COL·LECCIÓ
HOMENATGES 43

Homenaje a Mercè Comes. Coordenadas del Cielo y de la Tierra

Mònica Rius Piniés
Susana Gómez Muns (coords.)

Universitat de Barcelona

COLLECCIÓ
HOMENATGES 43

Homenaje a Mercè Comes

Homenaje a Mercè Comes.
Coordenadas del Cielo y de la Tierra

Mònica Rius Piniés
Susana Gómez Muns (eds.)

Universitat
de Barcelona

© Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona
Adolf Florensa, s/n
08028 Barcelona
Tel.: 934 035 430
Fax: 934 035 531
www.publicacions.ub.edu
comercial.edicions@ub.edu

Depósito legal B-8.499-2014

Esta publicación ha recibido el apoyo de una Acción Complementaria del Ministerio de Ciencia e Investigación («Islamic Science – Homage to Professor Mercè Comes» FFI2010-11495-E), del Grup Millàs Vallicrosa de Història de la Ciència Àrab (AGAUR SGR2009-497), de la Facultad de Filologia de la Universitat de Barcelona y de la Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica del Institut d'Estudis Catalans.

Queda rigurosamente prohibida la reproducción total o parcial de esta obra. Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño de la cubierta, puede ser reproducida, almacenada, transmitida o utilizada mediante ningún tipo de medio o sistema, sin autorización previa por escrito del editor.

Sumario

Presentación 9

1. Al-Ṣufī como fuente del libro de la «Ochaua Espera» de Alfonso X
[*Ochava espera y Astrofísica. Textos y estudios sobre las fuentes árabes de la astronomía de Alfonso X*, Barcelona, 1990, pp. 11-113] 13
2. Un procedimiento para determinar la hora durante la noche en la Córdoba del siglo X
[*Revista del Instituto Egipcio de Estudios Islámicos*, 26, Madrid, 1993, pp. 263-272] 113
3. La primera tabla de estrellas documentada en al-Ándalus
[J.M. Camarasa, H. Mielgo, A. Roca (eds.), *I Trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, Barcelona, 1994, pp. 95-105] 123
4. À propos de l'influence d'al-Zarqālluh en Afrique du Nord: l'apogée solaire et l'obliquité de l'écliptique dans le *zīdj* d'Ibn Isḥāq
[*Actas del II Coloquio Hispano-Marroquí de Ciencias Históricas: Historia, Ciencia y Sociedad*, Agencia Española de Cooperación Internacional, Instituto de Cooperación con el Mundo Árabe, Madrid, 1992, pp. 147-159] .. 139
5. Deux échos andalus à Ibn al-Bannā' de Marrākush
[*Patrimoine Andalous dans la Culture Arabe et Espagnole, Centre d'Études et de Recherches Économiques et Sociales*, Université de Tunis, Tunis, 1991, pp. 81-94] 153
6. The accession and recession theory in al-Andalus and the north of Africa
[J. Casulleras, J. Samsó (eds.) *From Baghdad to Barcelona*, Anuari de Filologia, Universitat de Barcelona / Instituto Millás Vallicrosa de Historia de la Ciencia Árabe, Barcelona, 1996, pp. 349-364] 167
7. Ibn al-Hā'im's Trepidation Model
[*Suhayl. Journal for the History of the Exact and Natural Sciences in Islamic Civilisation* 2 (2001), pp. 291-408] 181

8. Some new Maghribī sources dealing with trepidation
[S. M. Razaullah Ansari (ed.), *Science and Technology in the Islamic World*, Brepols, col. De diversis artibus 64. Liege, 2002, pp. 121-141] 299
9. Con Rosa Comes. Los cuadrados mágicos matemáticos en al-Andalus. El tratado de Azarquiel
[*Al-Qanṭara: Revista de Estudios Árabes* 30:1 (2009), pp. 137-169]..... 323
10. Umayya b. 'Abd al-'Azīz
[*Encyclopaedia of Islam*. New edition, vol. x, Brill, Leiden, 2000, pp. (836-837)]..... 357
11. Alfonso X's Armillary Sphere
[Paper read at the XXII International Congress on the History of Science, Beijing, 2005]..... 361
12. The «meridian of water» in the tables of geographical coordinates of al-Andalus and North Africa
[*Journal for the History of Arabic Science*, 10 (1994), pp. 41-51] 377
13. Islamic geographical coordinates: al-Andalus' contribution to the correct measurement of the size of the Mediterranean
[*Science in Islamic Civilization, Studies and Sources on the History of Science*, Istanbul, 2000, pp. 123-138] 389
14. Les localités du Maghreb et le méridien d'eau dans le *Tādj al-azyādj* d'Ibn Abī l-Shukr al-Maghribī
[*Actes du 7e Colloque Maghrébin sur l'Histoire des Mathématiques Arabes*, Marrakech, 2005, pp. 81-95] 405
15. La cartografia a Mallorca i a Barcelona
[J. Vernet, R. Parés (eds.), *La ciència en la història dels Països Catalans*, vol. 1: *Dels àrabs al Renaixement*, Institut d'Estudis Catalans / Universitat de València, València, 2004, pp. 515-573] .. 419
16. Les terres de l'interior en la cartografia de Mallorca i Barcelona
[Cicle de conferències *La terra i el medi*, Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 2005, pp. 113-138] 479
17. La cartografia nàutica àrab en el context mediterrani (*c.* 1300-1600). Un projecte en marxa
[*Drassana: Revista del Museu Marítim de Barcelona* 17 (desembre 2009), pp. 82-93] 505

Presentación

El presente volumen reúne lo más fundamental de la producción científica de Mercè Comes (8.5.1949 – 26.2.2010), resultado de su investigación a lo largo de más de veinte años, desde 1990 hasta la fecha de su prematura muerte. Muchos de estos trabajos aparecieron en actas de congresos y otro tipo de reuniones científicas de difícil acceso, por lo que resulta útil reeditarlos. En unos casos hemos escaneado y reproducido, tal cual, las publicaciones originales, mientras que, en otros, la escasa calidad de los materiales de que disponíamos nos han obligado a maquetar los textos y a presentar una nueva edición de los mismos. En este último caso, si bien no se ha mantenido la paginación original, hemos indicado con una doble barra inclinada (//) en el texto dónde empezaba cada página. En este tipo de textos aparece, a pie de página, un doble número: el de la paginación correlativa del volumen y, entre corchetes ([ ]), el de la paginación original.

La investigación de Mercè aparece en este libro con los siguientes ejes temáticos:

1) Un extenso estudio de los cuatro libros de las estrellas fijas con los que se abren los *Libros del Saber de Astronomía* de Alfonso X el Sabio (n.º 1). En un principio Mercè partió de la base de que la obra alfonsí era una traducción de la Uranografía de al-Ṣūfī, pero un estudio comparativo del texto árabe, en la mala edición de Hyderabad, y de la obra alfonsí, en la, también mala, edición de Rico y Sinobas, le hizo llegar a la conclusión de que los cuatro *Libros de la Ochava Espera* eran una obra original, en la que intervinieron diferentes colaboradores del rey Alfonso, mal coordinados entre sí y sin que interviniera un editor encargado de la revisión del texto final. La Uranografía de al-Ṣūfī fue una de las fuentes utilizadas pero, desde luego, no la única.

2) Dos trabajos (n.os 2 y 3) en torno al *Kitāb al-hay'a* del cordobés Qāsim b. Muṭarrif al-Qaṭṭān (mediados del siglo X), que constituye el texto astronómico andalusí más antiguo conservado. Aquí Mercè se interesa por un curioso reloj de candela descrito en el texto que coincide casi exactamente con otro instrumento similar atribuido, erróneamente, a Ibn Yūnus (m. 1009). La obra de Qāsim contiene asimismo una tabla de dieciséis estrellas con valores calculados para la latitud de Córdoba (arco diurno y grado de la eclíptica que cruza el horizonte simultáneamente con la estrella). Con este último trabajo, Mercè vuelve a interesarse por el tema de las coordenadas estelares a las que dedicó tantos esfuerzos en el artículo n.º 1.
3) Un tercer gran bloque de trabajos está constituido por los artículos 4-8, en los que Mercè estudia la obra de Azarquiel (m. 1100) y su influencia en al-Andalus y el Magrib. Se trata, fundamentalmente, del análisis de los descubrimientos del astrónomo toledano en torno al movimiento del apogeo solar, su modelo cíclico que permite calcular el valor de la oblicuidad de la eclíptica para una fecha determinada y, sobre todo, su estudio de la teoría de la trepidación de los equinoccios. Aquí hay que llamar especialmente la atención sobre el extenso artículo n.º 7, en el que Mercè edita y comenta todos los pasajes relativos a la trepidación en el *al-Zīŷ al-kāmil fī l-Ta'ālīm* del astrónomo Ibn al-Hā'im al-Išbīlī (*fl.* 1205), una obra importantísima para la historia de la astronomía andalusí en la que se conserva la primera descripción en árabe del modelo de trepidación de Azarquiel.
4) El interés por Azarquiel llevó a Mercè a publicar, en colaboración con su hermana Rosa, el artículo n.º 9, sobre los cuadrados mágicos en al-Andalus, tal como aparecen en un tratado de Azarquiel sobre la fabricación de talismanes.
5) En su tesis doctoral[1] Mercè había editado y analizado el tratado sobre el ecuatorio de Abū l-Ṣalt de Denia, y la *Encyclopaedia of Islam* le encargó redactar la entrada sobre este autor. Valga esto como ejemplo de la labor de alta síntesis que llevó a cabo la autora durante buena parte de su vida y que le hizo redactar múltiples artículos, sobre todo para la *Enciclopedia de al-Andalus* y para la *Biographical Encyclopaedia of Astronomers*.

1. *Ecuatorios andalusíes: Ibn al-Samḥ, al-Zarqālluh y Abū-l-Ṣalt*, Agencia Española de Cooperación Internacional. Instituto de Cooperación con el Mundo Árabe / Universidad de Barcelona. Facultad de Filología, Barcelona, 1991.

6) El artículo n.º 11 es un estudio sobre la esfera armilar alfonsí, traducción de un original de Azarquiel, presentado en el XXII International Congress on the History of Science (Beijing, 2005). Aquí Mercè recupera un tema en el que había trabajado en los años anteriores a 1992: por encargo de la Fundación Juanelo Turriano escribió un libro sobre la historia de la esfera armilar que no se publicó entonces, pero que hemos podido recuperar y publicar en fecha reciente.[2] En el artículo que aparece aquí, la autora desarrolla considerablemente una de las ideas expuestas en el libro: la introducción de ciertas mejoras en el instrumento que podrían deberse a Azarquiel o a una interpolación de los astrónomos alfonsíes conocedores, tal vez, de la obra del astrónomo oriental Mu'ayyad al-Dīn al-'Urḍī (*fl. c.* 1270) que podrían haber llegado a la corte de Alfonso X debido a sus posibles contactos con la escuela astronómica del observatorio de Marāga.
7) Con los artículos 12-14 Mercè entra en otro tema: el de las coordenadas geográficas. Estudia, en estos trabajos, el uso por geógrafos y astrónomos andalusíes y magribíes de un nuevo meridiano origen: el llamado meridiano de agua, situado en pleno Océano Atlántico, a 28º 30' al oeste de Toledo. El uso de este meridiano, documentado ya en la primera mitad del siglo X, tuvo como consecuencia una corrección importante del tamaño del Mediterráneo, que quedó reducido a sus dimensiones reales con un error de solo 1º o 2º.

   El tema de las coordenadas geográficas centró buena parte de su actividad durante bastantes años: en 1987 Edward y Mary Helen Kennedy habían publicado sus *Geographical Coordinates of Localities from Islamic Sources*, un gran banco de datos en el que se recogía toda la información disponible sobre longitudes y latitudes de ciudades en fuentes astronómicas árabes y persas. Al ir apareciendo nueva documentación, el profesor Kennedy propuso a Mercè que se hiciera cargo de la preparación de una nueva edición, a la que nuestra autora dedicó muchos años. Su trabajo debía de estar prácticamente concluido, ya que hemos encontrado la introducción al mismo, pero, desgraciadamente, nos ha sido imposible dar con una versión de su banco de datos. Es una parte de la labor de Mercè que,

2. *Historia de la esfera armilar. Su desarrollo en las diferentes culturas,* Fundación Juanelo Turriano / Universitat de Barcelona, Madrid / Barcelona, 2012.

por el momento, debemos considerar perdida y no podemos llevar a cabo nuestro proyecto de publicarla.

8) Con los artículos 15-17 llegamos a la última línea de investigación de Mercè, que quedó bruscamente truncada por su muerte. En 2004 publica la gran síntesis sobre la historia de la cartografía náutica catalana y mallorquina que apareció en el primer volumen de *La ciència en la història dels Països Catalans* (artículo n.º 15). Esto enlazaba claramente con su interés por la historia de la geografía y le llevó a abrir un nuevo proyecto, explicado en el artículo n.º 17, consistente en un análisis de las cartas náuticas italianas, mallorquinas y catalanas y de sus relaciones con la cartografía árabe e islámica. En este terreno Mercè no tuvo tiempo de llegar a resultados tan sólidos como en el resto de sus líneas de investigación.

Esperamos que los trabajos reproducidos en este volumen tengan utilidad para los investigadores de la ciencia medieval y que sirvan de homenaje a la memoria de una gran investigadora y compañera.

Hamid Berrani
Dolors Bramon
Emilia Calvo
Margarita Castells
Josep Casulleras
Rosa Comes
Montse Díaz Fajardo
Miquel Forcada
Susana Gómez Muns
Theodoro Loinaz
Marc Oliveras
M.ª José Parra
Roser Puig
Mònica Rius
Elia Romo
Julio Samsó
Mari-Carmen Valcárcel

AL-ṢŪFĪ COMO FUENTE DEL LIBRO DE LA "OCHAUA ESPERA" DE ALFONSO X

1.- Introducción

1.1.- Generalidades

Entre las distintas ramas de la cultura a las que el rey Alfonso X el Sabio dedicó su interés y su mecenazgo destacan la Astronomía y la Astrología. No hay que olvidar que, por lo que respecta a la Edad Media, ambos términos son habitualmente intercambiables y que el primero de ellos es, a menudo, un medio para poder enfrentarse con cierto éxito al segundo. Así pues, los colaboradores del rey recogieron un gran número de tratados árabes relacionados con estas ciencias, los tradujeron y los adaptaron o ampliaron bajo la dirección y supervisión del monarca. Incluso parece que en algunos casos participó el propio rey en la redacción y composición de los textos. Finalmente, fueron recopilados en una gran obra titulada *Libros del Saber de Astronomía*[1].

Por regla general, al principio de cada uno de los tratados que componen la obra magna alfonsí se indica la fuente árabe de la que ha sido traducida, y en su caso, los capítulos que han sido añadidos por orden del rey. Sin embargo, esto no es así en el primero de ellos, el *Libro de las estrellas de la ochaua espera*[2], que es el que aquí nos ocupa y cuyo prólogo no menciona ni qué fuentes se usaron ni cuales fueron las aportaciones de los colaboradores del rey.

Durante mucho tiempo se creyó que el libro alfonsí de las estrellas de la octava ésfera era una simple traducción del *Kitāb ṣuwar al-kawākib*[3] del famoso astrónomo persa del siglo X (903-986) Abū-l-Ḥusayn ᶜAbd al-Raḥmān ibn ᶜUmar

[1]RICO Y SINOBAS, M., *Libros del Saber de Astronomía del Rey D. Alfonso X de Castilla*, 5 vols.- Madrid, 1863-1867.

[2]RICO Y SINOBAS, M., *Libros*.- I, 5-145. KNECHT, P., *I Libri astronomici di Alfonso X in una versione fiorentina del trecento*.- Zaragoza, 1965.

[3]Al-ṢŪFĪ, ᶜAbd al-Raḥmān ibn ᶜUmar, *Kitāb ṣuwar al-kawākib*.- Hyderabad/Dn, 1954. SCHJELLERUP, C.F.C., *Description des étoiles fixes...par...ᶜAbd al-Raḥmān al-Ṣūfī*.- St. Pétersbourg, 1872 (reimpresión, Frankfurt 1986) y SEZGIN, F., *The Book of Constellations. Kitāb ṣuwar al-kawākib*. Fascimile Edition reproduced from ms. Marsh 144. Bodleian Library (Oxford).- Frankfurt am Main. 1986.

al-Ṣūfī, el cual, a su vez, está basado en el catálogo de estrellas del *Almagesto*[4] de Ptolomeo del que es una revisión crítica.

