LAS OBRAS MATEMATICAS DE MASLAMA DE MADRID *

ABŪ-L-QĀSIM Maslama b. Aḥmad al-Faraḍī al-Maŷrīṭí es sin duda el personaje más importante del mundo científico cordobés durante el Califato. Ibn Ḥazm nos dice en su *Epístola Apologética de Al-Andalus* [1] lo siguiente: «Carezco de autoridad y conocimientos en lo que se refiere a la aritmética y a la geometría y por tanto no puedo fiarme de mis conocimientos para distinguir qué autores son buenos o mediocres entre los que habitan en nuestra patria. A pesar de ello he oído decir a un sabio de cuya inteligencia y buena fe me fío y al que se le considera muy competente en esta materia que, en cuanto a Tablas astronómicas no hay iguales a las de Maslama e Ibn al-Samḥ [2] y ambos autores son nuestros compatriotas».

El cadí Ibn Ṣāʿid habla con mayor conocimiento de causa en su *Kitāb ṭabaqāt al-umam* [3], y se entretiene en subrayar la im-

* Este trabajo se ha beneficiado de la ayuda concedida a la Cátedra de Lengua Arabe (Barcelona), con cargo al crédito destinado al fomento de la investigación en la Universidad.

[1] *Risāla fī faḍl al-Andalus*. Texto en *Analectes*, II, 109-121. Traducción francesa de Charles Pellat en AL-ANDALUS XIX (1954), 53-102. Véase la p. 89 de la traducción.

[2] Sobre este autor muerto en 426/1034 cf. *GALS*, I, 861; Sarton, *IHS*, I, 715; Suter, *Die Mathematiker...*, núm. 194; Leclerc, *Médicine...*, I, 543; Ibn Ṣāʿid, *Kitāb ṭabaqāt al-umam* (ed. L. Cheikho, 1911), p. 70; Ibn Abī Uṣaybiʿa (ed. Müller), II, 39-40; Ibn al-Abbār (ed. Bel y Ben Cheneb), núm. 549.

[3] Cf. la traducción francesa de R. Blachère (París, 1935) con el título de *Livre des catégories des nations*, pp. 129 y 149. Sobre Maslama puede verse además

portancia de la obra matemático-astronómica de Maslama olvidando las aportaciones que se le atribuyen, con poco fundamento, al campo de la alquimia y de las ciencias naturales. En el mismo sentido se manifiesta Ibn al-Qifṭī [4]. Estos dos últimos autores nos dan escasos datos sobre la biografía del madrileño, pero ligando unos datos con otros puede afirmarse que nació en Madrid a mediados del siglo X y que joven aún se trasladó a Córdoba, en donde fue discípulo del geómetra ᶜAbd al-Gāfir b. Muḥammad [5]. En la capital del califato debió vivir hasta su muerte, acaecida alrededor de 398/1007.

Azarquiel, en su *Tratado sobre el movimiento de las estrellas fijas* [6], que sólo conocemos en la versión hebrea, nos transmite una de las observaciones personales de Maslama cuando nos dice que en el año 369/979 determinó la longitud celeste de la estrella Qalb al-Asad que hoy denominamos Régulo (α del León) y que la fijó en 135° 40′. Esa misma observación se conserva en el manuscrito de París, del que hablaremos más abajo, atribuyéndolo al año 367/977. Por tanto caben muy pocas dudas sobre el valor de dicha observación que, en cualquier caso, tanto para el año 367 como para el 369, coincide, con un error menor de 2′ con el que ocupaba dicha estrella. Este dato es, por otro lado, muy interesante puesto que confirma lo que dice Ibn Ṣāᶜid: que Maslama no era sólo un astrónomo teórico sino tam-

GALS, I, 431; Sarton, *IHS*, I, 668-669; E. Wiedemann en *EI*, ¹III, 100; Suter, *Die Mathematiker...*, núm. 176 y *Abhandlungen* 14 (1902), 167; Sánchez Pérez, *Biografías*, núm. 84; Leclerc, *Médecine...*, I, 422; Wüstenfeld, *Gesch. der arab. Aerzte*, núm. 122; Vera, *El matemático madrileño Maslama Benahmed* «Revista de la Biblioteca, Archivo y Museo del Ayuntamiento de Madrid» 9 (1932), 135-149; L. Gonzalvo, *Apuntes sobre algunos musulmanes madrileños* «Homenaje a don Francisco Codera» (Zaragoza, 1904), pp. 353-355; Maqqarī (ed. Cairo, 1884), II, 134; Ibn Baškuwāl, *Al-ṣila...* (Madrid, 1883), núm. 1257; Ibn Abī Uṣaybiʿa, II, 39. Ibn Ḥazm, *El collar de la paloma* (trad. de Emilio García Gómez), pp. 133-134.

[4] Cf. ed. Lippert p. 326.

[5] Cf. Ibn Ṣāᶜid, *Livre...*, p. 127; Ibn Baškuwāl, *Al-ṣila...*, núm. 816; Sánchez Pérez, *Biografías...*, núm. 17.

[6] Editado y traducido por J. M. Millás en *Estudios sobre Azarquiel* (Madrid-Granada, 1943-50), pp. 250-343. Véase especialmente pp. 310-311.

bién práctico y ello nos permite creer que en sus trabajos de adaptación de las tablas de al-Juwarizmī [7] y de al-Battānī [8] no trabajó a ciegas, sino que, como buen técnico, tuvo en cuenta la realidad observada. En pocas palabras: que hay que incluir a Maslama en el grupo de los *magister probationum* de Abraham ibn ᶜEzra [9] o, lo que es lo mismo, los *aṣḥāb al-mumtaḥam* de los autores árabes [10].

Otro punto de sumo interés para conocer el valor científico de Maslama reside en averiguar hasta qué punto tenía acceso a los textos griegos. Ibn Ṣāᶜid nos dice que «se esforzó en comprender el *Almagesto* de Tolomeo», pero esta obra estaba ya traducida en árabe y una versión corregida por Ṯābit b. Qurra debía ser conocida en al-Andalus [11] en la época de al-Nāṣir, puesto que Maslama trabajó en la versión del teorema de Menelao hecha por aquel sabio oriental. Es posible que sólo utilizara el original griego para la recta comprensión de los pasajes difíciles del mismo modo como habían hecho los médicos cordobeses de su época para entender el Dioscórides [12]. En cambio, parece haber tenido mayor intervención en la traducción — con ayuda o sin de cristianos y judíos — de una obra completa y hoy perdida en su redacción clásica: el *Planisferio* de

[7] Sobre los problemas de estas tablas cf. mi reseña a la obra de O. Neugebauer, *The astronomical tables of al-Khwārizmī* (Kobenhavn, 1962), publicada en AL-ANDALUS 27 (1962), 473-475.

[8] Cf. C. A. Nallino, *Al-Battānī sive Albatennii opus astronimicum*. Arabice editum, Latine versum, adnotationibus instructum a..., Milán, 1899-1907, 3 vols.

[9] Cf. *El libro de los fundamentos de las Tablas astronómicas*, ed. J. M. Millás (Madrid-Barcelona, 1947), pp. 76 y 78.

[10] Cf. J. Vernet, *Las «Tabulae Probatae»* en «Homenaje a Millás-Vallicrosa» 2 (Barcelona, 1956), pp. 506-507.

[11] Cf. Sarton, *IHS*, I, 274; M. Steinschneider, *Die arabischen Bearbeiter des Almagest* «Bibliotheca Mathematica» 9 (1892), 53-62; J. Carmody, *Arabic astronomical and astrological sciences in Latin translation* (Berkeley y Los Angeles, 1956), p. 15. Sobre la introducción de la obra de Ṯābit b. Qurra en al-Andalus cf. Ibn Ṣāᶜid, *Livre...*, pp. 42 y 146; Ibn Ŷulŷul, *Ṭabaqāt al-aṭibbā' wa-l-ḥukamā'* (El Cairo, 1955), p. 112.

[12] Cf. César E. Dubler, *La 'Materia Médica' de Discórides. Transmisión medieval y renacentista*. Vol. I (Barcelona, 1953), pp. 50-51.

Tolomeo [13] o *Taṣṭīḥ basṭ al-kura*. La versión árabe de Maslama, también perdida, dio origen a una traducción latina y otra hebraica que han llegado hasta nuestros días. Pero, a pesar de ello, se puede juzgar la traducción maslamiana gracias al descubrimiento por Vajda [14] de un manuscrito misceláneo que contiene algunas obritas de tipo astronómico debidas a la pluma del astrónomo madrileño (desconozco la relación que pueda tener dicho manuscrito con otro, al parecer similar, conservado en Aya Sofia 2671, 3) y entre las cuales se encuentra sus comentarios a la obra de Tolomeo.

La producción bibliográfica de Maslama está bien representada en el Brockelmann [15], aunque haya que excluir de la lista de títulos dados por este autor aquellos que son propios de obras filosófico-naturalísticas puesto que, en su mayoría, parecen espúreas. Tal ocurre con la *Rutbat al-ḥakīm*, el *Gayāt al-ḥakīm (Picatrix)* — ambas pueden ser debidas a la pluma de uno de sus discípulos [16] —, la *Risālat al-ŷamīʿa*, la *Maqāla fi-l-kīmiyā'* y algunas otras de importancia más limitada y que conocemos a través de citas literarias.

En el campo de las ciencias se le atribuye tradicionalmente la composición de un tratado sobre el astrolabio. Pero es curioso anotar que esa atribución no la dan ni el cadí Ibn Ṣāʿid ni Ibn al-Qifṭī y que sólo se encuentra en algunos tratados latinos de astrolabio. Mi maestro Millás, después de estudiar los aludidos textos latinos, pudo determinar que no proceden de un original de Maslama, sino que son obra de Ibn al-Ṣaffār [17]. Por tanto no

[13] Cf. M. Plessner, art. *Baṭlamiyūs* en *EI*, ²I, 1133-1135 y Sarton, *IHS*, I, 277.

