

«FENT PASTURAR ELS ESTELS»* UN RECORREGUT PER L'ASTRONOMIA ÀRAB MEDIEVAL

Roser Puig Aguilar

Àrea d'Estudis Àrabs i Islàmics. Universitat de Barcelona

Paraules clau: *àrab, traduccions, astronomia, taules, observatoris, instruments.*

«Shepherding the stars». A Journey through Medieval Arabic Astronomy

Summary: This overview considers four main questions: the pre-Islamic calendrical procedures, the early Abbassid interest in sciences and philosophy, the social relevance of astrology, and the importance of tables and instruments as iconographic attributes of astronomers. It also gives a short account of the materials which circulated throughout the Mediterranean area in Medieval period.

Key words: *arabic, translations, astronomy, tables, observatories, instruments.*

1. Arrels preislàmiques. Llibres d'*anwā'*. *Manāzil al-qamar*. Fenòmens meteorològics

L'home antic observava el cel, estrelles i planetes, per establir el ritme del temps i esbrinar si les condicions meteorològiques li eren favorables. La predicció del temps ha estat una qüestió que ha interessat un ampli espectre de totes les societats. Tal vegada, les arrels més reculades d'aquest fet es trobin en els auguris meteorològics que contenen les antigues tauletes mesopotàmiques, les quals juxtaposen posicions dels cossos celestes i determinats fenòmens sense cap intenció de fer-ne regla, d'una manera semblant a Plini en la seva *Història Natural*. Una altra manera més endreçada de fer prediccions va ser el sistema islàmic dels *anwā'*, el qual va evolucionar fins a formar part dels calendaris.

Els àrabs antics preislàmics miraven el cel per orientar-se en les travesses del desert i també per feinejar en les tasques agrícoles. D'aquestes observacions empíriques sorgiren els *anwā'*, plural de *naw'*. Els *anwā'* designaven un sistema de còmput del temps lligat a les observacions de les postes acròniques i ortus helíacs de determinats parells d'estrelles que dividien l'any en 27 períodes de 13 dies, més un de 14. L'estrella que es ponía marcava el

* Aquesta part del títol és un manlleu del vers d'Ibn Ḥazm de Còrdova (s. x-xi): «Pastor d'estels sóc, com si anés a càrrec meu // fer pasturar tots els estels, fixos i planetes». Aquesta imatge poètica que compara els amants insomnes (que guarden estels) amb els pastors (que guarden ramats) ha arribat, amb adaptacions, fins a la literatura en prosa dels nostres dies. Mil anys de pervivència que mostren l'estreta relació entre els àrabs i el cel.

principi d'un *naw'* que s'allargava fins a la posta de la següent estrella. Aquests *anwā'* anunciaven fenòmens de canvi de temps i cada *naw'* duia associades unes característiques climatològiques concretes (pluges, vents...) que podien durar uns dies o allargar-se tot el període. Els *anwā'* dividien l'any en estacions corresponents als diversos períodes de pluja. Actualment els beduïns encara fan començar l'any amb les pluges de la tardor.

Els *anwā'* han estat relacionats amb sistemes calendàrics semblants emprats per xinesos, indis i perses. Posteriorment al segle VIII, sembla que s'haurien combinat amb la tradició índia de les cases de la lluna, *manāzil al-qamar*, una mena de zodíac lunar (amb un angle de 5° respecte al solar), present també en l'astronomia xinesa i persa, dividit en 28 «cases» que delimita les zones del cel on es troba la lluna cada nit.