Sin embargo, estudiando ambos textos se observa enseguida que no existe tal traducción, sino que se trata de una adaptación muy libre, en alguna de sus partes, y de una reestructuración general del contenido de fondo del *Kitāb* con cierta cantidad de materiales, preferentemente de tipo descriptivo y astrológico, que podrían ser propios o bien proceder de otras fuentes, siempre de tipo secundario, pues queda absolutamente claro que el grueso de la obra está basado en el catálogo de estrellas de al-Ṣūfī.

1.2.- Objetivos

El objetivo de este trabajo es, pues, aclarar en lo posible las fuentes del *Libro de las estrellas de la ochaua espera* alfonsí, así como efectuar un repaso de los posibles materiales aportados por los colaboradores del Rey Sabio, tanto de tipo astronómico como astrológico. Esto que ahora me propongo estaría incluido en la ambiciosa obra que el gran orientalista y romanista finlandés O.J. Tallgren[5] había emprendido y que iba a consistir en una edición crítica de la gran colección de obras astronómicas del Rey Alfonso X el Sabio escritas en castellano, de la que sería un trabajo previo su *Survivance arabo-romane du Catalogue d'étoiles de Ptolémée*[6]. Sin embargo, por motivos que se desconocen, esta gran obra quedó inacabada y Tallgren no llegó a estudiar en profundidad la parte dedicada a las fuentes en relación con el *Libro de las estrellas*, pero sí planteó, en diversos artículos aparecidos en el primer cuarto de este siglo, la necesidad de un estudio detallado de este tratado que permitiera discernir qué partes del *Libro* eran propiamente alfonsíes, cuales eran traducción o adaptación y, en este caso, de qué fuente o fuentes procedían. Entre estos artículos cabe destacar *Los nombres arabes de las estrellas y la transcripción alfonsina*[7] y la propia *Survivance*.

[4]TOOMER, G.J., *Ptolemy's Almagest*.- Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo 1984. Capítulos VII, 5 y VIII, 1. 341-399.

[5]Publicó con el nombre finlandes de Tuulio desde 1.933.

[6]TALLGREN, O.J., *Survivance arabo-romane du Catalogue d'étoiles de Ptolémée*.- "Studia Orientalia" II (1928), 202-283.

[7]TALLGREN, O.J., *Los nombres árabes de las estrellas y la transcripción alfonsina*.- "Homenaje a Menéndez Pidal" II (Madrid, 1925), 633-718 y *Survivance...*, 240.

2.- Fuentes

2.1.- Origen de la tradición.

La fuente directa del *Libro de las estrellas de la ochaua espera* alfonsí es claramente el *Kitāb ṣuwār al-kawākib* de al-Ṣūfī. El *Kitāb* es básicamente una revisión crítica de la parte del *Almagesto* de Ptolomeo correspondiente a la descripción de las estrellas fijas. Concretamente de los siguientes libros: VII.1[8], donde se recogen las observaciones de Hiparco, complementadas con las suyas propias, sobre las lineas que forman en el cielo ciertos grupos de estrellas, siempre en relación a las constelaciones del zodiaco; VII.5 a VIII.1[9], que reflejan el catálogo de estrellas propiamente dicho y VIII.2[10], donde se describe la localización de la Vía Láctea con relación a las estrellas fijas. Pero por otra parte, al-Ṣūfī añade una serie de correcciones y materiales propios o basados en la tradición árabe. La mayoría de estos elementos procedentes tanto de Ptolomeo como de al-Ṣūfī, junto con otros originales de la corte alfonsí, principalmente provenientes de traducciones, configurarán el *Libro de las estrellas de la ochaua espera.*

2.2.- Breve historia de la trasmisión del conocimiento de las estrellas desde Ptolomeo a la Europa medieval, y a Alfonso X el Sabio en particular.

En la época medieval, el conocimiento de las estrellas fijas se veía reflejado, siguiendo el ejemplo islámico, en una serie de listados de estrellas, ya sea en forma de catálogos o de tablas.

Básicamente, los catálogos consisten, a imagen del que introduce Ptolomeo en su Almagesto, en una lista completa de las estrellas fijas observables a simple vista, siendo por tanto las únicas conocidas hasta la invención del telescopio, el cual llevaría a nuevas formas de catalogación de estrellas.

El Almagesto, modelo para estos catálogos, presenta en sus libros VII y VIII una lista de 1022 estrellas fijas, distribuidas en 48 constelaciones, con sus correspondientes coordenadas eclípticas y magnitudes y la descripción detallada de la localización de cada estrella dentro de la figura de la constelación que le corresponde o fuera de ella, en sus alrededores. Dicha obra, junto con muchas otras obras griegas de tipo científico, fue traducida al árabe en diversas ocasio-

[8]TOOMER, G.J., *Ptolemy's Almagest*, 321-327.

[9]TOOMER, G.J, *Ptolemy's Almagest*, 341-399.

[10]TOOMER, G.J, *Ptolemy's Almagest*, 400-401.

nes, desde finales del siglo VIII a finales del IX. Estas versiones árabes del Almagesto fueron de la mayor influencia en el desarrollo de la astronomía científica islámica y posteriormente, y a traves de esta, en el de la europea. Las dos únicas traducciones que hoy se conservan son las de al-Ḥaŷŷāŷ b. Yūsuf b. Maṭar y la de Isḥāq b. Ḥunayn, revisada por Ṯābīt b. Qurra[11].

Todos los catálogos de estrellas subsiguientes en el mundo islámico seguirán fielmente el modelo ptolemaico, tanto en el número de estrellas y constelaciones como en su distribución, nomenclatura, coordenadas y localización. Entre los más destacados autores de catálogos orientales estan al-Battānī[12], que emplea una constante de precesión de 11;10° para el año 880, y que sólo conserva 533 estrellas, es decir poco más de la mitad de las del texto griego[13]. A continuación tenemos el catálogo completo de Al-Ṣūfī, fuente principal y prácticamente única del *Libro* alfonsí, que describo con detalle en el apartado correspondiente. Brevemente apunto aquí que la época corresponde al año 964, el valor de la precesión usado es de 12;42° y que, como indica el propio autor en el prólogo, no se circunscribe a una versión en concreto del Almagesto, sino que selecciona los datos que le parecen más apropiados de cada una de ellas. Lo mismo hará al-Bīrūnī[14], quien añadirá para su época, 1030, una constante de precesión de 13° y cambiará un tanto la terminología y toponimia estelar de las estrellas tendiendo hacia una mayor simplificación, aunque corrigiendo las magnitudes siguiendo a al-Ṣūfī. Dos siglos más tarde, en 1247, Naṣir al-Dīn al-Ṭusī, en el observatorio de Marāga y

[11]Cf. KUNITZSCH, P., *Der Almagest, Die Syntaxis Mathematica des Claudius Ptolemäus in Arabisch-lateinischer Überlieferung.*- Wiesbaden, 1974.

[12]*AL-BATTĀNĪ sive Albatenii opus astronomicum.* Ed. y trad. C.A. NALLINO.- Milán, 1899-1907 (reimpresión Hildesheim/New York, 1977). Existe una traducción en castellano de la época de Alfonso X el Sabio, que incluye la tabla de las estrellas. Cf. KUNITZSCH, P, *Star Catalogues and Star Tables in Mediaeval Oriental and European Astronomy.*- "Indian Journal of History of Science" 21 (2) (1986), 114. En la edición de BOSSONG, G., *Los Canones de Albateni. Herausgegeben sowie mit Einleitung, Anmerkungen und Glossar versehen* (Tübingen 1978), no figura dicha tabla.

[13]Incluyo la lista de estrellas de al-Battānī entre los catálogos y no entre las tablas, puesto que el elevado número de estrellas que la componen, así como su agrupación por constelaciones y la descripción de su situación dentro de la figura de la constelación que le corresponde, la acercan más a los primeros que a las segundas. Acompaña a este catálogo una tabla de coordenadas ecuatoriales que consta de 75 estrellas ordenadas por magnitudes.

[14]AL-BĪRŪNĪ, *al-Qānūn al-Masᶜūdī*.- Ed. Hyderabad, 1957.

bajo el patronazgo de Hūlāgu-Jān[15], llevará a cabo una recensión del Almagesto, en la versión de Isḥāq y, aproximádamente hacia 1250, una traducción persa del *Kitāb ṣuwar al-kawākib* de al-Ṣūfī[16]. Cierra la lista de los más importantes catálogos de estrellas islámicos Ulug Bēg, monarca que a finales de la primera mitad del siglo XV, ordenó la construcción del observatorio de Samarcanda donde se realizaron observaciones de las estrellas que, tal como se indica al inicio de su catálogo[17], servirían para completar la traducción de la obra de al-Ṣūfī en aquellos puntos que le parecían poco claros. Sin embargo, parece que no se llevó a cabo tal traducción en la corte de Ulug Bēg, sino que se copió la realizada por al-Ṭusī, aunque resulta valiosa su contribución debido a las observaciones de estrellas realizadas bajo su mecenazgo[18].

Hasta aquí la historia de la trasmisión del catálogo de estrellas del Almagesto en el mundo islámico. Trasmisión que tuvo su continuación en la Europa medieval, donde tendría una enorme influencia -desde las primeras traducciones hasta llegar a Copérnico- en el campo de la ciencia astronómica.

[15]Vernet ha apuntado que el intercambio de embajadas entre esta corte y la castellana de Alfonso X el Sabio bien pudo tener como consecuencia un intercambio cultural, muy concretamente en el campo astronómico, por el que sentían gran interés ambos monarcas. Cf. VERNET, J., *Alfonso X el Sabio, Mecánica y Astronomía.*- "Conmemoración del Centenario de Alfonso X el Sabio" (Madrid, 1981), 23-32 (reimpreso en *De ᶜAbd al-Raḥmān I a Isabel II.* Barcelona, 1989, 341-350); *Europeos en la corte del gran Jan.*- "Historia 16" 9, 97 (1984), 66-72 y *Las traducciones del árabe a las lenguas romances setecientos años después de la muerte de Alfonso X el Sabio (1284).*- Congreso internacional sobre "La Diffusione delle scienze islamiche nel medioevo europeo" (Roma, 1987), 379-397. Cf. también SAMSO, J., *Alfonso X and Arabic Astronomy.*- "De Astronomia Alphonsi Regis" (Barcelona, 1987), 32-33 y COMES, M., *A propos de l'influence d'al-Zarqālluh en Afrique du Nord: l'apogée solaire et l'obliquité de l'écliptique dans le "zīdj" d'Ibn Isḥāq.* Próxima publicación en las Actas del II Coloquio Hispano-Marroquí de Ciencias Históricas (Granada, 1989).

[16]Cabría la posibilidad de que esta traducción de al-Ṭūsī y/o su original árabe hubieran llegado a la corte alfonsí por mediación de los contactos culturales que sugiere Vernet. Cf. nota anterior. De hecho en una ocasión se hace referencia al "perçiano" en el texto alfonsí. Se trata de la estrella β de Perseo de la que se dice: "assí que por ende la llamaron en perçiano caput alguol". De todas maneras, pienso que esta referencia también podría deberse a que el autor del *Kitāb*, su fuente principal, fuera persa. Sin embargo, el hecho de que en la corte de Marāga se llevara a cabo una recensión de la versión de Isḥāq del Almagesto parece apuntar también a que el original del ms. 915 del Escorial, que contiene la misma versión y que según mis hipótesis habría sido copiado en el círculo alfonsí, tuviera igual procedencia.

[17]*Tabula long. ac lat. stellarum fixarum ex observatione Ulugh Beighi.*- Ed. T. HYDE, Oxford, 1665.

[18]KUNITZSCH, P., *Star Catalogues and Star Tables...*, 113-122.

Es bien sabido que la Europa medieval había perdido casi por completo el contacto con las fuentes griegas y que éstas eran únicamente accesibles en sus traducciones latinas. La primera traducción del *Almagesto* en Occidente fue hecha del griego al latín en Sicilia, a mediados del siglo XII, por Hermann de Carintia pero no tuvo prácticamente ningún eco posterior. Poco más tarde, en 1175, Gerardo de Cremona llevaba a cabo en Toledo su traducción procedente del árabe que habría de ser la más conocida y utilizada en Europa hasta el Renacimiento. El siguiente en esta relación de catálogos occidentales será ya el texto castellano, reestructuración del *Kitāb* de al-Ṣūfī, que aquí nos ocupa y del que hablaré en extenso en los capítulos correspondientes. Cabe destacar únicamente ahora que el valor añadido a las longitudes de Ptolomeo es el de 17;08°[19] para la época alfonsí que empieza el 31 de mayo de 1252, valor que encontraremos también en la tabla de estrellas que acompaña a las *Tablas alfonsíes*, basada en la traducción latina de Gerardo de Cremona.

Existe, por otra parte, una tradición europeo-medieval de catálogos de estrellas conocidos como "Ṣūfī latinus"[20], aunque pocas de estas obras estén realmente relacionadas con al-Ṣūfī, no siendo la mayoría de ellas más que copias de la traducción de Gerardo de Cremona con las longitudes aumentadas en 12;42°, que es el valor de precesión que corresponde a al-Ṣūfī.

En cuanto a las tablas, a que hacía alusión al principio de este apartado como otra de las formas de trasmisión del conocimiento ptolemaico de las estrellas, son harto frecuentes tanto en la tradición islámica oriental como en la europeo-medieval[21]. Se trata de listados mucho más cortos, a menudo realizados con finalidad práctica, de aproximadamente entre 21 y 49 estrellas, aunque se

[19]Acerca del polémico origen de este dato Cf. POULLE, E., *Les Tables Alphonsines sont-elles d'Alphonse X?*.- "De Astronomia Alfonsi Regis" (Barcelona, 1987), 66-68; *Les Tables Alphonsines et Alphonse X de Castille*.- "Acadèmie des Inscriptions & Belles-Lettres". (Séances Janvier-Mars, 1987), 82-102; y *The Alfonsine Tables and Alfonso X of Castille*.- "Journal for the History of Astronomy" 19. (2) (1988), 97-113; y SAMSO, J, and CASTELLO, F., *An Hypothesis on the Epoch of Ptolemy's Star Catalogue According to the Authors of the Alfonsine Tables*.- J.H.A. 19 (2), 115-120.

[20]Cf. KUNITZSCH, P., *Ṣūfī latinus*.- Z.D.M.G., 115 (1965), 65-74.

[21]Cf. al respecto KUNITZSCH, P., *Typen von Sternverzeichnissen in astronomischen handschriften des zehenten bis vierzehnten Jahrhunderts*, donde se encuentra una amplia muestra de tablas de estrellas agrupadas bajo 17 tipos distintos.

encuentren casos que llegan incluso a las 240[22]. Podemos dividirlos en una serie de grupos entre los que el más destacado sería el de las listas que se encuentran formando parte de las colecciones de tablas astronómicas orientales, llamadas *zīŷes*, que son mayoritariamente meros resultados de cómputo o compilación derivados del catálogo del Almagesto y raramente proceden de observaciones de las estrellas, si exceptuamos las realizadas en la corte de al-Ma'mūn. Otro grupo de gran importancia es el de las tablas consistentes en un listado de las estrellas que se usan en el astrolabio que a menudo, y al contrario de las anteriores que usan coordenadas eclípticas, emplean coordenadas ecuatoriales, procedentes casi siempre del cálculo realizado a partir de coordenadas eclípticas bien conocidas. Finalmente encontramos un grupo de tablas, en general menos interesante, que no son más que extractos de catálogos completos.

Hay que decir a este respecto que pocas son las tablas que encontramos en la Europa medieval en forma de *zīŷ*, con excepciones notables, sin embargo, como las *Tablas de Toledo* y las *Tablas Alfonsíes*. Las más corrientes en estas latitudes serán las relacionadas con el uso de algún instrumento como el cuadrante, el globo celeste y muy principalmente el astrolabio, y sus primeros especímenes serán tambien traducciones del árabe. La confección de tablas basadas en observaciones propias será en occidente tan inusual como lo fue en oriente y se seguirá aquí el mismo sistema que allí se empleaba, consistente en sumar la constante de precesión adecuada en el caso de coordenadas eclípticas o a base de cálculos matemáticos en el de ecuatoriales. Ejemplo de las tablas que acompañan los tratados de astrolabios que acabo de mencionar es la que encontramos en el libro IV del tratado de las constelaciones alfonsí en forma de rueda, que describiré en su momento y que como el resto del libro procede tambien en cierto modo de al-Ṣūfī, aunque éste no la presenta en forma de tabla sino que al mencionar cada una de las estrellas que la componen, en su constelación correspondiente, especifica que se trata de una de aquellas que se incluyen en los astrolabios. Así como la tabla que aparece en el *Libro dell astrolabio redondo*,

[22] Cf. SÉDILLOT, J.J. et L.A., *Traité des Instruments astronomiques des arabes composé au treizième siècle par Aboul Hhassan Ali, de Maroc.*- Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften.- Frankfurt am Main, 1984, 140-149; 191-196 y 276-284 (primera edición, Paris, 1834). Abū ᶜAlī al-Marrakushī incluye en su obra "Ŷāmīᶜ al-mabādi' wa-l-gāyāt" tres listados de estrellas: el de coordenadas eclípticas con 240 entradas, el de coordenadas ecuatoriales con 180 y el de coascendentes con 210. Los incluyo entre las tablas por no estar agrupadas las estrellas en constelaciones y por el pequeño número de estas que los componen, aunque la descripción que da de la situación de cada estrella con respecto a la figura de la constelación los asemeja más a los catálogos que a las tablas.

otro de los *Libros del Saber de Astronomia*, de la que también hablaré más adelante.