[14] Cf. *RSO* 25 (1950), 8.

[15] Cf. *GALS*, I, 431.

[16] Cf. E. J. Holmyard, *Maslama al-Madjrīṭī and the Rutbatu l-Ḥakīm* «Isis» 6 (1924), 293-305. El Picatrix ha sido objeto de una nueva y reciente versión alemana debida a la pluma de H. Ritter y M. Plessner (Londres, 1962).

[17] J. M. Millás en *Las traducciones orientales en los manuscritos de la Biblioteca Catedral de Toledo* (Madrid, 1942), pp. 261-284 y 198-199 sospecha ya acerca de esa atribución. Pero es en *Los primeros tratados de astrolabio en la España árabe* (*RIEI* 3 (1955), 35-49 y 46-72 (texto árabe) en donde aclara definitivamente este problema bibliográfico. Sobre Ibn al-Ṣaffār cf. nota 34.

hay más remedio que tachar dicha obra de la bibliografía del madrileño. Pero éste, vamos a verlo en seguida, no estuvo al margen de los problemas teóricos planteados por dicho instrumento y que eran bien conocidos en la Córdoba contemporánea puesto que sabemos que el visir judío Ḥasday b. Šaprūṭ recibió de oriente un libro que explicaba la construcción de la esfera celeste (astrolabio esférico), cálculo empleado para esta construcción y modo de determinar el curso de los astros [18]. Estos datos pueden corresponder a cualquier tratado de astrolabio pero suponemos que en este caso se trata del libro del judío oriental Māšāllāh (muerto cerca del 815) [19] — autor además de un *Tratado sobre los eclipses* [20] — ya que su obra fue introducida en Europa en el siglo X a través de Ripoll y mucho más tarde fue objeto de una adaptación inglesa debida a pluma de Chaucer [21].

Pues bien: Maslama, basándose en Tolomeo y probablemente con conocimiento de la bibliografía oriental sobre el tema, escribió un tratadito sobre la construcción del astrolabio que nos ha conservado el manuscrito misceláneo de Vajda y que editamos, traducimos y comentamos en apéndice. En ese tratado encontramos la división típica de las obras del género: una primera parte dedicada a establecer las reglas necesarias para el trazado del cañamazo de las láminas y una segunda consagrada a dar las reglas para su manejo que el autor deduce a partir del teorema de Menelao *(al-šakl al-qaṭṭāᶜ)*. Esta última parte, aborda una serie de problemas destinados a solucionar el paso entre coordenadas celestes, ecuatoriales y horizontales, utilizando para la latitud el valor de 38° 30′ que corresponde a Córdoba. Para la solución de esos problemas emplea la trigonometría esférica, conocida en la época, manejando exclusivamente una tabla de senos y resolviendo sólo triángulos esféricos rectángulos.

[18] Cf. M. Steischneider, *Mathematik bei den Juden* (Berlin-Leipzig, 1893-1899 = Hildesheim, 1964), p. 63.

[19] Cf. *GALS*, I, 391-392; Sarton, *IHS*, I, 531; Suter, *Mathematiker...*, n° 8.

[20] Esta obra ha sido objeto de una traducción inglesa debida a Bernard Goldstein en «Physis» 6,2 (1964), 205-213.

[21] Cf. R. T. Gunther, *Chaucer and Messahalla on the Astrolabe* (Oxford, 1929); Sarton, *IHS*, III, 1421.

En el mismo manuscrito, sigue una tabla que tiene por título «Lugares de las estrellas fijas según las observaciones de Maslama b. Aḥmad, realizadas hacia el fin del año 367/978 de la héjira siguiendo el método de al-Battānī y teniendo en cuenta sólo las estrellas empleadas en la red del astrolabio». Esta tabla ha sido publicada por M. Destombes [22].

Maslama es además autor de una adaptación de las *Tablas pequeñas* de al-Juwarizmí al meridiano de Córdoba y a la héjira. Es éste un tema muy conocido y al cual han consagrado sus obras Suter [23], Neugebauer [24] y Millás *junior* [25] por lo cual no es necesario insistir aquí. Lo mismo puede decirse de la media docena escasa de tablas puestas a su nombre en la edición hecha por Nallino [26] de las *Zīŷ* de al-Battānī. Posiblemente son falsas pero se encuentran en la base de algunas de las *Tablas Toledanas* como ha demostrado Millás *senior* [27].

La traducción árabe del *Planisferio* fue traducida al latín por Herman Dálmata en 1143 y no por Rodolfo de Brujas como se creía hace algunos años [28]. Esta versión fue editada en 1536 en Basilea y, algo más tarde (1558), en Venecia con notas de F. Commadinus, quien conservó las notas de Maslama al texto griego. Esas notas fueron omitidas, en cambio, en la edición crítica de J. L. Heiberg: *Claudii Ptolemaei opera quae exstant omnia* (1907) y en la traducción alemana de J. Drecker [29]. Afortunadamente el texto árabe de las notas — introducido frecuentemente por una cita de Tolomeo — se nos conserva en el misceláneo de Vajda bajo el título de *Taᶜālīq ᶜalà kitāb Baṭla-*

[22] Cf. *Un astrolabe Carolingien et l'origine de nos chiffres arabes*, *AIHS*, 58-59 (1962), 24.

[23] *Die astronomischen Tafeln des Muḥammed ibn Mūsā al-Khwārizmī in der bearbeitung des Maslama ibn Aḥmed al-Madjrīṭī und der Latein übersetzung des Athelhard von Bath* (Cobenhavn, 1914).

[24] Cf nota 7.

[25] *El comentario de Ibn al-Muṯannā' a las tablas astronómicas de al-Jwārizmī* (Madrid-Barcelona, 1963).

[26] Cf. al-Băttānī, *Opus...*, II, 300-303.

[27] Cf. *Estudios sobre Azarquiel*, pp. 28-29

[28] Cf. Suter, *Mathematiker...*, p. 77.

[29] Publicada en «Isis» 9 (1927), 255-278.

miyūs fī saṭḥ basṭ al-kura [30] y un cotejo superficial con la traducción latina nos ha permitido ver que, en principio, ésta es fiel al original árabe.

Al mismo tipo de trabajo pertenecen las notas al teorema de Menelao, cuyo texto árabe parece perdido, que fueron publicadas y estudiadas a partir de su versión latina, por Axel Björnbo y H. Suter [31].

El magisterio científico de Maslama fue muy notable y el cadí Ibn Ṣāᶜid nos ha conservado noticia de sus principales discípulos. Tales, por ejemplo, Abū-l-Qāsim Aṣbag más conocido como Ibn al-Samḥ el cual escribió un tratado sobre el astrolabio: dividido en dos partes, la primera trataba de su construcción y la segunda de su uso y contenía ciento treinta capítulos [32]; escribió además unas *Tablas* según las teorías indias, y el *Libro de las láminas de los siete planetas* que fue traducido al castellano en *Los libros del saber de astronomía* [33]; otros discípulos fueron Abū-l-Qāsim Aḥmad, conocido como Ibn al-Ṣaffār [34]; Ibn al-Jayyāṭ, astrólogo citado con elogio en las *Memorias* del rey zirí ᶜAbd Allāh [35]; al-Kirmānī, quien se instaló en Zaragoza [36]; al-Zahrawī [37]

[30] Manuscrito árabe núm. 4821, fos 69 v-75, de la Biblioteca Nacional de París.

[31] *Thabits Werk über den Transversalensatz (liber de figura sectore)* (Erlangen, 1924), cf. pp. 23, 79 y 83.

[32] Cf. *Los primeros tratados...*, p. 48.

[33] Ed. de Rico Sinobas, III, 241-271: «De cuemo puede ell ome fazer una lámina a cada planeta segund que lo mostró el sabio Abulcacim Abnaçahm».

[34] Murió en 426/1034. Cf. Suter, *Mathematiker...*, núm. 196; Leclerc, *Médecine...*, I, 543; Ibn Ṣāᶜid, *Livre...*, p. 131; Ibn Abī Uṣaybiᶜa, II, 40; Ibn Baškuwāl, *Al-ṣila...*, núm. 83; Millás, *Los primeros tratados...* y *Assaig* pp. 28-48 en donde se encontrará el texto árabe y la traducción catalana del tratado de astrolabio.

[35] Cf. AL-ANDALUS 4 (1936-39), 43; Ibn Ṣāᶜid, *Livre...*, p. 153; Leclerc; *Médecine...*, I, 548; Ibn Abī Uṣaybiᶜa, II, 50; Suter, *Mathematiker...*, núm 224.

[36] Autor muerto en 458/1076. Cf. Suter, *Mathematiker...*, núm. 238; Leclerc, *Médecine...*, I, 544; Ibn Ṣāᶜid, *Livre...*, pp. 132-133; Ibn Abī Uṣaybiᶜa, II, 40.

[37] Cf. Suter, *Mathematiker...*, núm. 190; Sánchez Pérez, *Biografías...*, núm. 56; Leclerc, *Médecine...*, I, 544; Ibn Ṣāᶜid, *Livre...*, 131-132; Ibn Baškuwāl, *Al-ṣila...*, núm. 883; Ibn Abi Uṣaybiᶜa, II, 40.

e Ibn Jaldūn de Sevilla [38]. La difusión geográfica de sus discípulos permite creer que las obras de Maslama fueron conocidas muy pronto en todo al-Andalus, ejerciendo una fuerte influencia en el ulterior desarrollo y cultivo de las ciencias exactas en la Península.

APENDICE

Texto [39] y traducción del manuscrito árabe número 4821 de la Biblioteca Nacional de París fol. 76 *r* - 81 *v*.