També s'ha relacionat els *anwā'* amb els *parapegmata* grecs de la plaça de la ciutat que mostraven ortus i postes de constel·lacions amb la meteorologia associada. La llarga tradició d'aquesta mena de calendaris astronòmics i agrícoles hel·lènics –que es remunta a Hesíode i arriba fins a l'època alexandrina– va ser coneguda en el món àrab gràcies a les traduccions. És el cas, per exemple, de les *Phaseis* de Ptolemeu, traduïdes a l'àrab com a *Kitāb al-anwā'*, i que són la font bàsica del *Kitāb al-anwā'* escrit per Sinān b. Tābit (m. 943) i dedicat al califa al-Mu'tadid (892-902). Un resum d'aquesta darrera obra es troba en el *Kitāb al-aqār al-bāqiya 'an qurūn al-hāliya* de Bīrūnī.

Al segle IX hi va haver en el món àrab un intent seriós de sistematitzar les prediccions meteorològiques i, aplicant principis matemàtics a efectes físics, convertir-les en la *ciència dels esdeveniments meteorològics*, *'ilm aḥdāt al-ḡaww*, al nivell de la medicina, la música i l'astrologia. En aquest aspecte, s'ha de destacar l'aportació d'al-Kindī.

Al segle XI la tradició araboislàmica oriental dels llibres d'*anwā'* (*kutub al-anwā'*), consolidada ja com a gènere literari, arriba a Alandalus i es fon amb la tradició local de calendaris dietètics i agrícoles enriquits a la Hispània visigòtica amb els santorals i calendaris aplicats al culte cristià. La primera mostra n'és el *Calendari de Còrdova*.

2. Inicis científics abbassís: Substrat hel·lènic i bizantí. Califes il·lustrats. La «Bayt al-Hikma». El Cercle de Bagdad. Les traduccions

Als segles III i IV la societat preislàmica de la península Aràbiga era tribal i politeïsta. Els àrabs beduïns nòmades i ramaders configuraven l'aristocràcia. Hi havia també àrabs beduïns sedentaris que es dedicaven a l'agricultura i àrabs sedentaris urbans que, habitant els nuclis urbans principals de la ruta de les espècies, es dedicaven al comerç. Era una societat de tradició oral que parlava dialectes antics, a partir dels quals es desenvolupà la llengua àrab. A més, vivien a la Península jueus, immigrants de Palestina i autòctons judaïtzats, i cristians, immigrants de Síria, Palestina i Abissínia, parlants d'un ampli ventall d'altres llengües semítiques del nord i del sud. Els veïns eren estats hel·lenitzats des de les conquestes d'Alexandre el Gran. L'arameu i el persa eren llengües franques.

L'adveniment de l'islam, al segle VII, va generar un canvi de dimensió religiosa i també social, política, lingüística i cultural. El profeta Muḥammad va ser succeït a la seva mort pels califes ortodoxos, *raṣīdūn* o «ben guiats», Abū Bakr (632-634 JC), 'Umar (634-644 JC), 'Uṣmān (644-656 JC) i 'Alī (656-661 JC). Aquest darrer califat fou disputat, no obstant això, per Mu'awiyya, del clan dels omeies, que en sortí victoriós i fundà el califat omeia amb capital a Damasc (661-750).

Els omeies a Damasc entren en contacte amb un sistema administratiu molt organitzat i en mans de cristians que feia servir el grec com a llengua d'expressió. D'una manera molt pragmàtica, els omeies van mantenir el sistema i van continuar fent servir el grec fins

a la reforma d'°Abd al-Malik (685-705). Sovint s'ha pensat que les primeres mostres d'influència grega en el pensament àrab vénen d'aquesta relació. Estudis més recents, ben al contrari, posen de manifest que aquests cristians ja havien deixat de banda, per pagans, els textos científics i filosòfics dels seus predecessors i, per tant, ben poc pogueren influir en el pensament àrab del qual, en aquesta època, no ens ha arribat cap mostra d'interès per a l'especulació filosòfica.

Hem de buscar l'interès en la recerca científica i la primera evidència de l'hel·lenització àrab a Mesopotàmia, en ciutats com Basra, Kufa, el centre cristià nestorià de Hira i a Jundishapur, seu d'una famosa escola de medicina i hospital on es traduïen Hipòcrates i Galè del grec al siríac i del siríac a l'àrab.

