) en el sentit en el que l'empren aquí nosaltres: *vid. Almagest*, I, 6, 20; *Ibid.*, III, 1, 201 (on l'empra per denotar una explicació possible, i no necessàriament real) i especialment *Ibid.* III, 3, 216, on es parla de dues *hipòtesis* per a explicar un mateix fenomen.

⁴¹ *Vid.* la comparació dels valors resultants dels models planetaris d'Èudox amb els valors contemporanis de KEYSER, P. T. *Op. cit.*, p. 346.

⁴² *Vid.* la p. 252 de la introducció de Paloma Ortiz García als *Fenòmens d'Euclides* (dins ARISTÓTELES. EUCLIDES. *Sobre las líneas indivisibles. Mecánica. Óptica. Catóptrica. Fenómenos*; Madrid: Gredos, 2000).

120 aC), qui, tal i com ens transmet Ptolemeu,⁴³ havia emprat instruments de mesura per a revisar sistemàticament els paràmetres establerts que havien arribat fins a ell.⁴⁴

Alhora que tot aquest procés de re-mesura es produeix i que l'astronomia matemàtica pren un nou impuls, irromp a Alexandria un nou agent cultural: l'astrologia.⁴⁵ Determinar el moment i les condicions exactes de la seva entrada al món acadèmic és una tasca extremadament complicada, i en la qual no podem aturar-nos;⁴⁶ però cal fer notar que la consolidació de l'astrologia com a àmbit d'estudi coincideix amb l'adveniment de l'astronomia matemàtica computacional, al s. II aC.⁴⁷ És aleshores quan sorgeixen els primers tractats astrològics en el si de la Biblioteca.

El que és interessant és que, precisament, els personatges que protagonitzen el viratge computacional en la història de l'astronomia matemàtica són els mateixos que introdueixen l'estudi de l'astrologia. I, concretament, hi ha una única arrel per a aquestes dues revolucions: Hiparc.⁴⁸

⁴³ *Almagest*, III, 1-4.

⁴⁴ La relació entre Ptolemeu i Hiparc és només un segment d'una línia més extensa. El punt inicial està en Heràclides Pòntic (388 – 315 aC), qui elaborà un model geo-heliocèntric. Apol·loni de Perge (262 – 190 aC) absteu del model de Heràclides una eina matemàtica que, d'alguna forma, estava implícita: el parell epicicle-deferent (GUTHRIE, W. K. C. *Historia de la filosofia Antigua* (vol. V); Madrid: Gredos, 1992, pp. 501-3). Aquesta eina serà explotada intensivament per Hiparc, amb qui Ptolemeu –que portarà al límit les possibilitats de l'epicicle-deferent, que són moltes (vid. HANSON, N. R. *Constelaciones y conjeturas*; Madrid: Alianza, 1978, pp. 117-130)– està en clara continuïtat (vid. *supra*, n. 43). Vid., en aquest sentit, MIELI, A. *Op. cit.*, p. 135 o TARN, W. & GRIFFITH, G. T. *La civilización helenística*; Mèxic: FCE, 1969, p. 223.

⁴⁵ FRASER, P. M. *Op. cit.*, p. 435; TARN, W. & GRIFFITH, G. T. *Op. cit.*, p. 257.

⁴⁶ Ciceró (*De divinatione*, II, 42) comenta que Èudox havia rebutjat l'astrologia; pel que fa a la datació, allò important és que l'havia arribat a conèixer. Es podria pensar que Plató també, segons com es llegeixi l'afirmació de Laerci segons la qual Plató intenta establir contacte amb mags perses (*Vides*, III, 6), tot i que certs silencis respecte de l'astrologia en alguns passatges platònics en què es parla de tècniques d'endevinació (*μαντική*, *mantikē*) ens fan dubtar seriosament d'aquesta possibilitat, e.g. *Fedre*, 244css (alhora, però, aquesta metodologia pel que fa als silencis és perillosa: que Teofrast, per exemple, no parli d'astrologia en passatges també dedicats a l'endevinació (e.g. *Caràcters*, XVI) no vol dir, segons hem vist, que en els seus temps no es tingués notícia de l'astrologia). Per tant, podem establir que a Grècia se sap de l'existència de l'astrologia cap al 350 (cf. TARN, W. & GRIFFITH, G. T. *Op. cit.*, p. 257). Ara bé; que de Grècia passés senzillament a Alexandria (com se sosté en *Idem*; cf., però, MIELI, A. *Op. cit.*, p. 246) és quelcom més problemàtic, per diverses raons que no podem resseguir aquí. Remeto, pel que fa a tota aquesta qüestió de la datació, a OLL, M. *Hellenistic Astrology as a Case of Cultural Translation* (tesi doctoral); Institute of Archaeology and Antiquity, University of Manchester: Manchester, 2010.