[Fol. 76 *r*] فصل ليس من الكتاب من كلام مسلمة بن احمد قد ذكر
بطلميوس في هذا الكتاب كيف يرسم دائرة الافق والدوائر الموازية لها وهي
المقنطرات وكيف يرسم دائرة فلك البروج والدوائر الموازية لها وذكر كيف
يقسم دائرة فلك البروج على الدرج والبروج بوجهين ولم يذكر قسمه دائرة
الافق والدوائر الموازية لها وهذه الاقسام هي السموت فاما الوجه الواحد في
قسمة دائرة البروج فهو ان تعمل دوائر موازية لدائرة معدل النهار ببعد ميل
درجة درجة او ببعد ميل درجتين درجتين و تدير الدوائر فانها يجوز على
دائرة درج البروج وهو بتقريب عند الخروج الى الفعل و الوجه الثاني ان
تجيز خطوطا مستقيمة تمر على مركز دائرة معدل النهار و تجيزها من معدل
النهار على مطالع درجة درجة من الكرة المستقيمة فانها ستجوز من فلك البروج
على درج البروج وهواصح وفيها وجه ثالث وهو ان كل دائرتين عظيمتين تقع

[38] Autor muerto en 449/1057. Cf. Suter, *Mathematiker*, núm. 227; Sánchez Pérez, *Biografías...*, núm. 161; Leclerc, *Médecine* .., I, 544; Ibn Ṣā'id, *Livre...*, p. 133; Ibn Abī Uṣaybi'a, II, 41.

[39] Mantenemos en la transcripción las incorrecciones gramaticales que figuran en el original y omitimos las tablas y figuras, pues creemos que basta con la traducción y reproducción que damos en las pp. 44-45.

في الكرة فانها يتقاطع بنصفين فاذا عملنا على الكرة دائرة ثالثة عظيمة تتقاطع معهما في موضع تقاطعهما وتقسم ما بين الدائرتين بنصفين والقيت من قطبها قطعة من دائرة [fol. 76 v] عظيمة تقطع من الدائرتين الاولتين قوسين من التقاطع فانهما يكونان متساويتين و برهان ذلك ظاهر في الكرة وذلك ان دائرة ابج دائرة عظيمة تقع فى الكرة و قطبها نقطة ه وقد تقاطعت مع دائرة اخرى عظيمة على ظهرالكرة ايضا وهي دائرة ادج و قطبها نقطة ر وبينهما قوس بد على ربع دائرة من التقاطع وقد عملنا دائرة ثالثة عظيمة تتقاطع مع هاتين الدائرتين على نقطتى اج و هي دائرة احج و قد قسمت هذه الدائرة قوس بد بنصفين على نقطة ح وقطبها نقطة ط وقد قسم هذا القطب ما بين ه ور بنصفين ايضا ثم تلقى قوسا من قطب ط وهي قوس طكلم فاقول ان قوس اك مساوية لقوس ام برهانه ان كل واحدة من زاويتى الك الم قائمتان لان نقطة ط قطب دائرة الحج وكل واحدة من زاو يتى كام مال متساويتان لان قوس دح مساوية لقوس حب فلذلك قسمت قوس اح زاوية [fol 77 r] كام بنصفين وقوس ال مشتركة فقوس ام مساوية لقوس اك وذلك ما اردنا ان نبين .

واذ قد تبين ذلك فانا ندير دائرة فلك معدل النهار وهي دائرة ابج ومركزها ه ودائرة فلك البروج دائرة ادب وتقطع قوس ار وتجعلها مساوية لما بين المنقلبين وتصل رب فتصير نقطة ح قطبا لفلك البروج على ما بين بطليموس في هذا الكتاب فاذا قسمنا قوس ار بنصفين على نقطة م ونصل بم فيصير نقطة ط قطبا لدائرة عظيمة تتقاطع مع دائرة معدل النهار على نقطتى اب وتقسم ما بين المنقلبين بنصفين فاذا اخذنا دائرة معدل النهار قوسا من ثلثين درجة وهي قوس ال و من نقطة ب قوسا مثلها وهي قوس بن

وحططنا على هاتين القوسين قوسا تمر بنقطتى ل ن ونقطة ط وهي قوس لعطنف وجب ان تكون قوس اع برج الحمل وقوس بف برج الميزان وكذلك يقسم جميع الدائرة بدرجة درجة وذلك ما اردنا ان نبين .

واما قسمة دائرة الأفق بثلثمائة وستين جزاء [fol. 77 *v*] لمعرفة سمت الشمس في اي وقت اخذت قياسه فالعمل في ذلك كالعمل في دائرة البروج بالاوجه الثلثة فاما الوجه الاول فهو ان تعلم كم ميل دائرة افقك عن معدل النهار وذلك ان تنقص عرض البلد من تسعين ابدا فما بقي فهو ميل افقك على دائرة معدل النهار فتجعله بدل الاربعة والعشرين جزا التى هي ما بين المنقلبين فكانه قيل لك مال فلك البروج عن معدل النهار كذا و كذا كم يجب لكل درجة من درج البروج من الميل فاذا اخرج لك ذلك اخرجت دوائر موازية لمعدل النهار على تلك الاعداد التى خرجت لك فانها استقسم هذه الدوائر المتوازية لدائرة الافق على اعداد اجزائها الا ان خروج هذا الى الفعل فيه تقريب لما قد ذكرته قبل هذا في داخل هذا الكتاب والوجه الثاني ان نقول مال فلك البروج عن معدل النهار كذا و كذا كم مطلع درجة منه في الكرة المستقيمة فاذا حسبت ذلك اخرجت خطوطا مستقيمة تمر بمركز دائرة معدل النهار وبازمان المطالع في دائرة معدل النهار فانها تجوز من دائرة الافق على عدد اجزائها والوجه الثالث هو ما يقوم في الصورة المذكورة فعل هذا وذلك ان تجعل دائرة الافق دائرة ادلج وقطبها [fol. 78 *r*] نقطة ح على ان تجعل قوس ار مساوية لتمام عرض بلدك فتكون نقطة ح سمت الرؤوس في الصفيحة و تقسم ما بين قطبها و قطب فلك معدل النهار بنصفين . . . على نقطة ط وتقسم قوس ار بنصفين على م وتصل جم وتقطع في دائرة معدل النهار قوسا كم شئنا وهي قوس ال ومثلها جن وتجيز قوسا مثل قوس لع

طن ف فتكون كمية قوس اع من دائرة الافق ككمية ال من دائرة معدل النهار ومثلها قوس جف وكذلك تعمل لدرجة درجة ان استطعت على ذلك فاذا اكمل لك ذلك القيت قوسا من نقطة ع الى نقطة ف تمر بنقطة ح التى هي قطب الافق وكذلك تعمل بكل قسمين من الاقسام المتناظرة فيكون قسمة دائرة الافق والدوائر الموازية لها وهي المقنطرات على اجزائها ومعرفة مواضع الكواكب الثابتة في العنكبوت وذلك ان تعمل دائرة موازية لدائرة فلك البروج فيكون بعدها منه كمثل عرض الكوكب و في ناحية العرض ثم تمر قوسا بدرجة الكوكب من فلك البروج وبنظيرتها وبقطب فلك البروج فحيث قطعت القوس الدائرة الموازية لفلك البروج فهو موضع الكوكب ووجه اخر ايضا في وضعه وذلك ان نعلم بعد الكوكب من معدل النهار في دائرة [fol. 78 *v*] نصف النهار و نعلم الدرجة التى معها يتوسط الكوكب السماء فنمر خطا بمركز دائرة معدل النهار وبدرجة التوسط فحيث قاطع الخط الدائرة الموازية لمعدل النهار المرسومة على مثل بعد الكوكب من معدل النهار فهو موضع الكوكب ووجه ثالث وذلك ان نعلم مع اي درجة يطلع الكوكب لعرض مفروض من عروض البلدان ومع اي درجة يغرب لذلك العرض ثم تجعل الكوكب طالعا مع تلك الدرجة التى يطلع معها تقطعه من دائرة الافق المعمولة لمثل ذلك العرض المفروض و تجعله غاربا مع درجة الغروب فحيث تقا طعت قطعة دائرة الافاق فثم موضع الكوكب ومثال ذلك في النسر الواقع والعرض المفروض الاقليم تسعة وثلثون جزا و يطلع في ذلك العرض مع اثنى عشر جزا من العقرب فنضع قوسا من دائرة الافق على اثنى عشر جزا من العقرب كمثل قوس بح ويغرب مع اثنى عشر جزا من الدلو فتوقع قوسا على اثنى عشر جزا من الدلو غاربه كمثل قوس هدح فنقطة ن التى هي نقطة التقاطع هو موضع الكوكب في

الصفيحة وانما [fol. 79 r] مثلنا بالاعداد على التقريب لا بالحقيقة ان بتلك الاعداد تطلع و بها تغرب فعلى هذا تكمل لك ما اردت من صناعة ذات الصفائح والحمد لله كثيرا .

وهذه ابواب لا يستغنى من يروم عمل الاسطرلاب عنها واستسهلتها من الشكل القطاع .

من ذلك في معرفة استخراج مطالع البروج في الفلك المستقيم اذا اردت ذلك فتاخذ ميل اخر الجدي وتسقطه من تسعين وتاخذ جيب ما يبقى تحفظه ثم تاخذ جيب عدد درجات الجدي وهو ثلثون وتضربه في نصف القطر ابدا وتقسم ما اجتمع على الذي حفظت فما خرج لك قوسته فما كانت القوس هي مطالع الجدي ثم تاخذ ميل اخر الدلو وتنقصه من تسعين وتجعل ما يبقى جيبا وتحفظه ثم تاخذ جيب ستين وهو عدد درجات الجدي والدلو فتضربه في نصف القطر و تقسم ما اجتمع على الذي حفظت فما خرج فقوسه فتكون القوس مطالع الجدي والدلو وكذلك تعمل لدرجة درجة حتى تكمل البروج و كذلك لو اردت ان تقسم دائرة الافق على مطالع فلك مستقيم لعرض مفروض فتجعل تمام العرض المفروض كانه الميل كله وتستخرج به ميل درجة درجة حتى تعمل ذلك [fol. 79 v] الميل مطالع البروج كالعمل فوق هذا فتكون قد قسمت دائرة الافق على السموت كمثل قسمه دائرة فلك البروج وبرهان عمل المطالع ظاهر من الشكل القطاع .