A mitjan segle VIII, els partidaris d'°Alī, des de terres que avui formen part de l'Iran, van recolzar la revolució d'Ibn °Abbās en contra dels omeies, en la seva opinió massa secularitzats. La victòria d'Ibn °Abbās va fer néixer una nova dinastia, l'abbassí, que va governar amb plens poders fins al 1055 i tot i perdent pes territorial fins al 1258. A Alandalus els abbassís no hi van tenir cap influència política, ja que des de l'arribada a la península Ibèrica del darrer omeia que va poder escapar de Damasc, °Abd al-Rahmān al-Dāhīl, l'emirat andalusí va ser independent.

En les dues primeres centúries del califat abbàsida, el trasllat de la capitalitat a Bagdad pel califa al-Manşūr (754-775), la promoció de la cultura àrab i la normalització lingüística que va dur a terme van afavorir un moviment de traducció sense precedents que transvasà l'herència clàssica a la cultura d'expressió àrab. La difusió de la producció literària i científica en àrab es basà en el desenvolupament d'una cal·ligrafia cursiva utilitària i en l'existència d'una gran quantitat de còpies manuscrites de les obres viatjant al llarg de l'Imperi. Així com, sens dubte, es va veure afavorida per la recent aparició del paper en el domini islàmic.

A Jundishapur les traduccions del grec, juntament amb tractats indis i pahlevis, constituïen la formació bàsica dels metges de l'hospital-escola dirigit per un metge nestorià (Ġūngīs b. Baḥtīšū), metge d'al-Manşūr, i membre d'una nissaga que va tenir un paper destacat en l'orientació de la temàtica de les traduccions.

Una altra ciutat significativament important fou Marw, capital del Jurasan, famosa per les seves biblioteques. Aquí s'havia originat la revolució abbassí a la qual havia ajudat molt la família dels Barmekís, originaris de Balj, a la Bactria, i establerts a Marw. De passat budista, convertits al mazdaisme i després a l'islam, estaven interessats en la ciència grega i van transmetre el gust per la ciència als califes dels quals van ser visirs i, en algun cas, preceptors.

Els califes il·lustrats: al-Manşūr, el seu successor Harūn al-Rašīd (786-809) i el fill d'aquest, al-Ma'mūn (813-833), es van interessar sobretot per les matemàtiques i l'astronomia.

Els visirs barmèkides de Harūn al-Rašīd van fundar la *Bayt al-Ḥikma*, la Casa del Saber, que va funcionar a ple rendiment durant el califat d'al-Ma'mūn. Era la biblioteca de palau, dirigida per l'astrònom Yahyà b. Abī Manşūr, on treballaven científics, molt ben pagats, traduïnt i duent a terme les seves pròpies investigacions. Entre els personatges relacionats amb la *Bayt al-Ḥikma* hi havia els Banū Mūsā: Muḥammad, Aḥmad i Ḥasan, tres germans que cultivaven l'astronomia, les matemàtiques i l'enginyeria. Tenien molts diners i van formar la seva pròpia escola de traductors en la qual van destacar Ḥunayn ibn Ishāq (m. 873 o 877) i Ṭābit b. Qurra (m.901). Ḥunayn ibn Ishāq, gran traductor de Galè, era un cristià de Hira que va estudiar àrab a Basra i va viatjar a «terra de grecs» on es va familiaritzar amb la crítica textual a la manera alexandrina. Ṭābit b. Qurra, sabeu de Harran, va destacar en la revisió i correcció de traduccions i en la producció d'obres de tema matemàtic i astronòmic.

Cal recordar les moltes evidències que traducció i creativitat científica es van produir de manera simultània al Proper Orient i que aquesta dimensió creativa l'hem de reclamar també per a les activitats científiques a Alandalus.