⁴⁷ GREEN, P. *Op. cit.*, p. 595; OLL, M. *Op. cit.*

⁴⁸ Fraser (*Op. cit.*, p. 435-6) assenyala l'astrònom Hipsicles com a l'origen de l'entrada de l'astrologia en la tradició astronòmica alexandrina. Hipsicles hauria escrit un tractat titulat *Sobre les ascensions*, en el qual s'estudiaven mètodes de determinació del temps que triga un determinat signe del Zodiac –i.e. una secció concreta de l'eclíptica– en sortir de sota de l'horitzó, quelcom que no té cap sentit si no és a la llum de la seva aplicabilitat en matèria d'astrologia. Donar el títol de pioner a Hipsicles abans que a Hiparc no canvia res a nivell cronològic: la vida d'ambdós corre entre c. 190 i c. 120, i no ens sembla que hi hagi més motius per a donar prioritat a Hipsicles que per donar-la a Hiparc.

En el seu *Comentari als «Fenòmens» d'Arat i d'Èudox* –on presenta el seu famós catàleg d'estrelles–, Hiparc elabora una astrologia amb presumpta capacitat predictiva sobre el temps –i.e., sobre els fenòmens atmosfèrics–,⁴⁹ i Plini ens transmet que creia que les estrelles i l'ànima estaven connectades.⁵⁰ D'altra banda, en Ptolemeu es reproduueix aquesta doble preocupació; de fet, l'*Almagest* mateix estava pensat per a anar seguit pel *Tetrabiblos*, el seu tractat d'astrologia.⁵¹

En resum, tal i com ha reconegut P. Green,

«la paradoxa de la qüestió és que, mentre que els astròlegs estaven ocupats establint correspondències fixes entre el macrocosmos i el microcosmos (...), simultàniament l'autèntica ciència de l'astronomia feia grans passos endavant. La tant sovint afirmada idea segons la qual l'astrologia eclipsà completament la seva germana legítima és, en el millor dels casos, una veritat a mitges que confon.»⁵²

Nosaltres, però, encara anem més lluny; creiem que hem aportat proves documentals i historiogràfiques suficients com per formular explícitament la possibilitat de què l'astrologia fos la raó mateixa del viratge cap a el paradigma computacional de l'astronomia matemàtica. Certament, la coincidència de la consolidació de l'astrologia amb l'emergència de la tendència a calcular i mesurar en astronomia no permet *per se* establir l'anterioritat d'un terme respecte de l'altre; però hi ha un seguit de consideracions que ens han portat a entendre els nous còmputos com a una eina al servei de l'astrologia –i posteriors, per tant, a aquesta–, que exposem breument a continuació, tot polemitzant amb d'altres perspectives més clàssiques.

N. R. Hanson, seguint un camí ben diferent al nostre, posa l'origen de la renovació computacional de l'astronomia matemàtica en el fet que, segons ell, hi havia tot un seguit de necessitats pràctiques que l'astronomia tradicional –de tipus més especulatiu o hipotètic, com ja hem vist– deixava sense cobrir.⁵³ Probablement, de fet, fos així: els models anteriors al II aC no poden ajudar als mariners a orientar-se, als camperols a organitzar el

⁴⁹ KWAN, A. "Hipparchus of Nicaea" dins HOCKEY, T. (ed.) *The Biographical Encyclopedia of Astronomers*; Berlin: Springer, 2007, p. 511.

⁵⁰ *Naturalis historia*, II, 26 (24).

⁵¹ Ho sabem perquè 1) en les còpies antigues conservades, el *Tetrabiblos* està afegit darrera de l'*Almagest*; 2) perquè hi ha parts de l'*Almagest* que, com en el cas del tractat d'Hipsicles, no serveixen per a res fora de l'astrologia; 3) perquè al *Tetrabiblos* no hi ha taules ni explicacions de com computar posicions: es donen per sabudes. *Vid.* OLL, M. *Op. cit.*, p. 14.

⁵² *Op. cit.*, p. 596.