معرفة بعد الكوكب من خط الاستواء تاخذ من اول الكوكب الجدي الى درجة الكوكب بدرج السوا وتطلب مثلها في مطالع الفلك المستقيم وتقوسها الى درج السواء فما خرج لك قسمه درجة الكوكب المعدلة فتاخذ ميلها فان كان الميل و عرض الكوكب فى جهة واحدة فاجمعهما وان اختلفا فانقص الاقل من

الاكثر فما بقى فسمه الحاصل واعرف جهته و هو في الناحية الاكثر ابدا ثم انقص الميل كله من تسعين واجعل ما بقى جيبا وسمه الاول واجعل الحاصل جيبا وسمه الثاني وانقص ميل درجة الكوكب المعدلة من تسعين واجعل ما بقى جيبا وسمه الثالث ثم اضرب الاول في الثاني واقسم ما اجتمع على الثالث فما خرج لك فقوسه فتلك القوس هي بعد الكوكب عن خطّ الاستواء في الجهة التى كان فيها الحاصل .

ومعرفة الدرجة التى معها يتوسط الكوكب السماء تاخذ ما بين درجة الكوكب المعدلة التى تقدم ذكرها [fol. 80 r] وبين اخر الجوزا اواخر القوس الى اي الموضعين كانت اقرب ليكون اقل من تسعين فاجعله جيبا وسمه الاول وتجعل البعد من خط الاستواء جيبا وسمه الثاني وتنقص بعد الكوكب من خط الاستواء من تسعين وتجعل ما بقى جيبا وسمه الثالث ثم يضرب الاول في الثاني وتقسم ما اجتمع على الثالث فما اخرج احذت ثلثة اثمانه ونصف فما خرج قوسه واحفظه ثم انظر الى درجة الكوكب المعدلة التى تقدم ذكرها فان كانت فيما بين اول الجدي الى اخر الجوزاء . . . بعده من خط الاستواء شماليا هذه القوس التى حفظت من درجة الكوكب المعدلة وان كان البعد جنوبيا زدتها عليها وان كان الكوكب فيما بين اول السرطان الى اخر القوس فبضد دلك في الزيادة والنقصان فما حصل لك بعد الزيادة او النقصان فهو بعد الكوكب من اول الجدي او اول السرطان بمطالع الفلك المستقيم فحولها الى مطالع درج السوا فما خرج فهى الدرجة التى معها يتوسط الكوكب السماء .

ومعرفة الدرجة التى معها تطلع لكوكب هوان تسقط نصف قوس نهار الكوكب مما بحيال درجة التوسط من درج مطالع الفلك المستقيم فان لم تكن

معك حملت دورا فما بقى معك طلبت مثله في جدول مطالع [fol. 80 *v*]
بلدك فى درج المطالع ثم ترده الى درج السوا فما خرج لك من درج السوا
فما تلك الدرجة تطلع الكوكب .

ومعرفة مع اي درجة يغرب الكوكب هو ان تزيد نصف قوس نهاره
على ما بحيال درجة التوسط من مطالع الفلك المستقيم فما اجتمع معك حوله
الى مطالع بلدك فما خرج لك فهو نظير درجة الغروب .

وهذا جدول لميل خمس درج خمس درج على ان الميل كله احد
وخمسون جزا ونصف وهو ارتفاع الحمل في كل بلد عرضه في الشمال ثمنية
وثلثون جزا ونصف وعمله ان تاخد جيب خمس درج وتضربه في جيب
ارتفاع الحمل وتقسم ما اجتمع على نصف القطر فما خرج فقوسه تكن القوس
ميل خمس درج من موضعي تقاطع دائرة الافق مع دائرة الحمل ثم تاخذ
جيب عشر درجات وتعمل به كعملك الاول تكون ميل عشر درجات وكذلك
تفعل الى تمام الربع وتقسم دائرة الافق على درجة هذا الميل لكنه يكون
تقريبا على ما ذكرت لك في داخل الكتاب و اقرب القسمة الى الصحة هو ان
تخرجه الى المطالع في الفلك المستقيم بالعمل المتقدم ثم تقسم دائرة الافق
بهذه المطالع كقسمتك دائرة البروج بمطالع الفلك المستقيم بخط نصف النهار
فاعلم .

TRADUCCIÓN [40]

[Fol. 76 *r*] [1] Capítulo que no pertenece al Libro [de Tolomeo] [Procede] de las palabras de Maslama b. Aḥmad. [3] En dicho Libro Tolomeo menciona el modo de trazar el círculo [4] del

[40] Los números volados indican las líneas en los respectivos folios del manuscrito.

horizonte y los círculos paralelos a éste, o sea los almucantarates, y el modo de trazar el círculo de la eclíptica y los círculos paralelos al mismo; explica también cómo se divide el círculo de la eclíptica en grados y signos por dos procedimientos, pero no explica el modo de dividir el [6] círculo del horizonte ni los

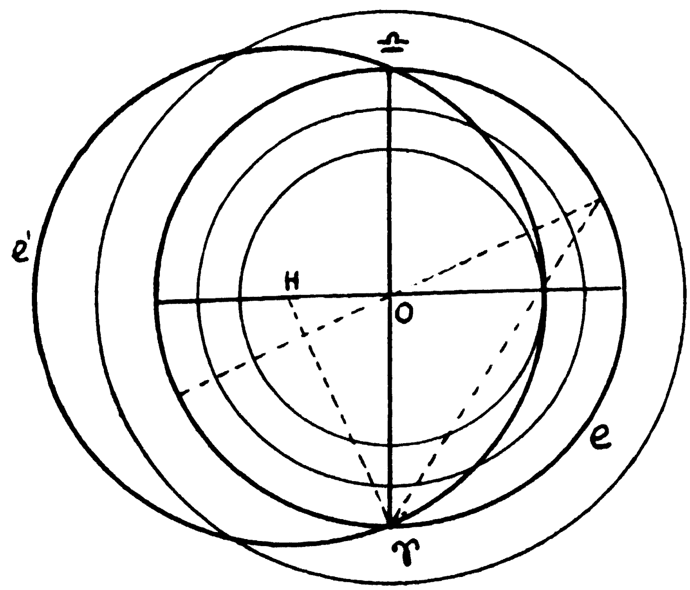

Fig. 1.

e, círculo del ecuador.
e', círculo de la eclíptica.

círculos paralelos al mismo. Estas divisiones son [7] los acimutes. En cuanto al ***primer procedimiento*** de división del círculo de la eclíptica [8] consiste en que consideres los círculos paralelos al círculo del ecuador en la zona que comprende la eclíptica, [9] grado a grado, o de dos en dos grados, y traces los círculos (fig. 1).

[10] Estos cortarán sobre los grados de la eclíptica. Esto es aproximado. [11] El ***segundo procedimiento*** consiste en que traces rectas perpendiculares [12] que pasen por el centro del círculo del ecuador y las proyectes [41] desde el ecuador [13] sobre las ascensio-

[41] Como se indica en la fig. 2, interpretamos que deben proyectarse, desde la intersección de una de las perpendiculares con el círculo del Ecuador, los

nes rectas de grado en grado. [14] Cortarán la eclíptica según los grados de la eclíptica (fig. 2). Es más exacto. [15] Existe un *tercer*

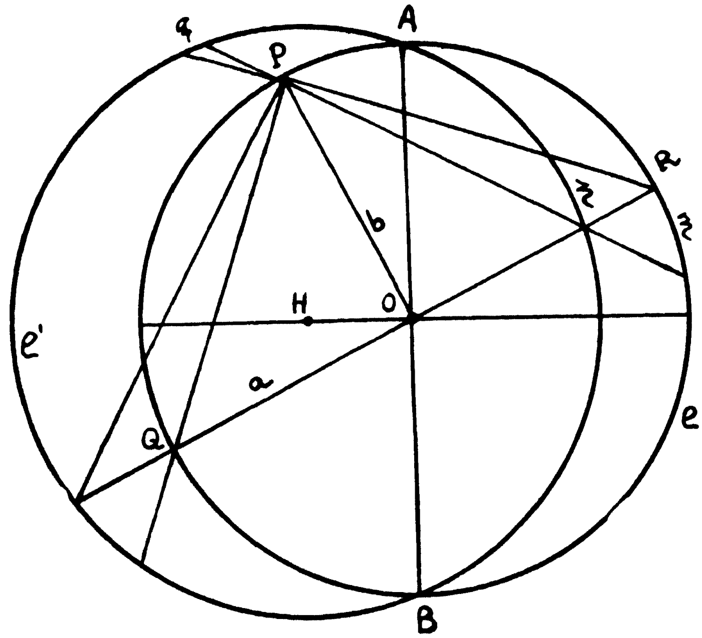

Fig. 2.

procedimiento: Dos círculos máximos de la esfera [16] se cortan en dos mitades. Si trazamos un tercer círculo [17] máximo que les corte en los puntos de su intersección y divida [18] la distancia entre ambos círculos por la mitad y trazas, pasando por el polo de este último círculo [fol. 76 *v*], [1] parte de un círculo máximo, éste los cortará en dos arcos que, a contar de su punto de intersección (A), [2] serán iguales. La prueba de esto es clara [3] según [la geometría de] la esfera. En efecto: El círculo ABΥ, círculo máximo de la esfera [4] tiene su polo en el punto H (fig. 3). Se corta con otro círculo máximo [5] en la superficie de la esfera, el

puntos de interseción de la otra con los círculos del Ecuador y de la Eclíptica; de esta forma se determinan arcos *m* y *n* sobre cada uno de ellos que difieren siempre en un arco muy pequeño *q*, exeepto cuando P coincida con A en cuyo caso será *m* = *n*.