Así pues, vemos que se presentan en la obra del monarca castellano las dos categorías de listados de estrellas que, procedentes del *Almagesto* griego y por mediación del importante quehacer científico del mundo islámico y de la gran corriente traductora desarrollada en España, llegaron a la Europa medieval.

2.3.- Descripción de la fuente principal: el "Kitāb ṣuwar al-kawākib" de ᶜAbd al--Raḥmān al-Ṣūfī.

2.3.1.- El autor[23]

No se conocen demasiados detalles de la vida de Abū-l-Ḥusayn b. ᶜUmar ᶜAbd al-Raḥmān al-Ṣūfī. Sabemos que nació el día 14 del mes de Muḥarram del año 291 de la Hégira (7 de diciembre del año 903 de nuestra era) en la ciudad de Rayy, en Persia y murió el 13 de Muḥarram del año 376 (25 de mayo del 986). Parece que la mayor parte de su vida transcurrió en su Persia natal, y fué uno de los más reputados astrónomos de las cortes de Šīrāz y Bagdad. Fue instructor del príncipe ᶜAḍud al-Dawla (m. 983) de la dinastía Buwayhí, reinantes a la sazón en el país, y para él escribió la mayoría de sus obras, entre ellas la que nos ocupa, aparte de diseñar algunos instrumentos de observación, como una armilla meridiana, a la que, en honor a su protector, llamaría anillo ᶜAḍudī[24] y con la que, según el propio al-Ṣūfī apunta en su *Kitāb*, estableció la latitud de Shīrāz en 29;36º[25]. También le conocemos como artífice de una armilla equinoccial y de una esfera celeste de plata que había en el Cairo en 1043, y que parece habría sido construida por al-Ṣūfī para uso de este mismo príncipe. Además, se presentan de igual modo en conexión con algunas de las obras de este astrónomo los nombre de otros tres miembros de la dinastía Buwayhí.

[23]KUNITZSCH, P., *al-Ṣūfī*.-Dictionnary of Scientific Biography XIII (New York, 1976), 149-150. BROCKELMANN, C., *Geschichte der Arabischen Litteratur*.- Leiden, 1937; Weimer, 1898, 253-254. y Supplement I, Leiden, 1937, 398. SUTER, H., *cAbd al-Raḥmān al-Ṣūfī*.- "Encyclopaedia of Islam" I (Leiden, 1913-1938) (reimpreso en Leiden, New York, Copenhaguen, Köln, 1987), 57. STERN, S.M., *ᶜAbd al-Raḥmān al-Ṣūfī*.- "Encyclopédie de l'Islam". Nouvelle édition I (Leiden - Paris, 1960), 89. SEZGIN, F.- *Geschichte des Arabischen Schrifttums*.- Leiden. V (1974), 309; VI (1978), 212-215; VII (1979), 168. SUTER, H. *Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre werke*.- Leipzig 1900, 62-63.

[24]Práctica habitual que encontramos repetida en lugar y fecha próximos (c. 965) en que se dedica el sextante fajrī, situado en Tabrūk, cerca de Rayy, al principe Fajr al-Dawla

[25]AL-ṢŪFĪ, *Kitāb ṣuwar al-kawākib*. Ed. Hyderabad, 302 y traducción Schjellerup, 229.

Entre sus obras, aparte de la que aquí nos ocupa, se encuentran varias de las que no se conoce más que el título. Una de las más destacables, esta vez sin título pero de texto conocido, es un manuscrito que se encuentra en San Petersburgo y que consiste en un tratado árabe sobre el astrolabio y su uso para determinar la altura de los cuerpos celestes, tanto de día como de noche. Sin embargo, la más importante de todas es su *Kitāb al-ᶜamal bi-l-asṭurlāb*[26]. También preparó un tratado introductorio a la ciencia de la Astrología, del que se conserva un solo manuscrito, así como un libro de uso del globo celeste.

Parece, por otra parte, que realizó observaciones astronómicas y que compuso, asimismo, unas tablas en las que según Ibn Yūnus[27] determinó que el sol recorre 359;45,40,02° un año persa y, según atestigua el propio al-Ṣūfī en su *Kitāb*[28], adoptó una precesión de 1° cada 66 años, en concordancia con el *Zīŷ al-Mumtaḥan (Tabulae probatae)* preparadas en los años 829-830 por orden del califa al-Ma'mūn.

2.3.2.- La obra

2.3.2.1.- Ediciones y traducciones

La única edición completa del *Kitāb ṣuwar al-kawākib* de que disponemos hasta la fecha, es la publicada en 1954 por la Dairatu'l-Maᶜarifi'l-Osmania, de Hyderabad/DN. Se trata de una edición crítica, cotejada con al manuscrito más antiguo conocido, que se encuentra en Oxford en la Bodleian Library (Marsh 144). Dicho manuscrito, suponiendo que fuese cierto que había sido escrito por el propio hijo de al-Ṣūfī, sería del año 400 de la hégira (=1009) y por lo tanto el más cercano al autor del que solo le separarían 24 años. Esto ha sido sugerido a la vista de la *urŷūza* de Ibn al-Ṣūfī que se encuentra al final de dicho manuscrito y que presenta en forma versificada la totalidad de las constelaciones descritas en el texto por su padre. Sin embargo, hay razones para creer que esto

[26]Cf. la edición del ms. único (2493 de la Bibliothèque Nationale de Paris).- Hyderabad, 1962; el estudio preliminar de KENNEDY, E.S. y DESTOMBES, M., *Intodùction to Kitāb al-ᶜamal bi-l-asṭurlāb* en "Studies in the Islamic Exact Sciences" (Beirut, 1983), 1-44 y la edición facsímil de F. SEZGIN, *Two Books on the Use of the Astrolabe by ᶜAbd al-Raḥmān al-Ṣūfī*.- Institute for the History of Arabic-Islamic Sciences. Frankfurt am Main, 1986.

[27]CAUSSIN DE PERCEVAL, *Le Livre de la Grande Table Hakémite*.- "Notices et extraits des manuscrits de la Bibliothèque Nationale", 7 (1804), 138-139.

[28]AL-ṢŪFĪ, *Kitāb ṣuwar al-kawākib*. Ed. Hyderabad, 25 y trad. Schjellerup, 42-43.

pudo no haber sido así, si admitimos la sugerencia de Brockelman según la cual, el principe a que va dedicada la *urŷūza* habría reinado a principios del siglo XII.

La edición a que vengo refiriéndome se basa en el código real de Ulug Bēg, que se conserva en la Biblioteca Nacional de París (Arabe 5036), fechado a mediados del XV y se complementa con los siguientes manuscritos: Istambul, Topkapi Sarai (ms. 3493) año 525 (=1130); Roma, Biblioteca Vaticana (ms. Rossi 1033) año 621 (=1224); Berlin (Ahlwardt cat. 5658) año 630 (=1232)[29] y Deccan (India), Biblioteca Asafiya de Hyderabad, sin fecha ni número mencionados. Sin embargo, esta edición, que por la calidad y número de los manuscritos implicados parecería a primera vista excelente, es extremadamente deficiente pues presenta numerosos errores de todo tipo, lo que obliga a un constante cotejo, sobre todo en lo referente a datos numéricos y filológicos con la traducción y edición parcial de Schjellerup publicada por primera vez el año 1874 en San Petersburgo y reeditada en 1986 por el Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften de Frankfurt.

Se trata de una traducción completa al francés y de una edición parcial puesto que sólo contempla el texto árabe correspondiente a la sección dedicada a los nombres árabes de las estrellas, que denominaré A, y que se encuentra al final de la descripción de cada una de las constelaciones. Schjellerup se basó para ello en el manuscrito de la Biblioteca Real de Copenhague n. lxxxiii del año 1010 (=1601-2) cotejándolo con el ms. de la Biblioteca Imperial de San Petersburgo[30], que llego a sus manos cuando ya casi había finalizado su trabajo de traducción y edición.

Entre los varios motivos que me llevaron a usar conjuntamente las dos obras, dejando aparte los errores de la primera y la parcialidad de la edición de la segunda que son los principales, se encuentra el hecho de que ambos textos usan manuscritos diferentes, sumando siete en total y que la traducción de Schjellerup, especialmente útil en las partes que no edita, no es completamente literal sino que es bastante libre, de modo que resulta, a veces, poco fiable para comprobar su originalidad en cuanto a fuente de otra traducción, en este caso la castellana alfonsí, mucho más libre aún y selectiva.

[29]Ahora en la Biblioteca de la Universidad de Tübingen

[30]Schjellerup no proporciona más datos sobre este manuscrito. Cf. KUNITZSCH, Paul, *The Astronomer Abu'l-Ḥusayn al-Ṣūfī*.- "Zeitschrift für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaten" 3 (1986), 57-8.

Desgraciadamente, había ya finalizado este trabajo cuando llegó a mis manos la edición facsímil del más antiguo de los manuscritos que contienen esta obra atribuido al propio hijo de al-Ṣūfī[31]. Sin embargo, la he consultado en aquellos casos en que, por diversos problemas, he creido útil acudir a una tercera fuente.

2.3.2.2.- Descripción

El *Kitāb ṣuwar al-kawākib* es, a grandes rasgos, una traducción del catálogo de estrellas del Almagesto de Ptolomeo, además de un comentario al mismo, más una serie de aportaciones propias, originales en cuanto a la corrección de datos y procedentes de fuentes folklóricas por lo que se refiere a los nombres árabes de las estrellas . Traducción, habida cuenta la gran fidelidad con que se reproducen las tablas ptolemaicas, que ocupan aproximadamente una cuarta parte de la totalidad de la obra, y a las que modifica únicamente en relación a las magnitudes de algunas estrellas que corrige siguiendo sus propias observaciones. Aparte, claro está, de añadir el valor de la precesión a las longitudes de las estrellas que, en su caso, es de 12;42° correspondientes al movimiento de precesión entre el año 886 de Bujt Naṣṣar (A.D. 138) y el año 1206 de la era de Alejandro (A.D. 964) aplicando la constante ya mencionada de 1° cada 66 años. Comentario, porque la primera parte de cada capítulo consta de una descripción detallada de las diversas estrellas que forman la constelación a que se dedica el capítulo, que incluye su localización con respecto a las demás estrellas de la constelación y a las de otras constelaciones circundantes así como la distancia entre ellas, su situación con respecto a la Vía Láctea, el tipo de línea que dibujan en el cielo[32], además de una crítica a los errores que encuentra, ya sea en cuanto a su magnitud, longitud o latitud, en el catálogo del Almagesto. Como ya hemos visto, sin embargo, sólo corregirá los datos referentes a las magnitudes, mientras que practicamente en ningún caso ofrece solución al resto de los errores, de los que se limitará a indicar que no aparecen en la situación deseada si se dibujan las estrellas en un globo siguiendo las latitudes y/o longitudes, de-

[31]SEZGIN, F., *The Book of Constellations*.- Facsimile Editions (29).- Frankfurt am Main, 1986.

[32]Lineas de estrellas similares a las que aparecen descritas en al-Ṣūfī las encontramos ya en el *Almagesto* griego. Cf. TOOMER, *Ptolemy's Almagest*, 321-327. Encontramos también la descripción de la Vía Láctea en relación a las constelaciones, 400-404. Sin embargo, los datos proporcionados por al-Ṣūfī son mucho más completos y exhaustivos y a las líneas se les busca a menudo similitud con letras del alfabeto árabe.

pende de los casos, que ofrece Ptolomeo. Y, finalmente, aportaciones propias, originales, que vendrían incluidas en las correcciones ya mencionadas y de recogida de datos folklóricos, representada por la última parte de cada capítulo que recoge los antiguos nombres árabes de las estrellas y constelaciones procedentes de los *kutub al-anwā'*[33], tradiciones orales, etc. Introduce también la noción de mansiones lunares provenientes psiblemente de la tradición india (*nakshatras*), aunque ya recogida en los citados libros de *anwā'* y en la tradición de las tribus beduinas. Es bien sabido que los árabes ya desde antes del Islam habían aprendido a distinguir las 28 mansiones de la luna, aunque sólo posteriormente las combinaron con su listado de *anwā'*, fundiendolos en una sola lista de 28 estrellas o grupos de las mismas que formaban doce pares (el ocaso acrónico de una correspondiendo al orto helíaco de la otra) que marcaban el principio de 28 periodos, 27 de trece días y uno de 14[34]. Finalmente, queda por añadir la iconografía compuesta por dos representaciones para cada una de las constelaciones, una según se vería en la esfera (*ᶜalà mā turà fī-l-kura*) y la otra tal como aparece en el cielo (*ᶜalà mā turà fī-l-samā'*) representado cada una de ellas la imagen reflejada en un espejo de la otra. Esta iconografía de al-Ṣūfī iba a tener una gran influencia posterior en todo el medioevo europeo.

Atendiendo, sin embargo, a su uso exclusivo para la comprobación de su calidad de fuente del *Libro de las estrellas de la ochaua espera*, dividiré la obra de al-Ṣūfī en cuatro apartados principales que nombraré según sus apartados correspondientes en el *Libro*, siguiendo, en todo lo posible, la denominación de Tallgren. Así, a la sección relativa al inicio de cada capítulo donde se describe la localización de cada estrella la llamaré (M), a la que refleja los nombres árabes de las estrellas (A), a las tablas, traducción de Ptolomeo (P) y a la iconografía (I).

2.4.- Otras posibles fuentes

2.4.1.- Traducciones realizadas en el "scriptorium" regio. "Lapidario", "Quatripartito" y "Picatrix".

Entre las posibles fuentes de tipo secundario destacan tres traducciones del árabe realizadas también en la corte de Alfonso X el Sabio. Una de ellas, el

[33]Practicamente todos los nombres de estrellas recogidos por al-Ṣūfī se encuentran en el *Kitāb al-Anwā'* de IBN QUTAYBA (m. 879). Cf. edición de Hyderabad 1956.

[34]Cf. PELLAT, Ch, *Anwā'*.- Encyclopédie de l'Islam.- Leiden-Paris 1960, 538.

Lapidario[35], procedente de un original caldeo como el propio *Libro*, aunque, atendiendo a ambos prólogos, aquél sería una traducción castellana de un original árabe que, a su vez, habría sido traducido del caldeo, mientras que éste sería una traducción realizada simultaneamente del árabe y del caldeo[36].

En ambos casos intervino en la traducción Yehudá ben Mošé (ben Mosca) ha Kohén[37], colaborador judío del rey y, según se indica en el propio prólogo del *Lapidario*, experto en astronomía y buen conocedor del árabe y el latín, razón por la cual el rey le habría encargado la traducción de la obra en cuestión.

El *Lapidario*, una de las primeras traducciones llevadas a cabo por los

[35]ALFONSO X EL SABIO, *Lapidario*, según el ms. escurialense H.I.115.- Introducción, edición, notas y vocabulario de S. RODRIGUEZ MONTALVO.- Gredos.- Madrid, 1981. y *Lapidario and Libro de las formas & ymagenes*.- Editado por R. C. DIMANN y L. W. WINGET.- Madison, 1980.