3. Astronomia i societat: Astrologia. *Miqāt*. Taules astronòmiques. Models planetaris

De les ciències exactes, l'astronomia és la que coneix un desenvolupament més important. Els avenços en aquesta disciplina són impulsats, en gran manera, per l'astrologia i el *mīqāt*.

Els principis que governen l'astrologia, *aḥkām al-nuḡūm*, deriven de l'observació i la interpretació de les connexions i interaccions de les estrelles. Hi ha una «astrologia natural» que observa la influència de les estrelles en els elements de la natura i una «astrologia judiciària» que observa la influència de les estrelles en el destí de l'ésser humà. Dins de l'astrologia natural, l'astrologia matemàtica, *ḥisabiyya*, i la física, *ṭabī'iyya*, constitueixen una bona part de l'astronomia. Fins i tot els *anwa'* de què hem parlat abans serien un procediment de l'astrologia natural el caràcter endevinatori del qual explicaria per què la paraula *naw'* no surt a l'Alcorà. Pel que fa l'astrologia judiciària, és ben cert que la interpretació d'horòscops té un component poc científic, però no deixa de ser cert que en l'horòscop hi ha una part estrictament astronòmica pel que fa a la posició dels planetes i a la determinació de l'hora i de la latitud del lloc. Sovint l'astrologia era el «modus vivendi» de l'astrònom i l'excusa per a les seves observacions. El rol social de l'astròleg era prou rellevant. Coexistien una astrologia «del mercat» i una astrologia «de la cort», ja que tant era del gust del poble ras com dels monarques.

La ciència del *mīqāt*, *ilm al-mīqāt*, és la ciència de la determinació de l'hora i de la determinació dels moments (*mawaqit*) de les pregàries rituals diàries, essent l'encarregat de determinar-les el *muwaqqit*. D'una manera més general, el *miqat* és l'astronomia aplicada a la problemàtica que planteja el culte islàmic (pregàries obligatòries i opcionals, càlcul de la visibilitat del creixent, càlcul de la *qibla* per determinar la direcció de la Meca). Tot plegat qüestions d'ordre pràctic amb incidència social. Els aspectes legals i religiosos vinculats són objecte d'estudi d'altres branques de les ciències islàmiques com ara el *ḥadīṭ* i el *fiqh* i, de vegades, d'un saber popular.

Així doncs, els astrònoms es cuidaven de respondre tècnicament la demanda dels astròlegs i de resoldre problemes pràctics de calendari, d'hora i d'orientacions i ho tabulaven. La història de les taules astronòmiques àrabs i islàmiques, *zīḡ*, constitueix un important tema d'estudi pel que fa a la història de l'astronomia islàmica.

Un *zīḡ* ve a ser un manual d'astronomia que generalment conté taules. Aquestes taules, en àrab o en persa, solen anar precedides d'uns cànons on s'hi explica la manera de fer-les servir o la teoria segons la qual han estat calculades. La paraula *zīḡ* és un préstec del persa que té a veure amb la disposició tabular en files i columnes, similar al tramut d'un teixit o als solcs de l'arada. Un *zīḡ* pot comptar amb un centenar de folis de text i taules.

La majoria de *zīḡ* estaven computats per ser usats en un lloc d'una latitud concreta. Tot i això, també se'n van calcular perquè servissin per a més d'una latitud. Proveïen els astrònoms de tot allò que necessitaven pel que fa al càlcul de les posicions (longitud i latitud) del Sol, de la Lluna i dels cinc planetes observables a ull nu; també els donava l'hora del dia o de la nit a partir de l'altura del Sol o de les estrelles. A més es podien utilitzar les taules per predir la visibilitat del creixent o d'altres planetes, determinar l'altura del Sol al migdia, la durada del crepuscle i l'hora de l'oració del capvespre. Els astrònoms podien aplicar-hi procediments matemàtics que els permetien determinar la *qibla*, la direcció a la Meca,

d'un lloc determinat. Els astròlegs els podien fer servir per determinar l'ascendent d'un moment donat, les longituds de les cases astrològiques i, havent calculat les posicions del Sol, la Lluna i els planetes, establir l'horòscop.