⁵³ *Op. cit.*, p. 113.

seu treball d'acord amb la temporada o als sacerdots a celebrar els ritus en el moment oportú;⁵⁴ però que els sistemes acadèmics no poguessin satisfer aquestes necessitats no vol dir que no hi haguessin mètodes pre-acadèmics –i.e., pre-hel·lenístics, anteriors a la tradició científica de la Biblioteca– o populars que permetessin donar resposta a aquests problemes. Per exemple, les qüestions de calendari havien estat satisfactòriament tractades per egipcis i babilonis;⁵⁵ de mapes estel·lars –amb què els mariners s'haurien pogut orientar– se n'havien confeccionat ja en temps de Demòcrit;⁵⁶ i, pel que fa al camp, una lectura superficial de *Els treballs i els dies* d'Hesíode és suficient per a mostrar-nos fins a quin punt la saviesa popular tenia controlades aquestes qüestions.⁵⁷ Vist tot això, la tesi pragmàtica de Hanson perd part de la seva plausibilitat, mentre que l'astrologia s'erigeix com a l'única cosa per a la qual podrien haver servit els nous còmputos acadèmics.⁵⁸

⁵⁴ De la importància de establir correctament els dies de celebracions religioses en parla Plató (*Lleis*, VII, 809d).

⁵⁵ Especialment per part dels babilonis: *vid.* DORCE, C. *Ptolomeo. El astrónomo de los círculos*; Tres Cantos: Nívola, 2006, pp. 11-12. Els Grecs sempre reconegueren l'anterioritat d'aquestes dues civilitzacions pel que fa a les qüestions astronòmiques (e.g. HERÒDOT. *Història*, II, 4; ARISTÒTIL. *De caelo*, II, 12, 292a5ss).

⁵⁶ Això ens transmet Vitruvi (*De architectura*, IX, 5, 4).

⁵⁷ *Els treballs i els dies*, vv. 765ss.

⁵⁸ Més enllà de l'astrologia, segons creiem, l'única cosa per a la qual podria servir es per a conèixer el moment en què anava a succeir quelcom que passava sempre que una determinada estrella sortia, s'amagava o es trobava en una posició en concret –com ara, segons Aristòtil (*Historia animalium*, V, 17, 549b10ss), el moment en què les llagostes posen els ous, cosa que passa un cop sortida l'estrella d'Artur–.

EPÍLEG. RECAPITULACIÓ I CONCLUSIONS.

Lamentablement, els requisits formals exigits al present treball es obliguen a aturar-nos aquí; ha de quedar necessàriament fora el desenvolupament de les noves perspectives que, crec, hem obert en aquesta investigació.

En un primer moment, hem explicat com es forja el substrat necessari per al desenvolupament posterior de la ciència alexandrina en general, i hem mostrat que és un procés que enfonsa les seves arrels en la història política i cultural del Món Antic. Fidels a la nostra opció metodològica –que exposàvem a la introducció– hem indicat, si bé de forma superficial, com aquest desenvolupament posterior de la ciència és determinat i, en part, explicat per aquesta base material.

Després, hem plantejat la possibilitat que les grans fites de l'astronomia matemàtica alexandrina tinguessin per motor l'interès astrològic –un interès que sorgeix, certament, en circumstàncies encara a esclarir, però que es degué, sens dubte, a un contacte entre cultures–, i hem defensat la solidesa d'aquesta possibilitat.

Tot i la notable quantitat de fonts i temes que hem treballat, aquest estudi deixa fora dos apartats que ens hagués agradat incloure: el primer aventurava una possible explicació de l'interès acadèmic en l'astrologia,⁵⁹ i el segon, que constituïa alhora una prova més per a la nostra tesi sobre la prioritat de l'astrologia sobre l'astronomia computacional, entrava a considerar el procés de recepció de Ptolemeu al món àrab.⁶⁰

⁵⁹ Preteníem explorar la possibilitat que el control estatal de la producció agrària (MONSON, A. "Agriculture and Taxation in Early Ptolemaic Egypt" dins *Papyrologische Texte und Abhandlungen*, 46, 2012, p. 28) –un control pràcticament total; la dinastia ptolemaica havia procurat hel·lenitzar Alexandria mantenint alhora les relacions faraòniques de producció a la resta del territori (REALE, G. & ANTISERI, D. *Op. cit.* p. 253)– i el fet que en el si de la Biblioteca –una institució finançada, al cap i a la fi, pels ptolemeus– es comencés a cultivar l'astrologia estiguessin relacionats. Consideri's que tant el *Tetrabiblos* de Ptolemeu (al llibre II) com el *Comentari als «Fenòmens» d'Arat i d'Èudox* d'Hiparc contenien informació sobre com determinar el temps (i.e. el clima) que ha de venir a partir de les estrelles i la seva posició.

⁶⁰ Aquest segon punt passava per advertir que 1) a l'àrab es tradueix abans el *Tetrabiblos* que l'*Almagest* (DORCE, C. *Op. cit.* pp. 44-5); 2) la traducció sistemàtica d'obres d'astronomia no comença fins que no arriba al poder el llinatge abbàssida, tots els membres del qual eren, en general, creients fermes en l'astrologia (FAKHRY, M. *A History of Islamic Philosophy*; Nova York: Columbia University Press, 2004, p. 8).