[36]Con respecto a la identificación de la lengua a la que correspondería el término *caldeo* se barajan diversas teorías, ninguna de ellas comprobada. Cf. D. ROMANO, *Le opere scientifiche di Alfonso X e l'intervento degli Ebrei*, en "Oriente e Occidente nel Medioevo: Filosofia e Science".- Roma, Accademia Nacionale dei Lincei (1971), 684. Romano sugiere que podría tratarse del arameo, o más específicamente del siriaco. J. SAMSO y M. COMES, *Al-Ṣūfī and Alfonso X*.- "Archives Internationales d'Histoire des Sciences" 38.- Roma (1988), 67-76, apuntan que podría no ser esta referencia al caldeo más que otro de los intentos que, dentro de una mítica historia de la ciencia, tratan de conectar la cultura árabe con la babilónica. De hecho, en el *Almagesto* ya figuran 2 observaciones planetarias atribuidas a los caldeos que son sin duda babilónicas, aunque el mes que se usa en ellas es macedónico y la era seleúcida. Cf. TOOMER, G. J., *Ptolemy's Almagest*, (2), 13, 452 y 541. Kunitzsch, por su parte, en carta a J. Samsó, opina que no es más que una forma de referirse al árabe o sarraceno; sin embargo, yo me pregunto, de ser así, por qué se hablaría en el *Lapidario* de una traducción del caldeo al árabe si se trataba de la misma lengua. Encuentro que entra dentro de lo posible que la versión árabe que tenían a mano en el momento de la traducción indicara su procedencia de una fuente caldea. Hay que decir que una de las primeras traducciones que se hicieron del *Almagesto* fue concretamente al siriaco y aunque hoy en día no la conozcamos, sí la tuvo en cuenta para su crítica al *Almagesto* Ibn al-Ṣalāḥ (m. 1154) (Cf. la edición de KUNITZSCH, P., titulada *Zur Kritik der Koordinatenüberlieferung im Sternkatalog des Almagest*, publicada en Göttingen, 1975) y parece que, por lo menos parte del material de la versión siriaca, se conservó en la *Opus astronomicum* de al-Battānī y que el texto reflejado allí podría ser idéntico a la versión siriaca conocida en el siglo XII en los paises árabes orientales (Cf. KUNITZSCH, P., *Der Almagest*....- Wiesbaden, 1974, 7-8). Por otra parte, en el prefacio del *Vocabulista in arabico* (ed. SCHIAPARELLI.- Firenze, 1871), xix, se dice, citando la *Historia de la Provincia de Aragón de la Orden de Predicadores* de Francisco DIAGO (Barcelona, 1599.-Lib I cap.2 y Lib II cap.28), que Raimundo Marti (1230-1284) tuvo estraño conocimiento "delle lingue arabica, ebraica, siriaca e caldaica" dando a entender que se trata de cuatro lenguas distintas. Sin embargo, la única lengua que se cita en el texto alfonsí aparte del árabe, y dejando de lado el prólogo, es el persa. Cf. nota 16.

[37]ROMANO, D., *Le opere scientifiche*..., 687-9.

colaboradores del Rey Sabio, probablemente entre 1243 y 1250[38], siendo Alfonso aún infante heredero de Castilla, presenta ciertos rasgos oscuros. Por una parte, se atribuye la obra a un misterioso Abolays, de quien se dice lo "traslado del caldeo al arabigo". Este personaje ha sido motivo de numerosos intentos de identificación, sin aparente éxito hasta la fecha, como también lo ha sido la referencia al caldeo, de la que ya he hablado anteriormente. En su introducción a la edición del *Lapidario*[39], Diman y Winget se confiesan incapaces de identificar al tal Abolays, entre otras cosas porque hasta la fecha no ha aparecido ningún texto árabe, hebreo, griego o latino que pudiera considerarse fuente del *Lapidario*, ni tampoco ninguno que pueda relacionarse con el *Libro de las formas e ymagenes*[40] atribuido en su prólogo al mismo autor. Se han venido sugiriendo diversos nombres que guardan cierto parecido con el que nos ocupa, pero ninguno de ellos presenta garantías de credibilidad. Tampoco S. Rodríguez[41] ofrece nuevas ideas al respecto, ni A. Domínguez[42] quién, en su calidad de experta en arte, se preocupa exclusivamente de la posibilidad de que Abolays sea o no la figura que aparece representada en la primera miniatura del prólogo del *Lapidario*[43]. Queda pues para futuros estudios la identificación de este misterioso personaje. En cuanto a la referencia al caldeo, lo cierto es que únicamente en el *Lapidario* y el *Libro de las estrellas* se menciona un original caldeo y que estas dos obras, unidas por un traductor común, Yehudá, y una posible, aunque reconozco que quizás poco probable, relación con una versión siríaca del Almagesto, presentan un catálogo de estrellas basado en el de Ptolomeo, completo en el *Libro* y reducido a unas 400 estrellas, que serían las que influirían en las piedras que están en cada uno de los 360º del Zodiaco, en el *Lapidario*.

[38]ROMANO, D., *Le opere scientifiche...*, 696.

[39]*Lapidario...*, ed. R.C. DIMAN y L.W. WINGET, iv y v.

[40]Editado conjuntamente con el *Lapidario* por R.C. DIMAN y L.W. WINGET.

[41]*Lapidario...* ed. S. RODRIGUEZ, 12-15.

[42]DOMINGUEZ A., *Astrología y Arte en el Lapidario de Alfonso X el Sabio.*- Madrid, 1984.

[43]Con respecto a la identificación de Abolays. Cf. DARBY, G.O.S., *The mysterious Abolays.*- "Osiris" 1 (1936), 251-259. *Ibn Waḥshīya in Mediaeval Spanish Literature.*- "Isis" 33 (1941-1942), 433-438.

La segunda traducción sería el *Quatripartito* o *Tetrabiblos* de Ptolomeo[44], conservada hoy en la retraducción latina de Egidio di Tebaldis, procedente de una primera traducción del árabe al castellano de traductor desconocido, pero atribuida por algunas fuentes al propio Yehudá[45]. Aunque, Romano[46] citando a Hilty[47] arguya que no hay pruebas suficientes para esta adscripción, no deja de ser una posibilidad a tener en cuenta, puesto que parece bastante plausible que un traductor, compilador o adaptador, como quiera llamársele, use para completar una obra, en la que está trabajando, otras bien conocidas por él por haber sido objeto de traducción por su parte. No afirmo aquí que Yehudá sea el traductor del *Quatripartito*, primero porque no es la finalidad de este trabajo, ni, por otra parte, poseo más pruebas que los autores anteriores que han estudiado el tema. Me limito a dejar constancia de que ambas obras estuvieron en manos de los compiladores del *Libro de las estrellas de la ochaua espera* y de que estos las conocían bien puesto que, lejos de copiar partes íntegras del libro, lo que hacen es utilizar, adaptar y ampliar la información que en él se encuentra, entremezclando y conectando datos procedentes de distintos capítulos.

También presenta una cierta relación con el *Libro* el texto del *Picatrix*[48], traducción alfonsí del tratado de magia astrológica del seudo-Maslama al-Maŷrīṭī titulado *Gāyat al-Ḥakīm*. Esta traducción, en la que según Romano, Pingree y Forcada se vería también la mano de Yehudá[49], presenta dos listas de mansiones lunares, una que formaría parte del tratado original y otra, atribuida a Plinio, que representa un añadido posterior, puesto que no aparece en el texto árabe y

[44]Para el *Quatripartito* o *Tetrabiblos*, cito la edición del original griego y traducción inglesa de F.E. ROBBINS, "Loeb Classical Library" 435.- Harward-Heinemann - Cambridge, Massachusetts - London, 1980.

[45]MILLAS VALLICROSA, J. M., *Las traducciones orientales en los manuscritos de la Biblioteca Catedral de Toledo*.- Madrid, 1942, 159; ROMANO, D., *Le opere scientifiche...*, 699 y HILTY, G., *El libro conplido en los iudizios de las estrellas*.- "Al-Andalus" 20 (1955), 48.

[46]ROMANO, D., *Le opere scientifiche...*, 699.

[47]HILTY, G., *El libro conplido en los iudizios de las estrellas*.- "Al-Andalus" 20 (1955), 48.

[48]RITTER, H. *Picatrix, Pseudo-Maǧrīṭī. Das Ziel Des Weisen*.- Leipzig. 1933 y PINGREE, D. *Picatrix, the Latin Version*.- London. 1986.

[49]Cf. ROMANO, D., *Le opere scientifiche...*, 697; PINGREE, D., *Between the Ghāya...* I, 28 y FORCADA, M. *La redacción alfonsí del Picatrix*.- Comunicación presentada en el Congreso Homenaje a Taha Husain, celebrado en Granada (5-11 marzo, 1990), que aparecerá en la "Revista del Instituto Egipcio de Estudios Islámicos".

sí en los textos latino y castellano. Ambas listas, como se vera más adelante, guardan una relación de doble sentido con el *Libro*.

2.4.2.- Obras originales alfonsíes.

Entre las obras originales salidas del *scriptorium* regio alfonsí, hay varias que mencionan las distintas constelaciones. Se pueden destacar entre ellas el *Setenario*[50] y la *General Estoria*[51]. Sin embargo, en ninguna de ellas aparecen los trazos que delatan el sustrato árabe tan presente en el *Libro de las estrellas*. El *Setenario* presenta las constelaciones zodiacales con valor puramente simbólico, mientras que la *General Estoria* hace referencia exclusivamente al origen griego o latino de sus nombres así como a las leyendas subyacentes. Hay que descartar, por lo tanto, la más mínima relación entre estas obras escritas bajo las ordenes del Rey Sabio y las traducciones procedentes del árabe, por lo menos en lo referente a las cuestiones estelares.

2.4.3.- Versiones del "Almagesto".

Es posible también que los traductores alfonsíes utilizaran otras versiones distintas del *Almagesto* para completar ciertos datos, quizas poco claros, o bien para ampliarlos, como en el caso de los nombres de las constelaciones, que el *Libro* nos ofrece en latín, griego, árabe y castellano. Estudiando los nombres latinos del texto alfonsí, se observa que coinciden en muy buena parte con la traducción latina del *Almagesto* que Gerardo de Cremona[52] realizó en Toledo en 1175, y cuyo catálogo de estrellas será la base para la tabla de estrellas que se incluirá en las *Tablas Alfonsíes*[53]. Encontramos también en esta traducción latina otros datos de tipo numérico que hacen pensar en una posible influencia en la obra alfonsí. Tanto los datos lexicográficos como los numéricos serán tratados con detalle en los capítulos correspondientes. De momento, baste decir que hay suficientes indicios para pensar que la traducción de Gerardo de Cremona fue

[50]Ed. K. VANDERFORD, Barcelona, 1984. Leyes 55 a 66.

[51]Ed. de A. G. SOLALINDE.- 3 vols. Madrid, 1930, 1957 y 1961.

[52]Cito la traducción de Gerardo de CREMONA por la edición de Petrus LIECHTENSTEIN, *Almagestum Claudii Ptolemaei Pheludiensis... Felicibus astris eat in lucen ducti Petri Liechtenstein...* Venecia, 1515.

[53]Cf. KUNITZSCH, P. *The Star Catalogue Commonly Appended to the Alfonsine Tables.*- "Journal for the History of Astronomy".- 17 (1986), 89-98.

consultada por los colaboradores regios en el momento de confeccionar el *Libro* que aquí nos ocupa.

Aparte de esta traducción latina, tenemos otra versión del *Almagesto* que guarda numerosos puntos de contacto con la obra alfonsí. Se trata del manuscrito del Escorial nº 915[54], fechado el 4 de septiembre de 1314 de la era hispánica (=1276), que contiene una copia de la versión Isḥāq del *Almagesto*[55]. Por una parte, resulta bastante significativa la datación del ms. puesto que el uso exclusivo de la era hispánica indica que este se copió en un ambiente probablemente no musulman[56]. Por otra parte, la fecha, 1276, entra de lleno en el momento de máxima intensidad del trabajo del *scriptorium* regio. Recordemos que en este mismo año 1276 comienza lo que Romano[57] ha dado en llamar tercer periodo del trabajo científico alfonsí y que es justamente el momento en que, según el propio prólogo del *Libro de las estrellas de la ochaua espera*[58], se lleva a cabo la revisión definitiva de esta obra, trabajo en el que volverá a tomar parte Yehudá ha-Kohen. Diversas coincidencias como los materiales de tipo astrológico que presenta este manuscrito, derivados, como los del *Libro,* del *Tetrabiblos* ptolemaico, que no aparecen ni en el *Almagesto* griego, ni en ninguna de las versiones árabes del mismo, como tampoco en el *Kitāb* de al-Ṣūfī[59], así como las correcciones a las magnitudes ptolemaicas siguiendo a al-Ṣūfī y los errores comunes, que más adelante estudiaré con detalle, me han llevado relacionar este manuscrito

[54]Cito directamente del propio ms. 915, puesto que aunque KUNITZSCH en su *Claudius Ptolemäus. The Sternkatalog des Almagest. Die arabisch-mittelalterliche Tradition.* (Wiesbaden, 1986) edita los catálogos de estrellas del *Almagesto* árabe en las versiones de Isḥāq y Haŷŷāŷ basandose entre otros en este ms., omite a menudo datos, como los astrológicos, que para mi estudio resultan importantes.

[55]En ciertos aspectos coincidente con el ms. 07116 de la Biblioteca Nacional de Tunez.

[56]SAMSO, J., *Alfonso X and Arabic Astronomy.*- "De Astronomia Alphonsi Regis".- Barcelona, 1987, 27. Cf también NEUGEBAUER, O., *On the Spanish Era.*- "Chiron" 11 (1981), 371-380.

[57]ROMANO, D., *Le opere scientifiche...,* 696 y 704-706.

[58]RICO, *Libros...*I, 8.

[59]Volverán a aparecer más adelante en la edición latina del *Almagesto* de Georgio Trapezuntio (Venecia, 1528), así como en el catálogo de estrellas de la editio princeps de las *Tablas Alfonsíes* de Erhard Ratdolt (Venecia 1483) y en el de la edición de Gauricus (1524). También encontramos estas adiciones astrológicas en una tabla de estrellas atribuida a las *Tablas de Toledo* que aparece en el ms. miscelaneo de la Biblioteca Nacional de Viena (5311), copiado probablemente en 1428, y en la tabla des estrellas de Ibn al-Kammād que aparece en la traducción latina del ms. 10023 de la Biblioteca Nacional de Madrid.

con la corte del Rey Alfonso. No hay que olvidar que conocemos la existencia de otros manuscritos árabes copiados en la corte de Alfonso X el Sabio. Tal es el caso del *Kitāb asrār fī natā'iŷ al-afkār* de Aḥmad o Muḥammad b. Jalaf al-Murādī[60] copiado, posiblemente, por el propio Isaac b. Sīd[61].

2.4.4. Materiales diversos.

En el lujoso códice que constituye el ms. Complutense[62], así como en su traducción florentina de mediados de XIV[63], se presenta cada página de texto enfrentada a la correspondiente rueda con la miniatura -hoy desaparecida en el ms. C.- en el centro, de modo que el tamaño de la sección M alfonsí es prácticamente idéntico en cada uno de los capítulos dedicados a las constelaciones. Esto, no parece, en principio, lógico puesto que algunas constelaciones tienen únicamente 2 estrellas (Canis Minor[64]), mientras que otras pasan de las 40 (Aquarius[65]). Sin embargo, explica la razón de las largas y a veces reiterativas digresiones de todo tipo que encontramos en algunos de los capítulos y que no tienen otra finalidad que ocupar un espacio físico determinado.

Comprobamos, pues, que estos materiales que no provienen de ninguna de las fuentes antes citadas tienen en si mismos poca importancia, a no ser la que les confirió la estética en el momento de componer el códice. Es por ello que en este intento de identificación de fuentes los dejo parcialmente de lado, puesto que obviamente han sido allí introducidos de modo forzado y no con finalidad didáctica, informativa o aclaratoria. Por esa misma razón, son materiales totalmente dispersos, provenientes sin duda de la propia imaginación del autor y de muchas de las obras alfonsíes de todo tipo, pero fundamentalmente religioso

[60]Biblioteca Medicea-Laurenziana. Or. 152.

[61]VERNET, J., *Un texto árabe en la corte de Alfonso X el Sabio.* "Al-Andalus" 43 (1978), 405-421. Cf. también VERNET, J., CASALS, R. y VILLUENDAS, M.V., *El capítulo primero del "Kitāb asrār fī natā'iŷ al-afkār".*- "Awrāq" 5/6 (1982-1983), 7-18.

[62]Manuscrito del s. XIII, hoy en la Biblioteca de la Universidad Complutense de Madrid, que fue conservado en la Escuela de Altos Estudios de Alcalá (Complutum) de donde proviene el nombre de Complutense o C con que se le conoce.

[63]Ms. códice Vaticano 8174 que contine una traducción florentina del año 1341, muy probablemente basada en el propio ms. C al cual reproduce incluso en sus más mínimos detalles

[64]RICO, *Libros...* I, 99-100.