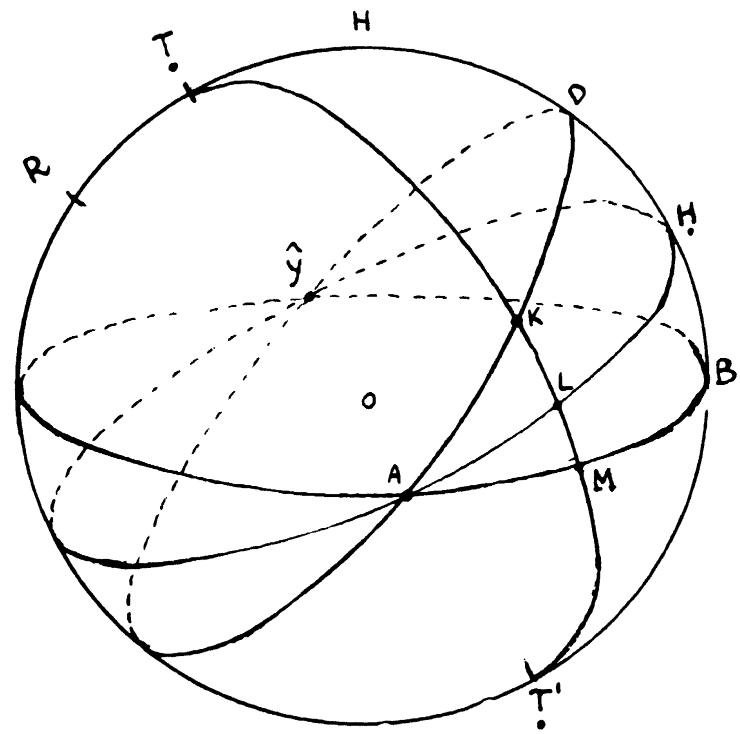

Fig. 3.

círculo ADŶ que tiene su polo [6] en el punto R. Entre ambos queda el arco BD que está sobre el cuadrante desde la intersección (de AB y BD). [7] Tracemos un tercer círculo máximo que corte a los otros dos [8] en los puntos A y Ŷ. Será el círculo AḤŶ. Este círculo por construcción dividirá [9] el arco BD en dos partes iguales en el punto Ḥ. Sea su polo el punto [10] Ṭ. Este polo dividirá también al arco HR en dos mitades. [11] Traza un arco desde el punto Ṭ. Sea ṬKLM. Digo que [12] el arco AK es igual al arco AM. Demostración: Los ángulos [13] ALK y ALM son rectos porque el punto Ṭ [14] es el polo del círculo ALḤŶ y cada uno [15] de los ángulos KAM y MAL (*sic.* leemos KAL y MAL) son iguales [16] puesto que el arco DḤ es igual al arco ḤB por construcción. [17] Así el arco AḤ dividirá [fol. 77 *r*] [1] al ángulo KAM en dos partes iguales; y el arco AL es común; el arco AM es igual [2] al arco AK y esto es lo que queríamos demostrar (fig 3').

[3] Demostrado esto trazaremos el círculo del ecuador, o sea

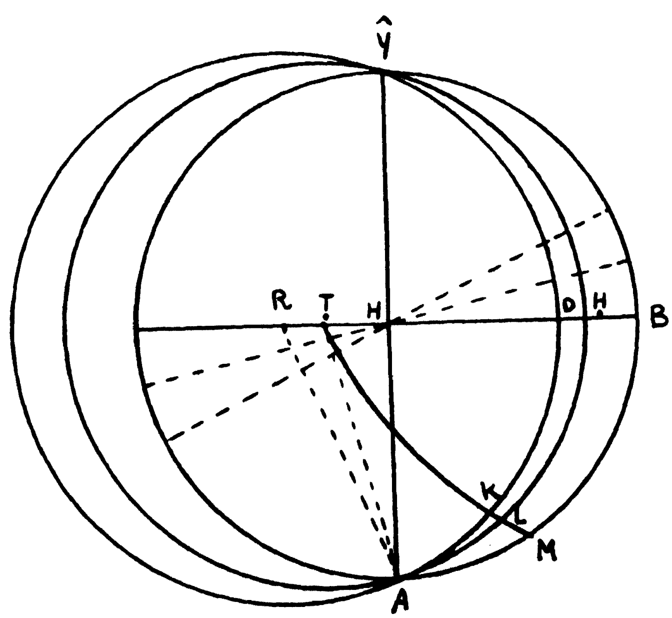

Fig. 3'

Esta figura representa la proyección estereográfica sobre el plano del ecuador, desde el polo Sur, de los arcos de la figura 3.

[4] ABŶ, con centro en H y el círculo de la eclíptica ADB (fig. 4). [5] Tomarás el arco AR (sobre el ecuador) igual a la distancia que hay entre los solsticios y unirás [6] R con B. El punto Ḥ será el centro de la eclíptica conforme explica Tolomeo en [7] este Libro. Si dividimos el arco AR en dos partes [iguales] en el punto M y [8] unimos B con M obtendremos el punto Ṭ que será el centro de un círculo máximo que cortará [9] al ecuador en los puntos A y B y dividirá la distancia entre los solsticios (*sic*, entendemos aquí la semidistancia entre los solsticios) en dos mitades. [10] Si sobre el círculo del ecuador tomamos un arco de 30° [11] o sea AL y desde el punto B otro arco igual BN y tomando los extremos [12] de estos arcos trazamos una circunferencia que pase por los [13] dos puntos L y N y el punto Ṭ, o sea [14] el arco

LOṬNF, el arco [15] AO corresponderá a Aries y el arco BF corresponderá a [16] Libra. De este modo dividirás el resto [17] del círculo de grado en grado. Esto es lo [18] que queríamos demostrar [42].

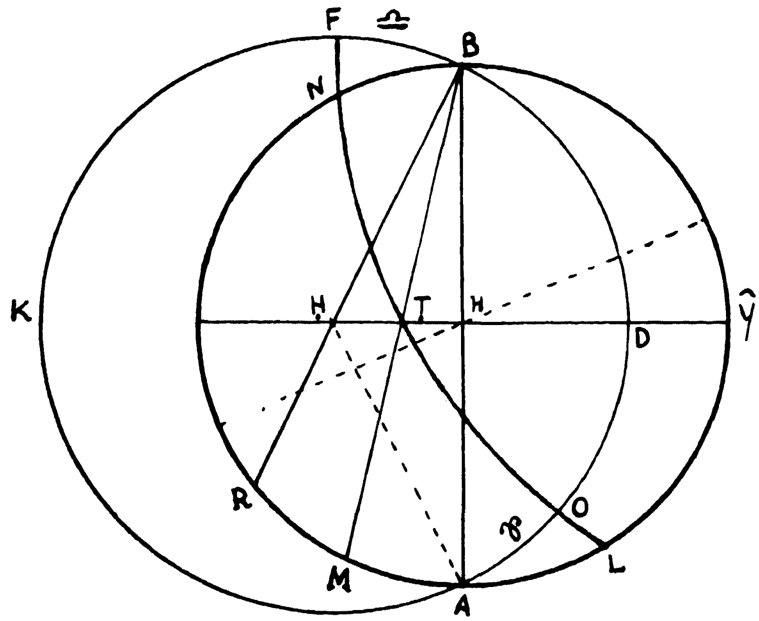

Fig. 4.

[19] La *división del círculo del horizonte* se hace en 360° [fol. 77 *v*] [1] para poder determinar el acimut del Sol en cualquier tiempo que quieras tomar su medida. Para realizar esta operación [2] hay, como en el caso de la eclíptica, tres procedimientos. [3] *Primer procedimiento:* Averiguarás la inclinación del horizonte respecto del [4] ecuador. Para ello restarás la latitud del lugar de 90° y la diferencia [5] será la inclinación que hay entre tu horizonte y el ecuador. Utilízalo en lugar de las 24 partes [6] que son las que hay entre los solsticios (*sic.* entre el solsticio y el ecuador), como si te dijera que MAL es la eclíptica [7] en

[42] La figura del texto, correspondiente a nuestra fig. 4, está equivocada. El punto Ḥ que dice es el centro de la eclíptica está mal determinado. El error proviene de que el arco AR que debería tomar igual a 2ε lo toma igual ε.