BIBLIOGRAFIA

FONTS

- ARISTÒTIL. *Acerca del cielo*; Barcelona: Círculo de Lectores, 1997 (trad. M. CANDEL).
- ARISTÒTIL. *Investigación sobre los animales*; Madrid: Gredos, 2008 (trad. J. PALLÍ).
- ARISTÒTIL. *Metafísica*; Madrid: Gredos, 1994 (trad. T. CALVO MARTÍNEZ).
- CICERÓ. *Sobre la adivinación. Sobre el destino. Timeo*; Madrid: Gredos, 1999 (trad. A. ESCOBAR).
- DIÒGENES LAERCI. *Vidas y opiniones de los filósofos ilustres*; Madrid: Alianza, 2007 (trad. C. GARCÍA GUAL).
- HERODES. *Mimiambes*; Barcelona: Bernat Metge, 1970 (trad. C. MIRALLES).
- HERÒDOT. *Historia I*; Madrid: Gredos, 2015 (trad. C. SCHRADER).
- HESÍODE. *Teogonía. Trabajos y días. Escudo. Fragmentos. Certamen*; Madrid: Gredos, 2015 (trad. A. PÉREZ JIMÉNEZ & A. MARTÍNEZ DÍAZ).
- PLATÓ. *Diálogos* (vols. I-VII); Madrid: Gredos, 2015.
- PLINI. *Historia natural. Libros I-II*; Madrid: Gredos, 2015 (trad. A. FONTÁN, ANA M^a MOURE *et al.*).
- PTOLEMEU. *Ptolemy's Almagest*; Londres: Duckworth, 1984 (trad. G. J. TOOMER).
- SIMPLICI. *On Aristotle's on the Heavens 2. 10-14*. Ithaca: Cornell University Press, 2005 (trad. I. MUELLER).
- TEOFRAST. *Algunas cuestiones de metafísica*; Barcelona: Anthropos, 1991 (trad. M. CANDEL).
- TEOFRAST. *Caracteres*; Madrid: Gredos, 2015 (trad. E. RUIZ GARCÍA).
- VITRUBI. *Arquitectura. Libros I-V*; Madrid: Gredos, 2008 (trad. F. MANZANERO).

ESTUDIS

- AUBENQUE, P. *El problema del ser en Aristóteles*; Madrid: Escolar y Mayo, 2018.
- CARTLEDGE, P. *Alejandro Magno*; Barcelona: Ariel, 2007.
- DORCE, C. *Ptolomeo. El astrónomo de los círculos*; Tres Cantos: Nivola, 2006.

- DREYER, J. L. E. *A History of Astronomy from Thales to Kepler*; Nova York: Dover, 1953.
- FAKHRY, M. *A History of Islamic Philosophy*; Nova York: Columbia University Press, 2004.
- FRASER, P. M. *Ptolemaic Alexandria*; Oxford: Clarendon Press, 1972.
- GREEN, P. *Alexander to Actium*; Berkeley: California University Press, 1990.
- GUTHRIE, W. K. C. *Historia de la filosofía Antigua* (vol. V); Madrid: Gredos, 1992.
- HANSON, N. R. *Constelaciones y conjeturas*; Madrid: Alianza, 1978.
- HEATH, T. *Aristarchus of Samos, the Ancient Copernicus*; Oxford: Clarendon Press, 1913.
- KEYSER, P. T. “Eudoxus” dins HOCKEY, T. (ed.) *The Biographical Encyclopedia of Astronomers*; Berlin: Springer, 2007, pp. 344-6.
- KWAN, A. “Hipparchus of Nicaea” dins HOCKEY, T. (ed.) *The Biographical Encyclopedia of Astronomers*; Berlin: Springer, 2007, pp. 511-2.
- MIELI, A. *Panorama general de historia de la ciencia. El Mundo Antiguo: Griegos y Romanos*; Buenos Aires: Espasa-Calpé, 1945.
- MONSON, A. “Agriculture and Taxation in Early Ptolemaic Egypt” dins *Papyrologische Texte und Abhandlungen*, 46, 2012.
- OLL, M. *Hellenistic Astrology as a Case of Cultural Translation* (tesi doctoral); Institute of Archaeology and Antiquity, University of Manchester: Manchester, 2010.
- REALE, G. & ANTISERI, D. *Historia del pensamiento filosófico y científico* (vol. I); Barcelona: Herder, 2008.
- REALE, G. *Guía de lectura de la «Metafísica» de Aristóteles*; Barcelona: Herder, 2011.
- TARN, W. & GRIFFITH, G. T. *La civilización helenística*; México: FCE, 1969.