Existiren també altres reculls de taules auxiliars (de funcions, de sinus, sexagesimals), les quals no formaven part pròpiament d'un *zīj*, però facilitaven la tasca del còmput i l'ús mateix de les taules. També hi havia taules per construir astrolabis.

Més enllà, doncs, del seu aspecte àrid contenien una informació pràctica de molta utilitat.

La producció de taules s'estendrà entre els segles VIII i el XIX. Actualment se'n conserva un corpus de més de 225, entre taules i obres connexes, que ens mostren la coexistència en època medieval de les tradicions astronòmiques hel·lenicoptolemaiques i indoàries.

A partir del segle X, l'astronomia teòrica andalusí de Maslāma al-Mağrībī revisarà les taules astronòmiques d'al-Ḥwarizmī basades en models preptolemaics d'origen indi. Cap al 1069 apareixeran les *Taules de Toledo*, basades ja en models ptolemaics. Al segle XI les observacions del Sol i de la Lluna dutes a terme per Ibn al-Zarqālluh (Azarquiel) donaran pas a modificacions importants dels models solar i lunar ptolemaic i a la precessió dels equinoccis. Aquestes correccions zarqalianes les trobarem més endavant en astrònoms andalusins, com ara Ibn al-Kammād (s. XII) i Ibn al-Hā'im (s. XIII), i magribins com ara Ibn Ishāq (s. XIII), Ibn al-Bannā' (s. XIII-XIV) i Ibn al-Raqqām (s. XIV).

La crítica als models geomètrics planetaris d'equants, epicicles i deferents s'accentuarà a Alandalus al llarg del segle XII, tant des del punt de vista matemàtic de Ġābir ibn Aflaḥ com des del punt de vista filosòfic d'Ibn al-Haytām i al-Biṭrūgī. A Orient, un segle més tard, un corrent crític vers Ptolemeu donarà entitat a una de les darreres escoles d'astrònoms a l'Observatori de Marāga (Pèrsia): Nāṣir al-Dīn al-Ṭūsī, Quṭb al-Dīn al-Širāzī i Mu'ayyad al-Dīn al-ʿUrdī.

Al segle XIV, a Damasc, apareixerà la primera col·lecció de taules no ptolemaiques: el *Zīj al-Ġadīd*, el *Zīj Nou*, de l'astrònom Ibn al-Šaṭir.

Taules i instruments són les eines que la iconografia atribueix als astrònoms.

4. Eines de l'astrònom: Observatoris. Instruments

El primer programa sistemàtic d'observacions astronòmiques va tenir lloc entre el 828 i el 833 simultàniament als observatoris d'al-Šamasiyya, un barri de Bagdad, i al monestir de Dayr Murrān, a la muntanya al-Qāsiyūn que domina la ciutat de Damasc. El promotor i mecenes fou l'esmentat califa Al-Ma'mūn, el qual va posar al front dels observatoris, respectivament, Yaḥyà b. Abī Maṣṣūr i Ḥālid b. ʿAbd al-Malik al-Marwarrudī. D'aquest programa en van sortir diversos *zīj*, essent l'oficial el *Zīj al-mumtaḥan*.

Ara bé, aquests dos observatoris primerencs constitueixen un cas excepcional, ja que en el món araboislàmic no hi tornarà a haver cap observatori amb caràcter institucional, és a dir amb un programa, un finançament i una estructura jeràrquica i científica ben definida, fins a la creació de l'Observatori de Marāga (s. XIII), al qual seguiren els de Samarcanda i Istanbul (s. XV).

A Alandalus, que, en una etapa tardana, va imitar el model oriental d'institucions científiques com ara la *madrasa* (escola-universitat) i el *maristān* (hospital), no hi va haver observatoris astronòmics.