3

vez del ecuador, etc. (figs. 4 y 5). Y así cuanto sea necesario para cada grado [8] de la eclíptica (*sic.* se refiere aquí al círculo

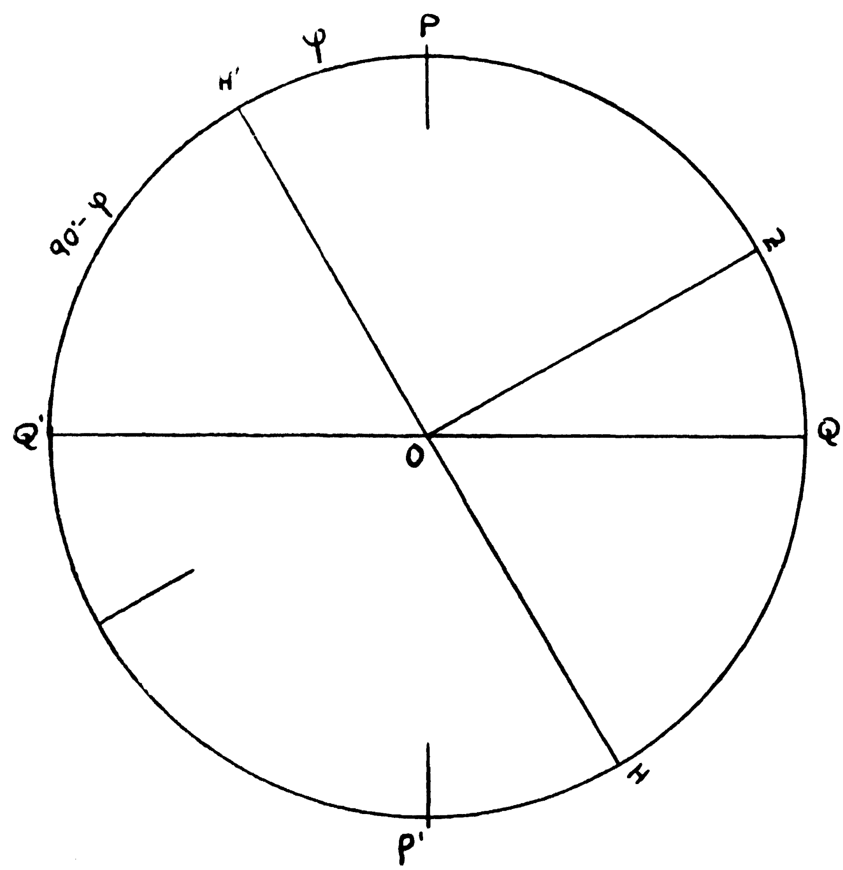

Fig. 5.

del horizonte). Una vez lo hayas obtenido, trazarás los círculos paralelos [9] al ecuador (fig. 6) y según los valores que obtengas (valor de la latitud), dividirás [10] estos círculos paralelos al horizonte según el número de sus partes. [11] Este procedimiento es aproximado según he dicho más arriba, en [12] este mismo Libro. *Segundo procedimiento:* Si llamamos MAL eclíptica [13] en vez de ecuador, etc. y así [procedes con] cuantas ascensiones grado a grado [14] en la esfera recta (el procedimiento que sigue es paralelo al explicado en fol. 76 *b*, 11-15). Si lo haces así obtendrás rectas [15] que pasarán por el centro del círculo del ecuador y según los tiempos de las ascensiones [16] en el círculo del ecuador determinaran en el círculo del horizonte, el número de [17] sus partes. *Tercer procedimiento*: Es el que está en la figura mencio-

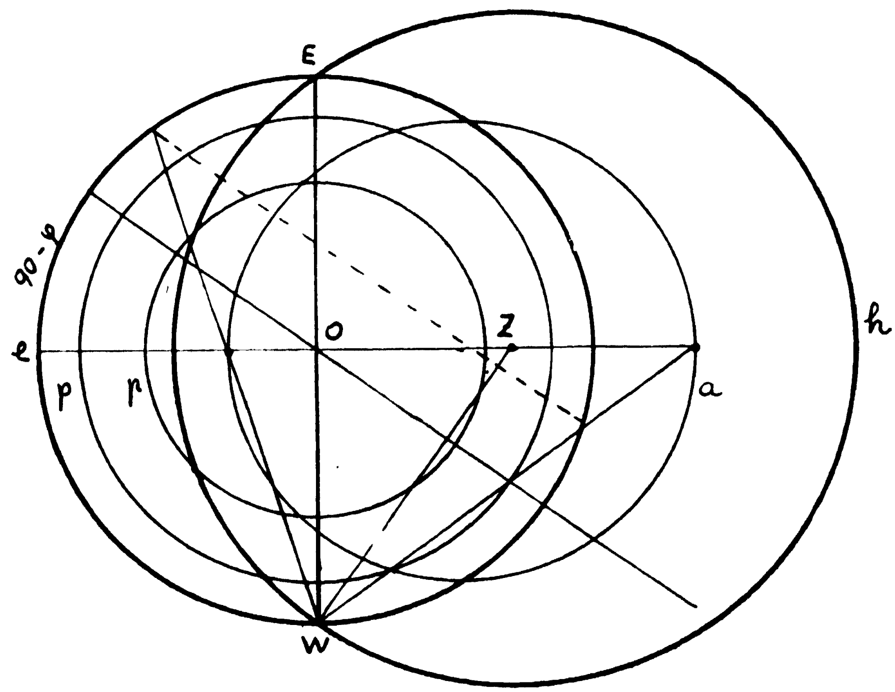

Fig. 6.

e, círculo del ecuador de centro O.
h, círculo del horizonte de centro Z.
a, almucantarates.
p, paralelos al ecuador.

nada [43]. [18] Haz esto y aquello. Tomarás como círculo del horizonte el círculo ADZŶ y como su centro [fol. 78 *r*] [1] el punto

[43] Se refiere seguramente a la figura del folio 77 *r*, líneas 3 a 18; pero no coinciden exactamente las letras con que designa los elementos a que hace referencia. De acuerdo con el texto hemos construido la figura adjunta, análoga a la mencionada. También aquí, si interpretando el texto a pie de la letra, tomáramos el arco AR igual a la colatitud del país, aparecería el mismo error que en la figura citada. Para que el punto H represente el centro del Ecuador, el arco AR debe tomarse igual al doble de la colatitud.

Ḥ (fig. 7); tomarás el arco AR igual al [doble del] complemento de la latitud de tu país [2] y el punto Ḥ representará el cenit de la lámina. Dividirás la distacia que hay entre el cenit [3] y el

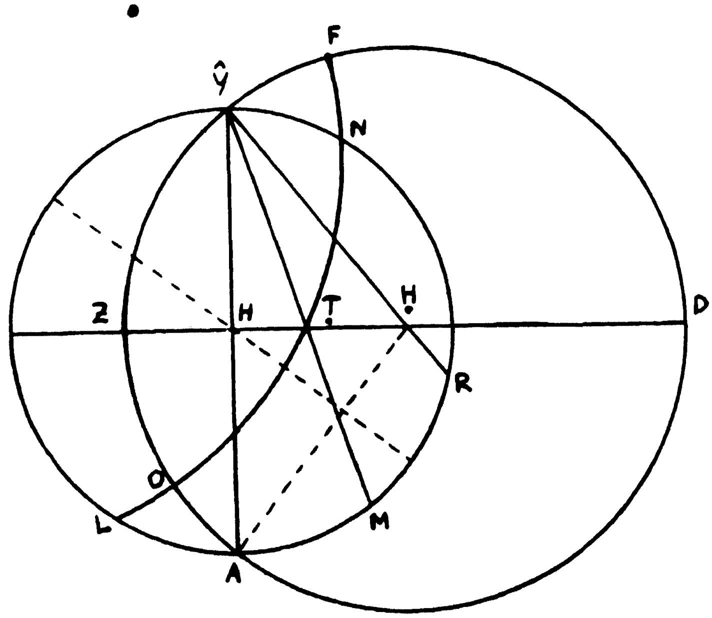

Fig. 7.

centro del ecuador en dos partes... en el punto Ṭ. Dividirás [4] el arco AR en dos partes [iguales] por el punto M. Unirás ŶM y cortarás el círculo del ecuador [5] en arcos del valor que queramos. Sea el arco AL, e idénticamente ŶN. Se trazará [6] un arco semejante al arco LOṬNF. El valor del arco AO sobre el arco [7] del horizonte, será el [valor del horizonte de acuerdo] con el valor AL del círculo del ecuador. Idénticamente el arco [8] ŶF, y así operarás de grado en grado si puedes hacerlo. [9] Cuando lo hayas terminado, trazarás un arco desde el punto O hasta el punto F [10] que pasará por el punto Ḥ, que es el polo de horizonte, y de idéntica forma operarás con cada dos [11] de las partes opuestas. Estas divisiones [44] serán las del círculo del horizonte y los círculos [12] paralelos a él, o almucantarates, según sus partes.

[44] Los arcos que pasan por el cénit Ḥ y que determinan con sus intersecciones con el Ecuador los almucantarates no se han dibujado para conservar la analogía de nuestra figura con la del autor.

13 Acerca del modo de conocer los lugares de las *estrellas fijas en la red.* 14 Para ello trazarás círculos paralelos al de la eclíptica cuya 15 distancia a la misma sea igual a la latitud celeste

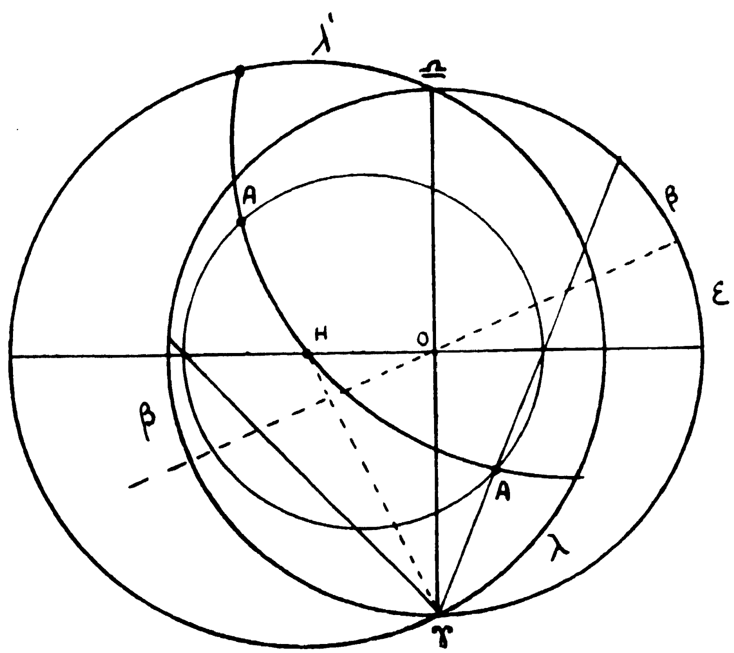

Fig. 8.

de la estrella y tenga su mismo sentido. Después 16 traza un arco que pase por el grado de longitud celeste que tiene la estrella, (λ) por el opuesto, y por el polo 17 de la eclíptica (H); el lugar en que corte este arco el círculo de latitud celeste (A), 18 ese será el lugar que ocupa la estrella (fig. 8).