[65]RICO, *Libros...* 1, 81-82.

(traducción de la Biblia) así como de bestiarios al uso en la época[66]: no hay que olvidar que una buena parte de las constelaciones representan figuras de animales. También parecen reflejar a veces reflexiones sobre la tradición hermética presente, por otra parte, en obras relacionadas con la que nos ocupa, y que podrían formar parte del grupo de fuentes secundarias, tales como el *Picatrix* y el *Lapidario*[67].

Las referencias religiosas presentan, sin embargo, cierto interés. Por una parte, encontramos en el capítulo de la constelación del Aguila[68] una referencia al *Miᶜrāŷ* de Mahoma, llamado aqui "almeherech", cosa que no es sorprendente si tenemos en cuenta que una de las versiones de las *Qiṣṣat-al-Miᶜrāŷ* fue traducida en la propia corte alfonsí[69]. Por otra parte, las frecuentes alusiones a diversos temas de la religión cristiana evidencian el intento de justificar una obra que podía ser considerada sospechosa, no solo por provenir de una fuente musulmana sino por estar dedicada a temas tan peligrosos como la astronomía y la astrología. Esto, junto con la sistemática supresión de todas las referencias a la astronomía de *mīqāt* en el *Tratado del astrolabio redondo*[70], me lleva a considerar como intencionada la omisión del hecho, reflejado por al-Ṣūfī, de que *Al-Ŷady* se

[66]A. DOMINGUEZ en su *Astrología y arte en el Lapidario...*, 25, 30, sugiere la posibilidad de que se trate de la *Historia Natural* de Plinio. Sin embargo, una vez comparados ambos textos me inclino por descartarla. Podría tratarse, sin embargo, de el *Liber de Animalibus* de Pedro Gallego, obispo franciscano de Cartagena (1250-1276) y antiguo confesor de Alfonso X. O bien del *Livre des secrez de nature* (ms. Arsenal de Paris nº 2878) cuyo incipit dice: "ci comence le livre des secrez de nature sus la vertu des oyseauls et des poissons, pierres et herbes et bestes, lequel le noble roy Alfonce d'Espaigne fit transporter de grec en latin". Aunque no está comprobado que existiera realmente tal traducción alfonsí. A este respecto Cf. ROMANO, D., *Le opere scientifiche...*, 685, nota 48.

[67]Sobre este punto cf. KAHANE, H. and R. and PIETRANGELI, A. *Hermetism in the Alfonsine Tradition.*- "Mélanges offerts à Rita Lejeune, professeur à l'Université de Liège".- Gembloux, 1968 (1), 443-457 (especialmente págs. 452-453)

[68]RICO, *Libros...* I, 46.

[69]CERULLI, E., *Il "Libro della Scala" e la questione delle fonti arabo-spagnole della "Divina Commedia".*- Città del Vaticano, 1949. MUÑOZ SENDINO, J., *La Escala de Mahoma.*-Madrid, 1949. WERNER, E. *Liber scal(a)e Machometi. Die lateinische Fassung des "Kitāb al-miᶜrādj".*- Düsseldorf, 1986.

[70]Adaptación del libro de Ibn al-Samḥ sobre el astrolabio llano. Cf. VILADRICH, M., *Una nueva evidencia de materiales árabes en la astronomía alfonsí.*- "De astronomia Alphonsi regis" (Barcelona, 1987), 105-116.

usaba para determinar la dirección de la *qibla*[71]. Todo ello podría tomarse como censura religiosa, sin embargo también podrían deberse todas estas supresiones simplemente al hecho de que en un medio cristiano estos datos no tenían más que un valor puramente anecdótico.

La dependencia de la estética, que he mencionado anteriormente, llega hasta el punto de incluir partes de la descripción de una constelación en el capítulo dedicado a otra. Ese es el caso de la descripción del Centauro y el lobo (54 estrellas en total). Rico, además de incluir esta parte en la constelación del Cuervo tal como aparece en el ms., vuelve a repetirla en el capítulo que en derecho le corresponde, eliminando la parte explicativa, que figura al final de la descripción del Cuervo y que inserta en la introducción a este tercer libro del que forman parte ambas figuras, donde dice[72]:

> "Et todas estas razones que aquí possiemos deste centauro non lo fiziemos [en so logar y sí en esta foja del cuervo] sinon porque non cabian enna foia de cerca la su figura. ca tanto era el cuento de las estrellas que eran y escritas. porque non pudo y caber. Mas qui este libro trasladar en otro quisiere aguisse assi porque en aquel logar es o conviene quepa. ca non a figura en todol cielo á que mas conuenga que á esta de ser puesta la su razon en el logar do conuiene acerca della. et bien departido de guisa que la puedan entender los que la uieren et la leyeren"

Esto me lleva a la conclusión de que se realizaron primero las ruedas con las miniaturas y se dejó una página enfrente de cada una de ellas para la descripción textual, página que a veces resultó insuficiente por la cantidad de texto a insertar y otras, quedando medio vacía, hubo de ser llenada apelando a todos los medios disponibles. Es de notar que el capítulo de la Osa Menor es sensiblemente más largo que los restantes, lo mismo que la introducción al primero de los libros. Sin embargo, creo que esto no invalida mi conclusión anterior, puesto que tratándose del principio del libro resultaba fácil añadir unos cuantos folios por delante de la primera rueda. Por otra párte, encontramos en el manuscrito C que tanto en la constelación del Can Menor como en la del Pez Austral hay dos folios en blanco entre la descripción (M) y la rueda (P), impidiendo que estas se vean enfrentadas. No obstante, la descripción sigue ocupando una sola cara del folio, por lo que estas páginas intermedias podrían deberse a un error en el

[71]AL-ṢŪFĪ, *Kitāb*.... Ed. Hyderabad, 27 y trad. Schjellerup, 45. Sobre el uso de esta estrella para determinar la dirección de la *qibla* cf. KING, D., *Three Sundials from Islamic Andalusia*.- "Journal for the History of Arabic Science" 2 (1978), 371.

[72]RICO, *Libros*...I, 108-112.

momento de la encuadernación, sobretodo teniendo en cuenta que se trata de un manuscrito restaurado.

3.- El "Libro de las estrellas de la ochaua espera".

3.1.- Composición del "Libro".

Como es ya habitual en los tratados que componen la obra magna alfonsí, es el propio prólogo el que nos informa tanto de los nombres de los traductores que tomaron parte en la composición del libro en cuestión, como de ciertos avatares de ésta. Así vemos que dice:

> "En nombre de Dios. amen. Este es el libro de las figuras de las estrellas fixas que son en el ochauo cielo. que mando trasladar de caldeo et de arábiguo en lenguaje castellano el Rey D. Alfonso. fijo del muy noble Rey Don Fernando. et de la noble Reyna Donna Beatryz. et Sennor de Castiella. de Toledo. de Leon. de Gallicia. de Seuilla. de Córdoba. de Murcia. de Jahen. et dell Algarbe; et trasladólo por su mandado Yhuda el Coheneso. su alphaquin. et Guillen Arremon Daspa. so clérigo. Et fue fecho en el quarto anno que reynó este Rey sobredicho. que andaua la era de Cesar en mil doszientos et nouenta et quatro annos[73].
>
> Et despues lo endreço. et lo mandó componer este Rey sobredicho... et quanto en el lenguage endreçólo él por sise. Et en los otros saberes ouo por ayuntadores[74] á maestre Joan de Mesina et á maestre Joan de Cremona. et a Yhuda el sobredicho. et a Samuel; et esto fue fecho en el anno XXX de su reynado. et andaua la era de Cesar en M. et. CCC. et. XIIII. annos[75] et la de nuestro Sennor Jesu Xpo. en. M. et. CC. et. LXX. et. VI. annos."

Llama la atención en este texto la diferencia de 20 años que encontramos entre la primera traducción y la redacción y composición definitiva. Sin embargo, consultando la cronología de las obras alfonsíes[76], vemos que no se trata de un caso aislado, pues observamos una diferencia de 18 años entre la traducción del *Libro de la Alcora* (1259) y su revisión posterior (1277), fecha en que se le añadirá una sección adicional. Por otra parte, el *Libro de la Açafeha* ya traducido en 1255-56, vuelve a retraducirse "meior et mas complidamiente" en 1277. Es curioso destacar la coincidencia de las fechas de revisión de estas tres obras con las de composición de los *Libros del Saber*, que hace pensar que éstas, quizás

[73]Corresponde al año 1256.

[74]Probablemente "ayudadores". En ms. V. "auitatori"

[75]1314, misma fecha que el ms. 915 del Escorial (Corresponde al 1276).

[76]ROMANO, D., *Le opere scientifiche...*, tabla final.

dadas por buenas en su momento, se revisarían y reelaborarían justamente con motivo de su inclusión en esta obra magna.

3.1.1.- Colaboradores que tomaron parte en la traducción y posterior revisión y composición del "Libro".

3.1.1.1.- De la traducción primitiva

- Yehudá ben Mošé (ben Mosca) ha-Kohén[77] (c.1205), hijo de un rabí de Toledo. Debido a las variaciones que presentan los diversos textos, algunos autores han creido que se trataba de varios personajes, pero lo cierto es que se trata de una sola persona. No existen datos acerca de las fechas de nacimiento y muerte, aunque sabemos que su actividad se desarrolló en Toledo entre los años 1231 y 1272. Según los textos se le llamará "tabibe", "fisico[78]" o "alfaquim"[79] y en el *Lapidario* se especificará que era "mucho entendudo en la arte de astronomia. et sabie et entendie bien el arauigo et el latin". Fue traductor o colaborador en las siguientes obras alfonsíes: *Lapidario, Libro complido, Estrellas fixas, Alcora, Libro de las cruzes* y posiblemente también en el *Picatrix*[80]. Coautor de las célebres *Tablas alfonsíes* y revisor y compilador de las *Estrellas fixas* y posiblemente también del tratado de la *Alcora*.

- Guillem Arremon D'Aspa. Cristiano, clérigo del rey según el prólogo del *Libro de las estrellas*. Procter le identifica con un canónigo sevillano de mismo nombre[81].

3.1.1.2.- De la revisión posterior

- Samuel ha-Leví Abulafia. Este personaje, que aparece en el prólogo del *Libro* que nos ocupa bajo el nombre de Samuel, fue realmente poco importante, si lo comparamos con el resto de los colaboradores judios. Procedía de una familia

[77]ROTH, C., *The Jewish Contribution to Civilization*.- Cincinnati, 1940.

[78]Parece ser que recibio el título de "físico" en Toledo el año 1231. Cf. KAHANE, H. and R. and PIETRANGELI, A. *Hermetism...*, 456.

[79]Cf. HILTY, *El libro conplido en los iudizios de las estrellas*.- "Al-Andalus" 20 (1955), 46-50.

[80]Cf. ROMANO, D. *Le opere scientifiche...* Esta impresión corroboraría la opinión de KAHANE, H. and R. y PIETRANGELI, A. *Hermetism...* según la cual, la tradición hermética reflejada en las tres obras, *Lapidario, Picatrix y Estrellas fixas*, provendría de este traductor y colaborador del rey.

[81]PROCTER, E., *Alfonso X of Castille*.- Oxford, 1951. 126. Cf. también BALLESTEROS, A., *Sevilla en el siglo XIII*.- Madrid, 1913. 165.

tunecina que en el siglo XII se había asentado en Toledo, pero no conocemos las fechas concretas de nacimiento y muerte. Aparte de colaborar en la revisión del mismo, escribió el tratado sobre el *Relogio de la candela.*

- Yehudá ha-Kohén. De quién ya he hablado en el apartado anterior.

- Juan d'Aspa[82]. Cristiano. Según el *Libro de las cruzes* "maestre Johan d'Aspa, clerigo d'este mismo sennor [el rey]". No tenemos detalles sobre su vida, pero sabemos que colaboró en la traducción del *Libro de la alcora* y del *Libro de las cruces.*

- Giovanni de Mesina. Italiano. Personaje hasta la fecha no identificado.

- Giovanni de Cremona. Italiano, natural de Sabionetta, cerca de Cremona y notario del rey[83].

3.1.2.- Participación del Rey.

El monarca castellano tuvo gran interés en participar en todas aquellas empresas artísticas y culturales patrocinadas por la corona. Así vemos en la *General Estoria*[84] (Lib. XVI, cap XIII) como tomará parte el rey en dichos proyectos:

> "...el Rey faze un libro, non porque él escriba con sus manos, más porque compone las razones dél, e las emienda, et yegua, e indereça, e muestra la manera de cómo se deben fazer, desi escribelas qui el manda, pero dezimos por esta razón: el Rey faze el libro. Otrossí quando dezimos: el Rey faze un palacio e alguna obra, non es dicho por que lo él fiziere con sus manos, más por quél mandó fazer e dió las cosas que fueron menester para ella..."

También en el prólogo del *Libro de la fayçon dell espera*[85] nos dice el propio monarca:

> "Et este libro era departido según Cozta el Sabio lo departiera en LXV capítolos. Mas nos fizimos poner y cuatro capítolos demás, que convienen mucho a esta razón, ca son los primeros et todos los otros vienen en pos de estos, et sin ellos non podría seer bien ordenado el libro, et por ende los possiemos desta guisa"

[82]Parece que era aragones. Cf. HILTY, *El libro complido...*, 53.

[83]No figura en el prólogo del ms. V aunque da la impresión de que el traductor se ha saltado una linea pues dice "ma laltre cose ebbe per sui auitatori / il maestro Giovanni di Missina e il maestro Gi / uda sopradeto e Samuel".

[84]SOLALINDE, A.G., *Intervención del Alfonso X en la redacción de sus obras.*- "Revista de Filología Española" 2 (1915), 283-288.

[85]RICO, *Libros*, I, 154.

Y al final del mismo libro[86]:

> "... et porque fuesse esta obra de la espera más complida, mandamos nos rey Don Alfonso el sobre dicho annadir hy este capítolo para fazer armellas en la espera pora saber ell ataçir et egualar las casas segund la opinion de Hermes, et mandamos a Don Xossé nuestro alfaquin que lo fiziese[87]".

Finalmente, y en el propio prólogo del libro que nos ocupa, tenemos otra confirmación de la intervención real, más en el terreno lingüístico que en el propiamente científico, pues dice, como ya hemos visto en el punto 3.1:

> "Et despues lo endreçó. et lo mandó componer este Rey sobredicho. et tolló las razones que entendió eran soueianas. et dobladas. et que no eran en castellano drecho. et puso las otras que entendió que complian. et quanto en el lenguage endreçólo él por sise. et en los otros saberes ouo por ayuntadores á ..."

Queda pues claro en la totalidad de los textos que hacen referencia a la participación del rey en la composición de sus obras, que ésta fue, por regla general, en calidad de mecenas y que en aquellos casos en que participó más activamente fue más como enmendador linguístico o director de la composición que como científico.

3.2.- Manuscritos y ediciones.

3.2.1.- Manuscritos.

El más antiguo de los manuscritos de los *Libros del Saber de Astronomía* alfonsíes, y por tanto el más cercano a la corte del Rey Sabio, quizás perteneciente al propio monarca, es el Códice Regio conocido como manuscrito C o Complutense. Este manuscrito fechado en el siglo XIII, hoy en la Biblioteca de la Universidad Complutense de Madrid[88], fue conservado durante mucho tiempo en la Escuela de Altos Estudios de Alcalá (Complutum) de donde se deriva su nombre. Presenta considerables lagunas, básicamente falta casi la totalidad de la

[86]RICO, *Libros*, I, 206.

[87] Cf. ROMANO D., *Le opere...*, 692-693, donde se sugiere, acertadamente, que posiblemente Xossé sea una lectura erronea de Don Mošé, otro de los colaboradores del rey según Romano. Steinschneider e Hilty opinan que podría tratarse del propio Yehudà b. Mošé, quien tal como hemos visto figura en algunos textos como alfaquin del rey.

[88]n. 156 del Catálogo de Villa-Amil.

primera mitad del *Libro de las estrellas de la ochaua espera*[89], pues no encontramos ni el prólogo del libro en cuestión, ni ninguna de las constelaciones septentrionales, ni practicamente las zodiacales puesto que empieza en la de Acuario[90]. Por otra parte, los capítulos conservados han sido desgraciadamente mutilados, pues de hecho la casi totalidad de las miniaturas que ocupaban originalmente el medallón central de las ruedas han desaparecido, quedando las de menor interés artístico como pueden ser la de la Corona Meridional, extremadamente esquemática, y las de Piscis y Eridanus, así como la que acompaña a la rueda de las estrellas del astrolabio.