Això no obstant, les fonts àrabs medievals aporten referències de l'existència, tant a Orient com a Alandalus, de llocs d'observació en jardins particulars o en espais públics des

d'on els astrònoms duïen a terme les seves observacions. Aquestes fonts també donen els noms dels astrònoms i informen tant de la feina que feien com de quins instruments se servien per fer-la.

Pel que fa al coneixement dels instruments astronòmics, disposem de dos tipus de text. En primer lloc, els tractats d'ús i construcció que aporten una informació directa de les característiques d'un instrument en concret. En segon lloc, els compendis descriptius de tots aquells instruments que coneix un determinat astrònom, el qual sovint afegeix alguna novetat de creació pròpia.

Del primer grup es conserven centenars de manuscrits en biblioteques i col·leccions particulars, molts d'ells encara per estudiar. Pel que fa als compendis n'hi ha dos bons exemples que són el *Kitāb fī istī'āb al-wuḡūh al-mumkina fī šan' at al-ašturlāb* de Bīrūnī (s. X-XI) i el *Ġāmi' al-mabādī wa-l-ḡayāt fī 'ilm al-mūqāt* de l'astrònom Abū-l-Ḥasan 'Alī al-Marrākušī, d'origen magribí, en actiu al Caire cap al 1280. Recentment ha estat editat un tercer compendi, traduït a l'anglès amb el títol *Mathematical Instrumentation in Fourteenth-Century Egypt and Syria. The Illustrated Treatise of Najm al-Dīn al-Miṣrī*.

El *Kitāb* de Bīrūnī és el compendi més antic i més complet que descriu l'astrolabi estàndard oriental i les seves variants originades pels canvis en la projecció. Ha estat objecte d'una edició i de diversos estudis parcials, però segueix esperant una traducció completa i l'anàlisi del contingut en tota la seva globalitat. Aquesta obra té una influència clara en el compendi d'al-Marrākušī. L'interès del *Ġāmi' al-mabādī* rau en la seva estructura, que inclou tota una part teòrica amb informació sobre materials específicament andalusins i magribins, i en el fet que afegeix al llibre de Bīrūnī instruments apareguts al llarg dels més de dos cents anys que els separen. També ha estat objecte de diversos estudis parcials, d'una edició facsímil i de dues traduccions.

Una referència molt propera pel que fa als instruments usats a Alandalus la trobem en el pròleg que l'astrònom Azarquiel escriu com a introducció al seu tractat sobre l'*assafea*, traduït al castellà en els *Libros del Saber de Astronomía* del rei Alfons el Savi. Classifica els instruments en dues categories, els «d'ombres», *zilliyya*, i els «de raigs», *šw'āiyya*, segons s'observi l'ombra d'un gnòmon o el raig de llum del Sol o el cos d'una estrella. El primer grup inclou quadrants solars horitzontals i verticals i quadrants cilíndrics i cònics. El segon grup inclou els quadrants astronòmics, l'esfera celeste, l'astrolabi, les armilles o anelles, l'esfera armil·lar i les regles o alidades.

Azarquiel pertany a una segona generació d'astrolabistes a Alandalus. Abans d'ell ho havien estat Ibn al-Saffār i Ibn al-Samḥ, deixebles de Maslāma i reconeguts constructors d'astrolabis i equatoris, respectivament.

L'*assafea* d'Azarquiel i la *làmina universal* del seu contemporani 'Alī b. Ḥalaf tenen el mèrit d'haver fet real una nova categoria d'instruments en competència amb l'astrolabi estàndard: els instruments universals, els quals, tot i constar només d'una làmina, poden ser usats en qualsevol latitud. Un magnífic exemplar d'*assafea*, un dels quatre que es coneixen arreu del món, és el construït per Muḥammad ibn Ḥudayl a Múrcia l'any 1252 JC i es troba actualment a la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona.