Existe también *otro procedimiento* para colocar las estrellas. 19 Consiste en averiguar la distancia de la estrella al ecuador contada sobre [fol. 78 *v*] 1 el meridiano y averiguar el grado con el cual culmina la estrella en el cielo y trazar 2 una recta que pase por el centro del círculo del ecuador y el grado de la culminación (G). El lugar en que 3 la línea corte el círculo paralelo al ecuador que está dibujado a esa misma distancia 4 de la estrella al ecuador, estará el lugar de la estrella (fig. 9).

[5] Existe un *tercer procedimiento:* Consiste en saber con que grado sale la estrella [6] en la latitud dada, y con que grado se pone en esa latitud. [7] Tomarás la estrella como si fuese el ascen-

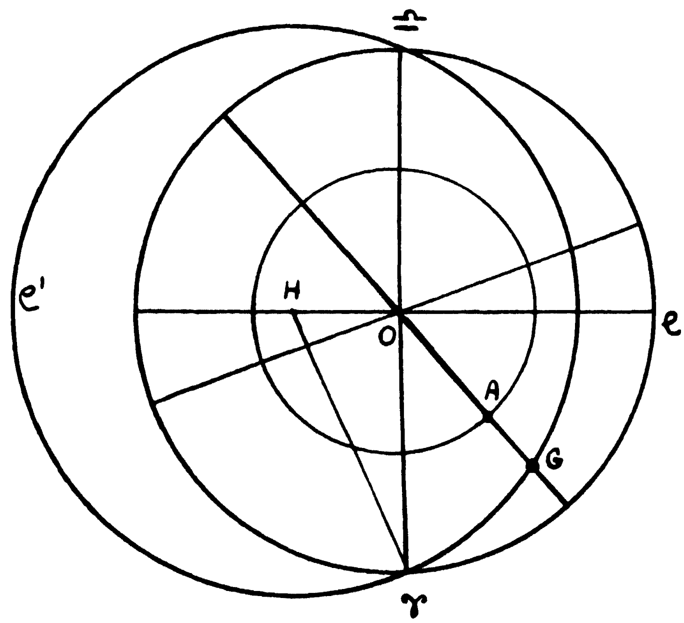

Fig. 9.

dente, con ⌊el mismo valor del⌋ grado con que [8] sale. Lo restarás del horizonte empleado en aquella [9] latitud dada y lo tomarás como descendente, con [el mismo valor del grado descendente]. [10] Donde se corten los fragmentos de los círculos de los horizontes, allí estará el lugar de la estrella. [11] Ejemplo: Tomemos Vega, y sea la latitud del lugar [12] 39°. La estrella sale para esta latitud con 12° grados de Escorpión. [13] Tracemos un arco desde el círculo del horizonte a los 12° de Escorpión, o sea [14] el arco BH; (fig. 10) se pone con los 12° de Acuario. Se trazará un arco desde los 12° de Acuario, su ocaso, [16] o sea el arco HDḤ (*sic.* leemos HNḤ). El punto N, [17] el lugar en que se cortan [los dos horizontes], es el lugar [18] de la estrella en la lámina. [Fol. 79 *r*] [1] Nuestro ejemplo numérico es sólo aproximado, no es exacto, ya que los valores [2] de la ascensión y descensión tam-

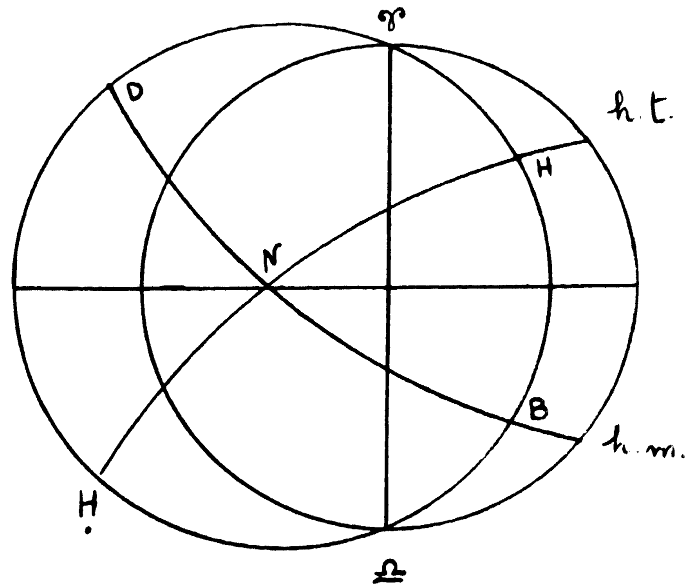

Fig. 10.

h. m. horizonte mañana.
h. t. horizonte tarde.

bién lo son [45]. De este modo completarás, según desees la construcción [3] del astrolabio, loado sea Dios.

[4] ***Capítulos de los que no puede prescindir quien quiera utilizar*** [5] el astrolabio. Los he deducido a partir del Teorema de Menelao. [6] Entre ellos está: obtener [7] la ***ascensióu recta*** [α] ***del principio de cada signo.*** [8] Para ello, toma la declinación del fin de Capricornio y réstala de 90°. [9] Toma el seno de la diferencia y guárdalo. Luego toma el seno del número de grados de Capricornio, [10] o sea 30° y multiplícalo siempre por el radio. Divide el producto por lo [11] que guardaste. Busca el arco de lo que obtengas (seno). Ese arco será la ascensión [recta] de [12] Capricornio. Toma a continuación la declinación del fin de Acuario; réstala de 90°. Toma [13] el seno de la diferencia y guárdalo. Lue-

[45] Por haber considerado en el ejemplo la estrella Vega, cuya ascensión recta es aproximadamente de 18 h, los dos arcos de horizonte se cortan en un punto de la recta que contiene los polos de la eclíptica y el Ecuador. Para un caso no tan particular como el del ejemplo desaparecería la simetría de la figura.

go toma el seno de 60, que es el número de grados de [14] Capricornio y Acuario. Mutiplícalo por el radio. Divide el producto

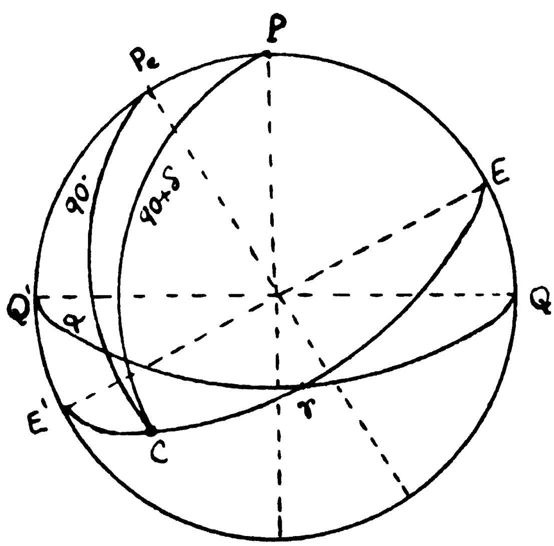

Fig. 11.

En el triángulo PPeC se verifica

$$\text{sen } \alpha = \frac{\text{sen } 30^\circ.\ R}{\text{sen } (90 + \delta)}$$

[15] por lo que guardaste. Busca el arco de lo que obtengas. Ese arco será la escensión [recta] de Capricornio [16] y Acuario. Así operarás, grado a grado, hasta completar la eclíptica [46] (fig. 11).

[17] Idénticamente: si quisieras *dividir el círculo del horizonte según las ascensiones rectas* [18] para una latitud determinada, opera con la colatitud dada como si fuera [19] la declinación máxima y obtén con ella la declinación, grado a grado, para operar con esa [fol. 79 v] [1] declinación [como si se tratara de hallar] las ascensiones [rectas] de los signos conforme al procedimiento [expuesto] encima. Así habrás dividido [2] el círculo del horizonte en acimutes de modo similar al círculo de la eclíptica. [3] La demos-

[46] Para resolver este problema se considera como origen de las ascensiones rectas el principio de Capricornio.

tración del procedimiento de las ascensiones es inmediata a partir del teorema de Manelao.

4 Determinación de la *distancia del astro al ecuador*. 5 Tomarás [la distancia] desde el principio de la constelación de Capricornio hasta el grado del astro en grados de la eclíptica. 6 Busca la misma cantidad en los coascendentes de la esfera recta y transfórmala en grados 7 iguales, y lo que te salga, llámalo grado igualado del astro. Toma 8 su declinación. Si la declinación y la latitud del astro tuviesen el mismo sentido 9 súmalas. Si fuese distinto, resta el menor del mayor y lo que quede 10 llámalo [arco] obtenido. Averigua su sentido que estará siempre en el hemisferio del mayor. 11 Luego resta la oblicuidad de la eclíptica de 90°. Busca el seno de la diferencia y llámalo 12 primero. Busca el seno del obtenido y llámalo segundo. Resta [la declinación del] el grado igualado 13 del astro de 90°. Busca el seno de la diferencia y llámalo tercero. 14 A continuación multiplica el primero por e segundo y divide el producto por el tercero. De lo que te salga 15 [busca] su arco [en una tabla de senos]. Esa será la distancia del astro al ecuador. Tendrá el 16 mismo sentido que tenga el [arco] obtenido [47].