Sin embargo tenemos por fortuna el manuscrito Códice Vaticano 8174 (V)[91] que contiene una traducción florentina del año 1341 realizada a partir del ms. C, o de una copia muy similar, y que presenta lagunas poco importantes. Falta en este manuscrito lo siguiente:

-La rueda correspondiente a la constelación de Tauro (P)

-La descripción de la constelación de Geminis (M)

-La rueda correspondiente a Sagittario (P)

-La descripción de Capricornio (M)

-La "Summa de las estrellas meridionales" (A)[92]

-La parte del capítulo dedicado a los nombres de las estrellas que va desde la constelación de la Osa Menor hasta la de Offiuco y su serpiente, de la que se dan únicamente las últimas estrellas (A)[93]

Es decir, un total de tres folios.

Existen también otros manuscritos de menor interés en tanto en cuanto son bastante posteriores. Entre estos cabe destacar el ms. H, de la Real Academia de la Historia de Madrid, cuya primera parte es del siglo XV y la segunda del XVI y el N, de la Biblioteca Nacional de Madrid, también del siglo XVI.

[89]Cf. TALLGREN, O.J., *Observations sur les manuscrits de l'Astronomie d'Alphonse X le Sage, roi de Castille.*- "Neuphilologische Mitteilungen" 5/6 (1908), 110-114.

[90]Ms. C. folio 81.

[91]Editado por KNECHT, *I Libri...*

[92]Se encuentra en el ms. C.

[93]Tambien lo tenemos en el ms. original C.

3.2.2.- Ediciones.

Disponemos, aparte de la edición en microfichas de Lloyd Kasten y John Nitti[94], de dos ediciones publicadas del *Libro de las estrellas de la ochaua espera.* Una, la que viene incluida en la edición de los *Libros del Saber de Astronomía* llevada a cabo por Rico y Sinobas en los años 1863-67, meritoria por el gran esfuerzo que debió suponer, pero poco cuidadosa principalmente en las cuestiones lingüísticas, de transcripciones, etc. Esta edición, tiene además la desventaja, en concreto para el libro que nos ocupa, de que al estar basada en el ms. C, del que como ya he dicho falta la totalidad del primer libro y prácticamente todo el segundo, se tuvo que subsanar esto recurriendo a los manuscritos antes citados H y N, ambos ya muy tardios, sin especificar, además, en ningún momento de cual de ellos procede la lectura. La segunda, es la excelente edición de Pierre Knecht del códice vaticano (V), cuyo único inconveniente es el de tratarse de una traducción florentina, casi idéntica en su contenido al ms. C, pero poco práctica al tratar en concreto el tema de la traducción de vocablos técnicos y el del léxico en general.

Así pues, mientras por regla general me referiré a la edición de Rico, para los asuntos de detalle me remitiré a la de Knecht, en el bien entendido que ambas versiones han sido consultadas en la totalidad de los casos, lo mismo que los manuscritos C, N, H y V siempre que ha sido conveniente.

3.3.- Descripción de la obra.

El *Libro de las estrellas de la ochaua espera* es el primero de los tratados que componen la obra magna alfonsí titulada *Libros del Saber de Astronomia.* Se subdivide en cuatro secciones:

- "Libro I de las estrellas de septentrion"
- "Libro II de las estrellas que son en el zodiaco"
- "Libro III de las estrellas de medio dia"
- "Libro IIII del cuento de las estrellas del ochauo cielo"

Los tres primeros libros consisten básicamente en la descripción de las constelaciones que se encuentran situadas en la zona del cielo a que hace referencia el título, más una rueda acompañando a cada capítulo que, además de reflejar el catálogo del *Almagesto* con las coordenadas y magnitudes correspondientes a cada una de las estrellas, introduce una serie de referencias astroló-

[94]KASTEN, Ll., and NITTI, J., *Concordances and Texts of the Royal Scriptorium Manuscripts of Alfonso X, el Sabio.*- The Hispanic Seminary of Medieval Studies.- Madison, 1978.

gicas que le diferenciarán del resto de los catálogos anteriores. Por otra parte, y en el centro de cada una de las ruedas aparece una miniatura, representación iconográfica de la constelación en cuestión.

Cada uno de estos tres libros consta de una pequeña introducción de tipo general, siendo la del primero de ellos más larga y completa que las restantes. En esta primera introducción encontramos ciertas referencias cosmográficas presentadas con el fin de situar en el cosmos el octavo cielo que será donde se encontrarán las constelaciones y estrellas que va a describir[95]. Empieza por hablar del noveno cielo o motor para pasar rápidamente al octavo, que será según este prólogo, más noble que los otros siete por estar más cerca del noveno. A continuación justifica el orden empleado en la enumeración de las constelaciones, por ser éste el empleado por Ptolomeo que fue "el sabio mas connoscido que todos los otros en la arte de la Astrologia", y cita la totalidad de las constelaciones correspondientes a este primer libro. Las introducciones a los libros II y III, probablemente por cuestión de espacio, son sensiblemente más cortas, obviando la enumeración de cada una de las constelaciones que los componen y ofreciendo únicamente una pequeña digresión sobre lo que se va a exponer en el libro.

Los 46 capítulos destinados como ya he dicho a la descripción de las constelaciones, a razón de capítulo por constelación, empiezan con la formula "De la figura de . . . , et de las estrellas que son dentro en la forma. et de fuera de la forma". Las 48 constelaciones del *Almagesto* griego y del *Kitāb* de al-Ṣūfī, se ven reducidas en el texto castellano a 46, debido a la unión, en dos ocasiones, de dos constelaciones en una sola. La numeración del *Libro* alfonsí con relación a la ptolemaica, que es la que sigue al-Ṣūfī, es como sigue:

LIBRO		*ALMAGESTO*	
	Libro I de las estrellas de septentrion		
I	Ossa menor	I	Ursa minor
II	Ossa mayor	II	Ursa major
III	Serpiente	III	Draco
IV	Inflamado	IV	Cepheus

[95]Ideas parecidas a las expresadas en el *Setenario*, ley XXXIII. Cf. VANDERFORD, K. H., *Setenario*.- Barcelona 1984. 63.

	LIBRO		*ALMAGESTO*
V	El qui da uoces	V	Bootes
VI	Corona de septentrion	VI	Corona borealis
VII	Genuflexu	VII	Hercules[96]
VIII	Galapago	VIII	Lyra
IX	Gallina[97]	IX	Cignus[98]
X	Mugier assentada en la siella	X	Cassiopea
XI	Leuador de la cabeza de alguol	XI	Perseus
XII	Tenedor de las riendas	XII	Auriga
XIII	Caçador de las culebras	XIII	Ophiuchus
		XIV	Serpens[99]
XIV	Saeta	XV	Sagitta
XV	Aguila	XVI	Aquila
XVI	Dalfin	XVII	Delfinus
XVII	Pieça del cauallo	XVIII	Equuleus[100]
XVIII	Cauallo mayor	XIX	Pegasus[101]
XIX	Mugier encadenada	XX	Andromeda
XX	Triangulo	XXI	Triangulum

Libro II de las estrellas que son en el zodiaco

XXI	Aries (Carnero)	XXII	Aries
XXII	Tauro (Toro)	XXIII	Taurus

[96]"The [figure] on its knees" TOOMER, G.J., *Ptolemy's Almagest*, 348.

[97]Aunque la palabra "daŷāŷa", empleada por los traductores árabes del *Almagesto*, sirve en árabe para designar a las gallináceas en general, la encontramos en el *Vocabulista* con la única acepción de "galina" (Cf. SCHIAPARELLI, *Vocabulista in arabico*.- Firenze, 1871. 98).

[98]"bird" TOOMER, G.J., *Ptolemy's Almagest*, 350.

[99]"of the snake of the snake-holder" TOOMER, G.J., *Ptolemy's Almagest*, 355.

[100]"bust or figurehead of a horse". TOOMER, G.J., *Ptolemy's Almagest*, 358.

[101]"The horse". TOOMER, G.J., *Ptolemy's Almagest*, 358.

	LIBRO		*ALMAGESTO*
XXIII	Gemini	XXIV	Gemini
XXIV	Cancro	XXV	Cancer
XXV	Leon	XXVI	Leo,
XXVI	Virgo	XXVII	Virgo
XXVII	Libra	XXVIII	Libra[102]
XXVIII	Escorpion (Alacran)	XXIX	Scorpio
XXIX	Sagittario	XXX	Sagittarius
XXX	Capricornio	XXXI	Capricornius
XXXI	Aquario	XXXII	Aquarius
XXXII	Pez	XXXIII	Pisces

Libro III de las estrellas de medio dia

XXXIII	Caytos	XXXIV	Cetus
XXXIV	Urion	XXXV	Orion
XXXV	Rio	XXXVI	Eridanus[103]
XXXVI	Liebre	XXXVII	Lepus
XXXVII	Can mayor (Can del podiente ó del poderoso que es Urion)	XXXVIII	Canis Major[104]
XXXVIII	Can menor	XXXIX	Canis Minor[105]
XXXIX	Naue (Naf)	XL	Argo[106]
XL	Ydro	XLI	Hydra[107]
XLI	Tynaia	XLII	Crater
XLII	Cuervo	XLIII	Corvus
XLIII	Centauro et el lobo	XLIV	Centaurus

[102]"claws" (of Scorpio). TOOMER, G.J., *Ptolemy's Almagest*, 371.

[103]"river". TOOMER, G.J., *Ptolemy's Almagest*, 384.

[104]"the dog". TOOMER, G.J., *Ptolemy's Almagest*, 387.

[105]Según Ptolomeo 'Procyon', "harbinger of Sirius". TOOMER, G.J., *Ptolemy's Almagest*, 388.

[106]Hoy dividida en tres constelaciones: Puppis, Vela y Carina.

[107]"the water-snake". TOOMER, G.J., *Ptolemy's Almagest*, 391.

LIBRO		*ALMAGESTO*	
		XLV	Lupus[108]
XLIV	Fogar	XLVI	Ara[109]
XLV	Corona miridional	XLVII	Corona Aus.
XLVI	Pez miridional	XLVIII	Piscis Aus.

Vemos pues que el *Almagesto* griego presenta, al igual que al-Ṣūfī, 48 constelaciones, mientras que el texto castellano reduce este número a 46, por el procedimiento de unir en dos ocasiones dos constelaciones en una sola. Se trata, como vemos en el listado precedente, de Ofiuco y su serpiente y Centauro y el Lobo. En el primer caso, no se ofrece en el *Libro* alfonsí explicación alguna al respecto, pero es evidente que no se trata aquí de una cuestión de espacio puesto que ambas figuras suman un total de 48 estrellas, de las cuales 29 pertenecen al hombre y las 19 restantes a la serpiente. Antes al contrario, da la impresión de haberse resumido mucho el texto para que cupiera todo en una sola página. Es posible que, dependiendo como se dependía de la rueda y el consiguiente medallón central y correspondiendo ambas figuras a una sola imagen, se hiciera difícil, otra vez por cuestión de estética, separarlas en dos capítulos. Algo parecido ocurre con el segundo caso en el que las dos constelaciones también componen un solo dibujo de difícil división, puesto que el hombre sujeta a la bestia con su mano. Sin embargo, aquí sí especifica el texto alfonsí que se trata en realidad de dos constelaciones pues dice:

> "Et esta figura es contada entre las XLVIII. figuras por dos. ca es el centauro la una. et el lobo la otra. mas amas dizen cantorez..."

Parece, además, que les vendría muy bien a los colaboradores alfonsíes mantener esta división puesto que dicha constelación consta en total de 56 estrellas, 37 en el Centauro y 29 en el Lobo, lo que daría por si mismas dos constelaciones más que suficientes y se evitarían el tener que adelantar la descripción de la figura a la constelación del Cuervo por no caberles en su página correspondiente[110].

[108]"beast". TOOMER, G.J., *Ptolemy's Almagest*, 396.

[109]"incense-burner". TOOMER, G.J., *Ptolemy's Almagest*, 397.

[110]Cf. nota 71 y texto correspondiente.

En cuanto al libro IIII, "Del cuento de las estrellas segund que son en cada figura", encontramos una distribución ya totalmente diferente. Para empezar, los otros tres libros presentan en total 46 capítulos dedicados sucesivamente a cada una de las constelaciones. El cuarto libro, en cambio, consta de una serie de capítulos, cada uno de los cuales trata un punto en concreto referido a la totalidad de las constelaciones. Estos puntos vinen en el *Kitāb* desglosados en sus constelaciones correspondientes.

El primero de estos capítulos se titula "Del cuento de las estrellas segund que son en cada figura. et de la summa dellas" y se subdivide a su vez en tres secciones encabezadas: "De las figuras de septentrion", "Aquí se comienza la summa de las estrellas de las figuras de los XII signos" y "Aquí se comienza la summa de las estrellas que son en las figuras de mediodia". Tratan estas tres secciones, como sus respectivos nombres indican, del número de estrellas de que se compone cada una de las constelaciones, desglosándolas en estrellas de dentro y fuera de la forma.

El capítulo segundo de este cuarto libro se titula "Por qué razon fueron puestos los nombres de las estrellas" y se subdivide en las tres partes correspondientes relativas a las constelaciones septentrionales, del zodíaco y de mediodía. Ahora bien, a diferencia de lo que podría presumirse por el título, no nos habla del porqué de los nombres de las estrellas[111], sino de los nombres en si, que nos ofrece constelación a constelación, recogiendo la tradición árabe al respecto, expuesta por al-Ṣūfī y repitiendo, a menudo, lo ya dicho en los capítulos correspondientes de los tres primeros libros. Esto, junto con ciertos datos referentes a la traducción de vocablos árabes y a su transcripción de los que hablaré más adelante, me ha llevado a pensar en una posible diferencia de autoría de esta última parte del *Libro*, cuyo redactor desconocería la parte anterior y únicamente se dedicaría a recoger la tradición árabe ya mencionada.

Aquí, según Rico, terminarían los cuatro libros, puesto que añade una tercera parte, con una numeración otra vez nueva, bajo el epígrafe: "Algunas adiciones antiguas a los libros alfonsíes de las estrellas de la ochaua espera de los cielos". Adiciones que estructurará en las siguientes partes:

I.- "Estrellas que escogió Ptolomeo para poner en sos astrolabios. Acompañada de la correspondiente rueda".

II.- "De las estrellas nublosas et cárdenas que non nombró Ptolomeo".

[111]A este tema dedica un largo excursus el capítulo dedicado a la constelación de la Osa Menor. Cf. RICO, *Libros*... 16-18.

III.- "De las estrellas fixas que non nombró Ptolomeo en el so libro".

IV.- "De las estrellas fixas rectificadas en Toledo hacia el año 1260 de la era cristiana". (El subtítulo de la tabla es el que figura como título en la tabla correspondiente en el *Libro dell astrolabio redondo*[112], tanto en Rico como en los ms. C y V. y es el siguiente: "Esta es la tabla de los logares de las estrellas fixas que fueron uerificadas en Toledo por mandato del sobredicho Rey Don Alfonso. Et estos logares son con el mouimiento del ochauo pora sennalar en la red").

Sin embargo, cotejando los manuscritos C y V, vemos que esto no era así, puesto que en ambos casos, a continuación del apartado descrito anteriormente y titulado "por qué razón fueron puestos los nombres de las estrellas", viene sin separación de ningún tipo otro titulado "De las estrellas que puso Ptolomeo en el astrolabio" y que se corresponde exactamente con la sección que he llamado I de Rico. Sin embargo, no se presenta a continuación mismo la rueda sino que se arguye que, antes de mostrarla, se quiere hablar de las estrellas llamadas cárdenas o nublosas. Esta sección, que corresponde a la número II de Rico, presenta dos puntos oscuros. El primero de ellos es que, a pesar de las palabras introductorias que aparecen formando parte del apartado anterior, solamente hablará de las nublosas, y el segundo es el "non" que encontramos en la frase dando a entender que Ptolomeo no habló de ellas[113] y que parece un error no de copia sino de original. Siguiendo con el ms. C y la edición de la traducción florentina, vemos que a continuación se habla de las estrellas que no nombró Ptolomeo y que tiene su correspondencia en la sección III de Rico[114]. Aqui vendría la rueda antes anunciada que cerraría el libro.

Vemos pues que lo que Rico añade por su cuenta -aparte del cambio de posición de la rueda y de la primera frase de la sección II que en realidad corresponde al final de la I pero que de haberse mantenido allí hubiera obligado a la colocación de la rueda en su lugar correspondiente- son las secciones IV y V. La IV que se encuentra formando parte de los *Libros del Saber de Astronomia*, pero en el *Tratado del astrolabio redondo* y no tiene, a pesar de lo que pu-

[112]RICO, *Libros*... II, 147.