Aquests instruments, juntament amb la posterior *làmina general* que l'astrònom andalusí Ibn Bāšo va construir a Granada el s. XIV, van ser els primers d'una llarga tradició d'instruments universals (làmines i quadrants) que es va estendre d'Alandalus cap a Europa, el Magrib i el Proper Orient a partir del segle XIII, en una mostra més de la circulació de materials andalusins per la riba sud de la Mediterrània.

Lectures recomanades

- BOS, G. I BURNETT, CH. (2000), *Scientific Weather forecasting in the Middle Ages: the Writings of al-Kindi*, London-New York.
- BURNETT, CH. (2004), «Weather forecasting in the Arabic world». A: SAVAGE-SMITH, E. (ed.), *Magic and Divination in Early Islam*, Ashgate, Variorum, 201-210.
- CHARETTE, F. (2003), *Mathematical Instrumentation in Fourteenth-Century Egypt and Syria. The Illustrated Treatise of Najm al-Dīn al-Miṣrī*. Leiden-Boston.
- FORCADA, M. (1992), «Los libros de *arwā'* en al-Andalus». A: Catàleg *El legado científico andalusí*, Madrid, Ministerio de Cultura, 103-115.
- GUTAS, D. (1998), *Greek Thought, Arabic Culture. The Graeco-Arabic Translation Movement in Baghdad and Early Abbasid Society (2nd – 4th / 8th – 10th centuries)*, Londres.
- AL-HUSAYNI, M. A. J. (2001), *Istī'āb al-wujūh al-mumkina fī ṣan'at al-aṣṭurlāb of al-Būnī*, Mashhad, Iran.
- KING, D. A. (2004), *In Synchrony with the Heavens. Studies in astronomical Timekeeping and Instrumentation in Medieval Islamic Civilization*, Leiden-Boston.
- KING, D. A.; SAMSÓ, J. (with a contribution by B. Goldstein) (2001), «Astronomical Handbooks and Tables from the Islamic World (750-1900): an Interim Report», *Suhayl*, 2, 9-105.
- KING, D. A.; SAMSÓ, J., «Zidj», *Encyclopaedia of Islam* XI, 497-508.
- PUIG, R. (1987), *Los tratados de construcción y uso de la azafea de Azarquiel*, Madrid.
- (1992), «Instrumentos universales en al-Andalus». A: Catàleg *El legado científico andalusí*, Madrid, Ministerio de Cultura, 67-73.
- (2004), «On the transmission of some Andalusian contributions in the field of astronomical instrumentation to Eastern Islam». A: POURJAVADY, N.; VESEL, Z. (eds.), *Sciences, techniques et instruments dans le monde iranien (xe-xixe siècle)*, Tehran, 79-89.
- SAMSÓ, J. (1992), *Las ciencias de los antiguos en al-Andalus*, Madrid, Col. Mapfre.
- SALIBA, G. (1997), «Les théories planétaires en astronomie arabe après le xiè siècle». A: *Histoire des Sciences Arabes. I. Astronomie, théorie et appliquée*, Paris, Seuil, 71-138.
- (1992), «The Role of the Astrologer in Medieval Islamic Society». A: REGOURD, A.; LORY, P.; DAMAS, (eds.), *Sciences occultes et Islam (= Bulletin d'Etudes Orientales, 44)*, 45-67.
- SAYLI, A. (1988), *The Observatory in Islam and its Place in the General History of the Observatory*, Ankara (1ª edició 1960).
- SÉDILLOT, J. J. [pare] (1984), *Traité des instruments astronomiques des Arabes composé au trezième siècle par Aboul Khassan 'Ali de Maroc intitulé Jamīc al-mabadi' wa-l-gayat*, 2 vol., Paris, 1834-1835, reimpr. a Frankfurt, IGAIW.
- SÉDILLOT, L. A. [fill] (1989), «Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes», *Mémoires de l'Académie Royale des Inscriptions et Belles Lettres de l'Institut de France*, 1 (1984), 1-129, reimpr. a Frankfurt, IGAIW.