17 Determinación del *grado [de la eclíptica] con que culmina el astro en el cielo*. 18 Tomarás la distancia que hay entre el grado igualado del astro antes mencionado [fol. 80 *r*] 1 y el fin de Géminis o el fin de Sagitario, de aquel de los dos que esté 2 más próximo, de tal modo que [esa distancia] sea menor de 90°. Busca su seno y llámalo primero. 3 Toma el seno de la distancia [48] desde el ecuador y llámalo segundo. Resta 4 la distancia del astro al ecuador de 90° y busca el seno de la diferencia. 5 Llámalo tercero. Multiplica el primero por el segundo y divide el producto por 6 el tercero. Toma tres octavos y medio de lo que salga. Busca 7 el arco del resultado y guárdalo. Fíjate en el grado igualado del astro antes mencionado. 8 Si estuviera entre el prin-

[47] Cf. J. Vernet y J. J. de Orús, *Transformación de coordenadas astronómicas entre los árabes*. «Gaceta Matemática» 1ª serie. Tomo II, nº 3, 1950.

[48] Aquí entendemos que se refiere al arco obtenido, o sea la suma de la declinación del astro igualado y la latitud del astro.

cipio de Capricornio y el fin de Géminis... [9] y su distancia al ecuador [fuese] septentrional (resta) este arco que [10] guardaste, del grado igualado del astro. Si la distancia fuese meridional [11] súmalo. Si el astro estuviese desde el principio del Cangrejo hasta el fin de [12] Sagitario, [haz] lo contrario de esto, tanto en la suma como en la resta. Lo que te salga después de [13] la suma o de la resta, esa es la distancia del astro desde el principio de Capricornio o el principio [14] del Cangrejo [expresada] en coascendentes de la esfera recta. Transfórmalo en coascendentes de grados de la [15] eclíptica. Lo que salga será el grado con que culmina el astro en el cielo [49].

[16] Determinación del grado con el cual sale el astro. [17] Restarás el arco semidiurno del astro, del grado [18] de culminación, en ascensión recta, que le corresponda. [Fol. 80 *v*] [1] Si no pudieras efectuar la operación suma una circunferencia. Busca la diferencia en la tabla de las ascensiones oblícuas [α_Q]. [2] Transforma este último valor en grados iguales. Con este grado [3] igual saldrá el astro.

[4] Determinación del grado con el cual se pone el astro: [5] Sumarás el arco semidiurno del astro al grado de culminación que le corresponda [6] en ascensiones rectas. La suma que obtengas transfórmala en ascensiones oblícuas [α_Q]. Lo que te salga, éste será el grado de la puesta.

[49] Loc. cit. Si en la figura del citado artículo llamamos *d* del arco HX, del triángulo QPA, resulta:

$$\text{sen } A = \frac{\text{sen } \varepsilon \text{ sen } d}{\text{sen } (90\text{-}\delta)} \qquad (1)$$

y del triángulo ABC resulta:

$$\text{sen } A = \frac{\text{sen } \widehat{BC}}{\text{sen } (\beta + \beta')} \qquad (2)$$

y eliminando *sen A* entre (1) y (2), obtenemos la fórmula del texto:

$$\text{sen } \widehat{BC} = \frac{\text{sen } (\beta + \beta') \text{ sen } d \text{ sen } \varepsilon}{\cos \delta}$$

en la que el seno de la oblicuidad de la eclíptica se tomaría con valor de «tres octavos y medio».

[8] Esta es una tabla de inclinaciones de cinco en cinco grados a base de considerar la inclinación máxima de [9] 51° 30′ o sea la [máxima] altura del punto Aries en todo lugar cuya [10] latitud norte sea de 39° 30′. Opera [11] tomando el seno de 5° y multiplícalo por el seno de la altura de Aries. [12] Divide el producto por el radio. Busca el arco que le corresponde [a dicho seno]. [13]Ese arco será la inclinación de 5° a contar de los puntos en que

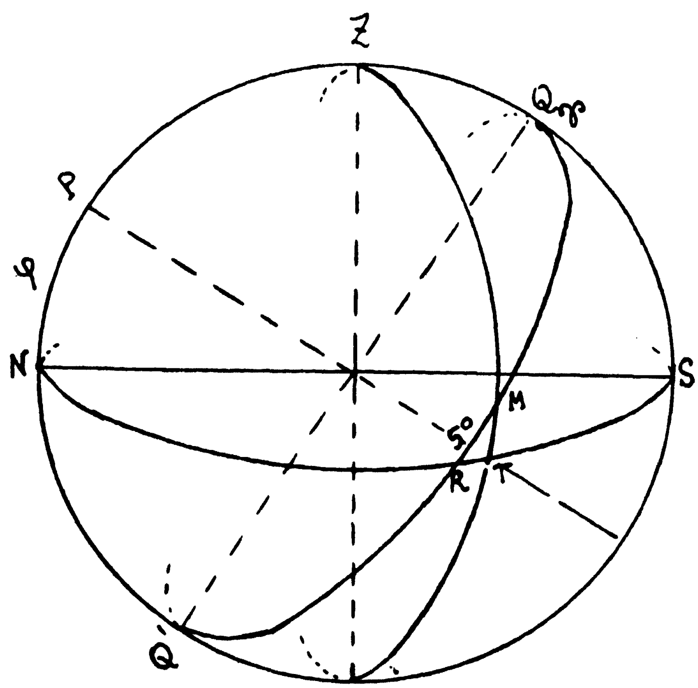

Fig. 12.

$\gamma S = 90^{\circ} - 38^{\circ}\,30' = 51^{\circ}\,30'$

En el triángulo RTM se verifica:

$\text{sen}\ MT = \text{sen}\ 5^{\circ}.\ \text{sen}\ 51^{\circ}\,30'$

se cortan el círculo del horizonte [14] con el círculo de Aries (*sic*, círculo del ecuador). A continuación toma el seno de 10° y opera con él [15] del mismo modo que operaste antes: obtendrás la inclinación de 10°. Así operarás hasta [16] terminar el cuadrante. Dividirás los grados del horizonte según los grados de dicha inclinación. [17] Pero este es un procecimiento aproximado tal como te he dicho anteriormente en este mismo escrito (fig. 12).

[Fol. 81 *r*] [1] Pero la más exacta división consiste en que obtengas las ascensiones [2] rectas [α] por el procedimiento anterior. A continuación dividirás el círculo del horizonte con estos valores del mismo modo como dividiste la eclíptica con las ascensiones rectas, por medio del meridiano. Compréndelo.

TABLA [50] PARA LA LATITUD DE 38° 30′

Grados del horizonte	Inclinación de cinco en cinco grados		
	Grados	Minutos	Segundos
5	3	54	40
10	7	48	38
15	11	41	2 *(sic)*
20	15	31	32
25	19	18	52
30	23	2	10
35	26	40	21
40	30	12	9
45	33	36	5 *(sic)*
50	36	50	8
55	39	52	29 *(sic)*
60	42	40	9
65	45	10	33 *(sic)*
70	47	20	34
75	49	6	13 *(sic)*
80	50	25	8 *(sic)*
85	51	13	38 *(sic)*
90	51	30	5

50 Sobre esta tabla cf. los dos últimos párrafos de la traducción.

[Fol. 81 *v*] TABLA DE LOS LUGARES DE LAS ESTRELLAS FIJAS SEGÚN LAS OBSERVACIONES DE MASLAMA B. AḤMAD REALIZADAS A FINES DEL AÑO 367 (*sic*) / 977 SEGÚN EL MÉTODO DE AL-BATTĀNĪ. SON LAS ESTRELLAS QUE SE COLOCAN EN EL ASTROLABIO.

Nombre de la estrella	Longitud	Latitud	Sentido	Mediación	Dist. ec.	Sentido
Ra's al-Gūl (β Persei).	42° 20′	23° 0′	N	—	—	—
al-Dabarān (α Tauri).	5 20	0 10	S	56° 34′	14° 12′	N
Riŷl al-Ŷawzā' (β Orionis).	62 30	31 50	S	68 15	10 29	S
al-ʿAyyūq (α Auriga).	67 40	22 30	N	62 55	43 50	N
Mankab al-Ŷawzā' (α Orionis).	74 40	16 0	S	76 21	6 48	N
al-ʿAbbūr (α Canis Majoris).	90 20	39 10	S	90 20	10 35	S
al-Gumayṣa (α Canis Minoris).	102 0	16 10	S	100 40	6 56	N
Muqaddam al-Ḏirāʿayn (α Hydrae)	130 20	16 0	S	125 49	2 25	N
Qalb al-Asad (α Leonis).	135 40	0 10	S	134 20	16 26	N
Ṭarf ḏanab al-asad (β Leonis).	156 40	11 50	N	161 40	20 4	N
Qā'id banāt naʿš (η Ursae Majoris)	162 0	55 0	N	197 35	55 30	N
al-Simāk al-Aʿzal (α Virginis).	188 20	2 0	N	187 30	5 10	S
al-Simāk al-Rāmiḥ (α Bootes).	189 40	31 30	S	203 52	24 56	N
Munīr al-Fakka (α Corona).	207 20	44 30	N	—	—	N
Qalb al-ʿaqrab (α Scorpii).	235 20	4 0	S	234 18	23 5	S
al-Nasr al-wāqiʿ (α Lyrae).	270 0	62 0	N	270 0	38 25	N
al-Nasr al-ṭā'ir (α Aquilae).	286 30	29 10	N	283 18	6 25	N
Ra's al-Ḥāwī (α Ophiucus).	—	—	—	294 0	13 30	N
al-Ridf (α Cygni).	321 50	60 0	N	299 44	42 4	N
Mankab al-Faras (β Pegasi).	344 50	31 0	N	331 30	22 29	N
al-Kaff al-ḫaḍīb (β Cassiopeia).	347 —	29 0	N	—	—	N

Fin de los párrafos que se necesitan para operar con el astrolabio, añadidos por Maslama b. Aḥmad.

J. VERNET Y M. A. CATALÁ.