[113]El ms. C dice textualmente: *como quier que las non nombro Tholomeo*

[114]Me pregunto si no faltará en el ms. C una línea donde, como en el caso anterior, se introduciría el apartado siguiente en el precedente.

diera parecerle a Rico, nada que ver con el *Libro de las estrellas*, entre otras cosas, la constante de precesión es de 16;38º, mientras que la del libro es de 17;08º[115] y la V, "acerca de los lugares del ochauo cielo en que no se ven estrellas", cuya procedencia falta por determinar, puesto que nada nos dice Rico de ella, pero que evidentemente recoge materiales de al-Ṣūfī al respecto y aunque no aparece en la traducción florentina, ni en el ms. C sí parece lógico que éste sea su lugar natural.

3.4.- Subdivisión.

Para su mejor estudio y comparación con él *Kitāb* de al-Ṣūfī, he subdividido el *Libro* -siguiendo a Tallgren[116]- en las siguientes secciones:

P) Corresponde a las ruedas (referencia a Ptolomeo)

M) Texto que describe las constelaciones y acompaña a las ruedas.

A) Libro cuarto (referencia a la tradición árabe implicada, aunque incluye otras secciones)

Por mi parte, consideraré A) únicamente los dos primeros capítulos del libro cuarto y dedicaré a los otros dos, a los que llamaré recuento estadístico, tratamiento aparte, pues presentan una problemática específica. Además, incluiré una cuarte sección:

I) Relativa a la iconografía.

4.- Materiales del "Libro" procedentes del "Kitāb" de al-Ṣūfī.

Hay una serie de materiales en el *Libro de las estrellas* alfonsí que inequívocamente proceden del *Kitāb ṣuwar al-kawākib* de al-Ṣūfī. Entre estos materiales cabe destacar los datos numéricos, la nomenclatura estelar y los materiales de tipo estadístico recopilados en el Libro IV.

4.1.- Datos numéricos

El estudio de los datos numéricos, que se encuentran como ya he dicho concentrados en las ruedas, y su comparación con los que encontramos en las tablas de al-Ṣūfī y en el *Almagesto* griego servirá para determinar si en el círculo de astrónomos de la corte del Rey Sabio se realizaron observaciones propias de la estrellas, siempre en relación a la composición del texto que nos ocupa, el

[115]Cf. nota 19.

[116]TALLGREN, O.J., *Survivance...*, 241-242.

Libro de las estrellas de la ochaua espera, en cuyo caso habrían introducido novedades o corregido datos anteriores o si, por el contrario, se limitaron a reproducir las mejoras aportadas por el *Kitāb*.

4.1.1.- Magnitudes

Por lo que respecta a las correcciones realizadas a las magnitudes de algunas de las estrellas del catálogo de Ptolomeo, hay que distinguir dos puntos importantes. El primero de ellos es que en las ruedas alfonsíes se reproducen las mismas correcciones que encontramos en al-Ṣūfī. Igualmente ocurre con el ms. 915 que encontramos corregido siguiendo las mejoras aportadas en este campo por el astrónomo persa[117]. Sin embargo, estas correcciones no aparecen en el catálogo de estrellas de las *Tablas Alfonsíes*, bien porque éstas hubieran sido redactadas con anterioridad[118], bien porque representen una tradición distinta a la alfonsí y recojan únicamente su valor de precesión. Lo que está claro es que este catálogo no procede de al-Ṣūfī, como los del *Libro* y *Lapidario* sino, tal como apunta Kunitzsch[119], de la versión latina del *Almagesto* de Gerardo de Cremona. El segundo es que los datos reflejados por Alfonso en el texto que nos ocupa son menos exactos que los del ms. 915, puesto que al-Ṣūfī, como hiciera en su momento Ptolomeo, además de dar la magnitud correspondiente a cada estrella, especifica, en su caso, si es de las mayores o las menores de la citada magnitud. Esta precisión, fielmente reflejada en el ms. 915, no la encontramos en el *Libro* alfonsí.

Cotejadas una a una las magnitudes de las estrellas corregidas por el astrónomo persa con las que aparecen en las ruedas castellanas, se puede determinar que el *Libro* copia con exactitud los nuevos datos proporcionados por el *Kitāb*, hasta el punto que de un total de 132 estrellas[120] que en él se corrigen, encontramos sólo 2 sin modificar, y que sí vienen corregidas en el ms. 915. Muy probablemente, se trate de errores de copia, puesto que en uno de los casos

[117]KUNITZSCH, P., *Claudius Ptolemaüs. Der Sternkatalog...* 1.- Wiesbaden, 1986. 12.

[118]Según el prólogo castellano, se realizarían y se redactarían entre los años 1263 y 1272. Cf. RICO, *Libros...* IV, 111-120. Y NORTH, J., *The Alphonsine Tables in England*, 269-270. Hay que recordar que el *Libro* se tradujo por primera vez en 1256 y se corrigió definitivamente en 1276, año en que esta fechado también el ms. 915.

[119]KUNITZSCH, P,. *Star Catalogues and Star Tables...*, 117.

[120]En total, al-Ṣūfī corrige las magnitudes de 378 estrellas. Alfonso, al no recoger más que aquellas que implican un cambio de número en la mágnitud, reduce esta cifra a 132.

(Hercules 15)[121] se ha seguido la magnitud del *Almagesto* y en el otro (Centauro 7) parece tratarse de una confusión con la magnitud de la estrella siguiente.

El ms. 915, sin embargo, no corrige la totalidad de las magnitudes, parece que olvida la corrección en una serie seguida de constelaciones para volver a reemprenderla más adelante. Hay que decir que en este manuscrito, en todo lo que son adiciones posteriores, se encuentran múltiples irregularidades como en el caso de las naturalezas de las estrellas. Pero es precisamente en ciertas correcciones a las magnitudes ptolemaicas, que precisamente no figuran en el ms. de Tunez[122], donde vemos uno de los datos que apuntan hacia una relación entre el manuscrito 915 y la corte castellana. Se trata de la constelación de Draco, concretamente de su estrella nº 10, a la que Ptolomeo considera de 4ª magnitud y al-Ṣūfī de las menores de la 3ª. Pues bien ni en la tabla del ms. 915 ni en la rueda del *Libro* se toca la magnitud de esta estrella nº 10 y, sin embargo, ambos corrigen la siguiente es decir la nº 11[123]. Es evidente que se trata del clásico error consistente en saltarse una linea el copista, y que este error compartido muestra que un texto estaría recogiendo la información del otro, o que ambos estarían recogiéndola de una misma fuente que ya contendría el error. Ahora bien, como es imposible que el ms. 915 estuviera basado en el *Libro*, puesto que recoge más información el primero que el segundo -y me refiero al detalle de las distintas categorías dentro de cada magnitud-, y tampoco es posible lo contrario ya que, siendo así, Alfonso reflejaría todos los errores que presenta el manuscrito, es evidente que ambos estarían utilizando la misma copia, errónea en este punto, del ms. de al-Ṣūfī, o una primera traducción de sus tablas donde se cometería el error. Esta traducción, al ser posteriomente reestructurada, y quizás ampliada con los materiales astrológicos, pudo haber perdido, tal vez por falta de espacio o por no considerarlo de suficiente importancia, el detalle de las distintas categorías dentro de cada magnitud. Sin embargo, hay algo que me inclina a considerar la primera de estas posibilidades y es que mientras los textos, tanto en Schjellerup como en Hyderabad, y las tablas de este último especifican que el error está en la 10, las tablas recogidas por Schjellerup lo muestran en la 11,

[121]Sigo la numeración alfonsí.

[122]Ms. 07116, Bibliothèque Nationale de Tunis (Ŷumādā 478H/Octubre 1085), 117v/134v. Manuscrito que contiene una traducción de la versión de Isḥāq del Amagesto y que guarda bastantes puntos de contacto con el ms. 915.

[123]KUNITZSCH en su edición no recoge esta corrección. Cf. *Der Sternkatalog...*, 333.

pudiendo bien pertenecer a esta familia de tablas las que se dispondrían en la corte alfonsí.

Por lo que respecta al ms. 915 debo hacer constar que, ya sea debido al hecho de tratarse de una adición al margen, o bien a unas posibles observaciones, éste se aleja a menudo de las correcciones realizadas por al-Ṣūfī para seguir a veces al *Almagesto* original o incluso introducir datos nuevos. Las correcciones del ms. 915 son del tipo siguiente:

- 1) En la mayoría de los casos se siguen las correcciones propuestas por al-Ṣūfī.
- 2) A menudo, cuando se deja de realizar una corrección da la impresión de tratarse de una omisión involuntaria, pues esto ocurre en series seguidas de constelaciones, o de estrellas de una misma constelación, y se reemprenden las correcciones más adelante otra vez con regularidad.
- 3) Encontramos casos en que la corrección no se presenta al margen, siendo la magnitud original ptolemaica, sino que ya aparece en la columna correspondiente[124].
- 4) Las estrellas de la Nave presentan una serie de divergencias importantes. Para empezar, no se recoge la magnitud correcta de Ptolomeo en varias ocasiones aunque sí se corrige la magnitud recogida cambiándola por la de al-Ṣūfī[125]. A continuación, se corrigen una serie de estrellas, las n°s 15, 16, 17, 21 y 26 que no aparecen enmendadas por al-Ṣūfī, ni en el texto castellano ni en al-Birūnī, quien también recoge las correcciones de al-Ṣūfī. Si se tratara del típico error de saltarse una linea, se explicaría la corrección de la n° 26 pero no la de las otras cuatro estrellas. También hay que decir que falta en este ms. la estrella n° 31. Parece, puesto que esto último sólo sucede en esta constelación, que se trate de una enorme confusión en el momento de la copia favorecida, quizás, por el hecho de que la descripción de los lugares de la nave que ocupa cada estrella ya es suficientemente confusa de por si, debido a la gran cantidad de tecnicismos náuticos de difícil traducción que presenta la constelación en cuestión[126].

[124]Ejemplo de esto lo encontramos entre otras en Andrómeda 23.

[125]Esto ocurrirá también en otras constelaciones como en Acuario, estrella n° 6, Sagitario, estrellas 23, 24, 26 y 27, etc.

[126]Cf. TALLGREN, O.J., *Survivance...*, 249 y 262-265. Esta dificultad ya la encontraron los propios árabes al tener que traducir del griego estos términos técnicos. Como solución, los sustituyeron a menudo por explicaciones o circunloquios que al llegar a manos de los traduc-

No da por lo tanto la impresión de tratarse de nuevos datos debidos a la observación, sino de errores, corrientes en este manuscrito como ya he dicho, cuando se trata de adiciones posteriores.

En conclusión, pues, por lo que respecta a las magnitudes no parece que se propongan novedades ni en el *Libro* ni en el ms. 915.

4.1.2.- Longitudes y latitudes

En cuanto a los errores en longitud y/o latitud detectados por al-Ṣūfī en el *Almagesto* de Ptolomeo, encontramos algunas diferencias entre las coordenadas del *Libro* y las del *Kitāb*, aunque en la inmensa mayoría de casos vuelven a coincidir plenamente. A este respecto puede enfocarse el estudio desde dos aproximaciones distintas.

Por una parte, efectuando un estudio comparativo de los 98 casos en que Ibn al-Ṣalāḥ (m. 1154), en su libro titulado *Fī sabab al-jaṭā' wa-l-taṣḥīf al-ᶜāriḍayn fī ŷadāwil al-maqālatayn al-sābiᶜa wa-l-ṯāmina min kitāb al-Maŷisṭī wa taṣḥīḥ mā amkana taṣḥīḥu-hu min ḏalika* (Sobre las causas de errores y confusiones en las tablas de los libros séptimo y octavo del *Almagesto* y las posibles correcciones correspondientes)[127], considera que los datos proporcionados por Ptolomeo referentes a las latitudes y/o longitudes son erróneos en alguna o en la totalidad de sus versiones árabes[128]. Y por otra, un cotejo de los 70 casos en los que es el propio al-Ṣūfī quién detecta errores en los datos del *Almagesto* a este respecto.

Con relación a los casos descritos por Ibn al-Ṣalāḥ, encontramos que las coordenadas, procedentes de Ptolomeo tanto en Alfonso X como en al-Ṣūfī, coinciden en *Libro* y *Kitāb* en 87 de los 98 casos. Las diferencias que se presentan en los 11 casos restantes se distribuyen del modo siguiente:

A) 2 casos en que Alfonso y al-Ṣūfī siguen una tradición árabe distinta.

B) 2 casos que sugieren un intento, en el *Libro* alfonsí y en el ms. 915 en uno de ellos, de aunar dos tradiciones.

tores castellanos, y a falta tanto del original griego como del vocabulario específico, fueron mal interpretados.

[127]Ibn al-Ṣalāḥ, *Zur Kritik der Koordinatenüberlieferung im Sternkatalog des Almagest*, ed. P. KUNITZSCH.- Göttingen, 1975.

[128]Errores debidos muy a menudo a la confusión entre distintas letras con valor númerico, tanto en la traducción del original griego, como en la misma transmisión árabe.

C) 5 casos en que no concuerda Alfonso con ninguna de las tradiciones anteriores.

D) 2 casos en que se produce una confusión en el *Libro* con respecto al número de orden de las estrellas.

El desglose de estos 11 casos es como sigue:

A) Ursa Maj., nº 7, externa- Alfonso y 915 coinciden con el manuscrito griego B[129] y la tradición árabe de al-Ma'mūn y dan como latitud 20;20º, mientras que al-Ṣūfī da 23;00º siguiendo la versión de Isḥāq[130].

Virgo, nº 20.- Alfonso y 915 concuerdan en atribuirle una latitud septentrional, según la versión siriaca y de al-Ḥaŷŷāŷ, mientras que el *Almagesto* griego y al-Ṣūfī, así como la versión de Isḥāq y Ṯābit, la consideran meridional[131].

Estos dos casos, en los que además concuerdan Alfonso y 915, parecen indicar un uso de varias versiones distintas del *Almagesto*, apuntando hacia lo que podría ser una traducción en cierta medida crítica del *Kitāb*. Es de destacar que estos son los dos únicos casos en que las variaciones que encontramos en el *Libro* y ms. 915 con respecto a al-Ṣūfī coinciden con los datos del catálogo de estrellas de al-Bīrūnī que figura en su *Al-Qānūn al-Masᶜūdī*[132], en cuya 3ª parte, capítulo V, sección 2º se dice que ha habido un intento de corregir en lo posible los errores detectados por al-Ṣūfī[133].

B) Ursa Min., nº 3.- Donde la longitud de 2 signos, 16;10º parece proceder de una contaminación de los 2 signos, 16;00º de al-Ṣūfī, ms. 915 y tradición árabe en general y los 2 signos, 10;10º del *Almagesto* griego.

[129]Sigo la nomenclatura de TOOMER, G.J., *Ptolemy's Almagest*.

[130]Este error proviene posiblemente de la confusión, corriente, de ṯalāṯ con *scriptio defectiva* y ṯulṯ. Aunque, por otra parte, el hecho de que no se escribiesen las fracciones en columna separada, de modo que cuando no había minutos se dejaba entre grados y segundos un pequeño lugar en blanco, era también fuente de innúmeras confusiones así como la representación de 1/3 por la letra ŷīm y de 3 por la misma letra con una raya superpuesta. Cf. KUNITZSCH, P., *Zur Kritik...* , 152-155. Cabe destacar aquí también que la divergencia entre el ms. 915 y la versión de Isḥāq, de la que es precisamente copia, y el hecho de que esté de acuerdo con el texto alfonsí muestran una vez más la relación entre ambos textos.

[131]Vuelve a alejarse el ms. 915 de la versión que copia para concordar con la alfonsí.

[132]AL-BĪRŪNĪ, Ibn al-Rayḥān, *Kitāb al-Qānūn al-Masᶜūdī*.- Hyderabad, 1957.

[133]En los demás casos, al-Bīrūnī concuerda ya sea con al-Ṣūfī, Ptolomeo o cualquiera de las versiones árabes.

Ursa Maj., nº 15.- Los 33;20º de latitud en Alfonso y 915 parecen un intento de conciliar los 30;20º de al-Ṣūfī y la tradición árabe en general con los 33º de Ptolomeo y versión Isḥāq. Esta última variante alfonsí no parece encontrarse anteriormente ni en la tradición griega ni en la árabe. Sin embargo, hay que destacar que en la posición de esta estrella, al-Ṣūfī detecta un error aunque no distingue si se trata de longitud o latitud.

C) Ursa Maj, nº 8.- Los 44;20º de latitud ptolemaicos, aparecen en el texto castellano convertidos en 47;20º. Podría, fácilmente, tratarse de un error (VII por IIII, o zayn por dāl), puesto que no concuerda con ninguna de las tradiciones anteriores, aunque, una vez más, casualidad o no, se trata de una de las estrellas en las que al-Ṣūfī detecta error de latitud en el *Almagesto.*

Hercules, nº 11.- Ocurre, como en el caso anterior, que no encontramos documentada anteriormente la latitud alfonsí de 54;10º, que en al-Ṣūfī, *Almagesto* griego y tradición árabe en general es de 53;10º, mientras que en otras tradiciones árabes es de 50;40º y 56;10º. Sin embargo, no encontramos con respecto a esta estrella error alguno detectado en el ***Kitāb,*** aunque la confusión, como en el caso anterior, vuelve a ser fácil (IIII por III o dāl por ŷīm).

Aquarius, nº 27.- Presenta el texto castellano una longitud de 10 signos, 20;20º contra la habitual de 10ˢ 20;30º[134]. Sin embargo, estos mismos 20;20º aparecen también en algunos mss. de la versión de al-Ḥaŷŷāŷ[135].

Aquarius, nº 42.- Los 23º de latitud ptolemaicos se convertirán en 13º en el texto castellano.

Piscis, nº 13.- Alfonso da una latitud de 1;00º, no concordando con ninguna de las tradiciones conocidas. El ms. 915 da 1;20º al igual que los mss. de la versión de al-Ḥaŷŷāŷ citados en la nota 132. También en este caso, al-Ṣūfī indica la existencia de un error indeterminado.

Hay que tener en cuenta, sin embargo, que las correcciones que encontramos en los 5 casos del apartado C) son del tipo que hacen sospechar errores de copia. Confusiones por otra parte bastante habituales tanto entre los números romanos como en el sistema *abŷadí.*

[134]Al-Ṣūfī habla de un error de posición refiriendose a la estrella nº 26.

[135]Mss. de Londres Add 7475 de la British Library (1218), Escorial 914 y París hebreo 1100 de la Bibliothèque Nationale (1475). Cf. KUNITTZSCH, Paul, *Claudius Ptoemaüs. Der Sternkatalog...*, 5-9.

No podemos dejar de observar que de estos 5 casos, como ya hemos visto, 2 están entre las 70 estrellas en las que al-Ṣūfī detecta errores en sus coordenadas ya sean en cuanto a longitud y/o latitud, aunque sin especificar en la mayoría de los casos, y un tercero, se refiere a la estrella siguiente a una de las que al-Ṣūfī considera erróneas. Esto no tiene porque ser una equivocación puesto que al-Ṣūfī se limita, por regla general, a observar que la estrella en cuestión no está en el lugar que debiera en relación con sus vecinas, por consiguiente las coordenadas erróneas podrían ser las de cualquiera de ellas. Es posible, pues, que intentaran los colaboradores alfonsíes subsanar los errores detectados por al-Ṣūfī utilizando otras fuentes que presentaran coordenadas distintas. Quizás explicaría esto las coincidencias ya mencionadas con ciertos mss. de la versión de al-Ḥaŷŷāŷ.

D) Delfin, nº 8.- La estrella nº 8 del *Libro* corresponde como en el *Almagesto* a la nº 9 de al-Ṣūfī y ms. 915.

Tauro, nº 21.- El texto castellano confunde los parámetros de esta estrella con los de la nº 22 puesto que, aunque aparece en las tablas del *Almagesto* una estrella nº 21, ésta pertenece al recuento de las del Auriga. En concreto es la nº 11. Al-Ṣūfī y ms. 915 no la incluyen en la tabla de Tauro[136].

[136]El caso de la estrella nº 22 de Tauro (υ Tau) es sumamente complejo. En la tabla del ms. Marsh 144 aparece, despues de la descripción de la situación de la estrella y en tinta roja, una nota según la cual la latitud que le correspondería "según lo que se ve en el cielo" sería de 0;0º. La latitud que presenta la Tabla es de 4;0º. Cf. al-Ṣūfī, *The Book of Constellations...*, 201. Hay que notar, sin embargo que el problema viene de antiguo en la tradición árabe. Ibn al-Ṣalāḥ detecta errores de latitud en las distintas versiones del *Almagesto* con relación a las estrellas nºs 20, 21, 22 y 24. Por otra parte, al-Ṣūfī considera solamente 32 estrellas dentro de esta constelación, mientras que para Ptolomeo hay 33. El ms. 915 describe 33 estrellas, aunque las nºs 32 y 33 las incluye en una misma linea compartiendo coordenadas. De hecho, en la tabla de estrellas de al-Ṣūfī hay un corrimiento de estrellas correspondiendo la nº 21 de ellas a la 22 del *Almagesto*. Tanto en la versión de Isḥāq, incluido el ms. 915, como en la de al-Ḥaŷŷāŷ, aparece la estrella nº 21 descrita pero sin coordenadas. Ibn al-Ṣalāḥ, por su parte, también considera como nº 21 la estrella nº 22 del catálogo de Ptolomeo. Toomer, al editar el *Almagesto* no tuvo esto en cuenta y por ello atribuye a la tradición árabe latitudes erroneas para las estrellas que van desde la 22 en adelante. En cuanto a las *Tablas Alfonsíes*, éstas presentan también 33 estrellas y sus coordenadas siguen la traducción latina de Gerardo de Cremona. Sin embargo, el *Libro* incluye en esta constelación 32 estrellas, al igual que al-Ṣūfī. Aunque menciona en el texto que hay otra estrella entre la 20 y la 21 que no se cuenta por pertenecer también a la constelación del "Tenedor de las riendas" y haber sido ya contada allí. Esta aclaración no es traducción del texto de al-Ṣūfī, puesto que allí no figura, aunque en el lugar que le corresponde en la figura, aparece la estrella con una leyenda advirtiendo que forma parte de la otra constelación. También encontramos este dato mencionado en la constelación de Auriga, al referirse a la estrella no 11, tanto en el *Libro* como en el *Kitāb*.

Una vez estudiados los 70 casos de errores descritos por el propio al-Ṣūfī, comprobamos que ni éste, ni los astrónomos del círculo real, salvo en los casos anteriores, realizan ningún tipo de corrección sobre los datos numéricos, manteniendo ambos las coordenadas ptolemaicas con la única modificación del incremento en longitud debido al movimiento de precesión, sumando en cada caso los valores correspondientes. Es decir, 12;42° para al-Ṣūfī y 17;08° para Alfonso.

Por otra parte, como ya he apuntado anteriormente, se limita al-Ṣūfī a dejar constancia en el texto del correspondiente capítulo del error en cuestión, sin especificar en la gran mayoría de los casos si se trata de un error en longitud o latitud o de ambas coordenadas a la vez. Simplemente apunta que, si se dibuja la estrella en la esfera siguiendo las coordenadas del *Almagesto*, no aparece, en relación con sus vecinas, en la misma disposición con que aparecen en el cielo y en la descripción del propio Ptolomeo. El texto castellano opta por omitir por sistema la mención de estos errores[137]. En el caso, pues, de que los astrónomos alfonsíes hubiesen realizado observaciones propias de las estrellas, habrían tenido aquí una magnífica ocasión para, aprovechando las indicaciones del propio al-Ṣūfī, completar una excelente obra, en este punto insuficientemente detallada.

En resumen creo que puedo apuntar, con bastantes visos de verosimilitud, que para la confección del primero de los *Libros del Saber de Astronomía*, el *Libro de las estrellas de la ochaua espera*, no realizaron los astrónomos reales observaciones de las estrellas puesto que nada nuevo aportan a este respecto, sino que dieron por buenas, no faltos de razón como se demostraría posteriormente, las correcciones de las magnitudes efectuadas con casi 3 siglos de antelación por el famoso astrónomo persa ᶜAbd al-Raḥmān ibn ᶜUmar al-Ṣūfī reflejadas en su *Kitāb ṣuwar al-kawākib*. Por otra parte, tenemos documentado en el prólogo a las *Tablas alfonsíes*[138] que se realizaron observaciones del sol, pero en ningún momento se habla de observaciones de las estrellas. Encontramos en los canones de las *Tablas alfonsíes* de Juan de Sajonia[139], concretamente en el número 26, una referencia a estas supuestas observaciones:

[137]Esta omisión no resulta sorprendente puesto que sistemáticamente optan por ella los colaboradores del Rey Sabio al encontrarse con fragmentos de al-Ṣūfī que plantean conflictos, confusiones o errores, siempre que éste no ofrezca su propia solución, caso en que el texto castellano la reproduce sin hacer mención al problema.

[138]RICO, *Libros*, V, 111-112.

[139]POULLE, E., *Les tables alphonsines avec les canons de Jean de Saxe*. Edition, traduction et commentaire.- "Sources d'histoire médiévale".- Paris, 1984, 100.

"26. Loca stellarum fixarum ad quodcumque tempus volueris invenire. Scias primo loca earum verificata ad aliquod tempus tibi notum; et fuerunt loca earum ultimo verificata per Alfontium"

Sin embargo, el propio Poulle ha estudiado el catálogo de 1028 estrellas que acompaña estas tablas y considera que tiene una tradición manuscrita diferente, no pudiendo probarse que forme parte, en el sentido estricto, del núcleo original, aunque sí queda claro que las latitudes son ptolemaicas y las longitudes se han obtenido, como en el *Libro*, mediante la adición de una constante de 17;08° sobre las del *Almagesto*[140]. De modo que por "verificata" creo que en el caso de las estrellas debería entenderse "adaptada a la fecha" y no "observada", que es el significado claro de esta palabra, por regla general, en los textos medievales[141].

4.1.3.- Cambios en la numeración de las estrellas del catálogo de Ptolomeo.

Un detalle más que muestra la confianza depositada por los astrónomos de la corte del Rey Sabio en la obra de al-Ṣūfī, consiste precisamente en el modo como siguen fielmente al autor persa cuando éste efectúa cambios en la numeración de las estrellas del catálogo de Ptolomeo.

Esto lo vemos concretamente en la constelación del Centauro y el Lobo. Al-Ṣūfī observa que las estrellas n°s 30 del Centauro y 11 del Lobo no aparecen en el cielo tal como están descritas en el *Amagesto*; por ello, aunque manteniendo la numeración ptolemaica de las estrellas, no adscribe en las tablas longitud, latitud ni magnitud a estas dos estrellas[142]. El texto alfonsí hace lo mismo, aunque en la rueda omite las estrellas antes mencionadas, recibiendo las demás la numeración que, debido a este cambio, les corresponde. Esta corrección la atribuyen los colaboradores alfonsíes a "otros sabios", lo que comunmente equivale a

[140]KUNITZSCH ha estudiado también estas tablas y ha observado que se trata de la versión latina de Gerardo de Cremona con la correspondiente adición alfonsí, en las longitudes, de los 17;08°. Cf. *The Star Catalogue...*, 117. Esto es así en la *editio princeps* de Erhard Ratdolt, Venecia 1483. Otras ediciones presentan incrementos distintos como es el caso de la de Lucas Gauricus, Venecia 1524, que añade a los valores del *Almagesto* 19;40°.

[141]Con igual significado que en el *Libro* encontramos la palabra "rectificadas" en el título de la tabla de estrellas que Rico incluye en el *Libro de la ochaua espera* y que se encuentra de hecho en el *Tratado del astrolabio redondo* alfonsí.

[142]ed. Hyderabad, 327, 331, 336 y 338 y trad. de Schjellerup, 244, 246, 249 y 250.

al-Ṣūfī[143]. Lo curioso es que es la única vez en todo el *Libro* que en la sección M se dan las coordenadas eclípticas y las magnitudes de unas estrellas[144], lo que indica, por otra parte, un cierto acuerdo entre los colaboradores de la sección M y los de la sección P, sino una única mano. Evidentemente, los autores de la primera sección debían saber que estos datos iban a omitirse en la otra sección, a menos que fueran incluidos en la revisión posterior del texto realizada en 1.276.

4.2.- Nomenclatura estelar.

A pesar de que los nombres alfonsíes de las estrellas han sido ya estudiados con detalle por O.J. Tallgren[145], quisiera añadir algunos rasgos de la transcripción y ciertas divergencias en la traducción de algunos de los nombres que colaboran a aclarar la tesis de la diferente autoría de mano de las secciones M, P y A.

4.2.1.- Transcripciones.

O.J. Tallgren, en su artículo *Los nombres árabes de las estrellas y la transcripción alfonsina*, trata este tema en profundidad. Se ocupa de fijar las leyes que regirán el uso de las vocales "e" y "o" en el hispanoárabe del siglo XIII, así como del vocalismo en general[146] y ofrece, al final del artículo, una completa clasificación de los problemas fonéticos de la transcripción alfonsí[147]. Por otra parte presenta, para cada estrella, una transcripción orientativa de su mano, la traducción del nombre al francés, las diversas transcripciones que se encuentran en el tratado alfonsí, las diversas lecciones de los manuscritos que ofrecen un nombre estelar determinado para cada uno de los pasajes de la obra, más la correspondiente traducción castellana alfonsí. F. Corriente, por su parte, en su *Gramatical Sketch*[148] utiliza el artículo de Tallgreen ampliando y detallan-

[143]Cf. SAMSO, J. y COMES, M., *Al-Ṣūfī and Alfonso X*. 68-69.

[144]RICO, *Libros* I, 109-112.

[145]TALLGREN, O.J., *Los nombres árabes de las estrellas*, 638-644

[146]TALLGREN, O.J., *Los nombres...*, 639-644.

[147]TALLGREN, O.J., *Los nombres...*, 704-708.

[148]CORRIENTE, F., *A Grammatical Sketch of the Spanish Arabic Dialect Bundle*.- Madrid, 1977.

do los ejemplos que introduce en los apartados correspondientes. Ambos estudios representan pues una visión muy completa del problema y a ellos me remito para cualquiera de las cuestiones relativas a este tema.

Sin embargo, hay que decir que Tallgren se plantea, en su estudio, el *Libro* como un todo y por tanto deja de lado las abundantes divergencias entre las diversas secciones. Divergencias que son un indicio más entre los que apoyan la hipótesis de la doble autoría.

Ante todo, hay que reconocer que la preocupación por la transcripción es, en el *Libro*, mínima. En un mismo párrafo podemos encontrar una palabra transcrita hasta de tres maneras distintas[149]. Ejemplo de ello lo tenemos en la constelación de Ofiuco donde la transcripción de la palabra árabe *al-ḥawwā'* aparece como *alhoue* y *haloe* (M); *alhaoe* (A) y *halahoe* y *halhaoe* en la rueda y en el propio encabezamiento de la misma se transcribe como *alhaue*[150].

Sin embargo, hay ciertas tendencias que encontramos con mayor frecuencia repetidas en una u otra sección. Así, la de usar o no el artículo según se trate de la sección P o M. Por ejemplo, Canis Minor será *quelb alazgar* (kalb al-aṣgar) en M y *alquelb alaçgar* (al-kalb al-aṣgar) en P, e Hydro será *suiah* (šuŷāᶜ) en M y *alsuiah* (al-šuŷāᶜ) en P y *assuja* en A.

Otro rasgo característico de una de las secciones es el de la asimilación de las letras solares al artículo. Asimilación que encontramos en A, como acabamos de ver en el caso de Hydro, y veces en P pero no en M. Entre otros tenemos los ejemplos de la estrella nº 1 de la Osa Menor que será *alraquiç* en M y *arraquiz* en A (al-rāqiṣ) o la nº 5 de la Gallina (al-ridf) que encontramos como *alrrof* (M) y *arridf* (A).

Estos rasgos, sin embargo, no son determinantes, primero por la escasa preocupación por la transcripción de la que ya he hablado y segundo porque a veces un rasgo caracteristico de una sección lo encontramos puntualmente en

[149]Las secciones M y P las tomo del ms. V puesto que faltan en el C. La sección A proviene del ms. C. Hay que decir que las transcripciones del ms. V son identicas a las del C en todas aquellas partes que he podido comprobar por no faltar en ninguno de los dos manuscritos.

[150]La forma "ha" que aparece delante de algunas de las transcripciones me ha hecho pensar en una posible influencia subconsciente del traductor judio que le llevaría a colocar el articulo hebreo delante de la palabra árabe. Otro caso parecido lo encontramos en la pronunciación hebraizante de *tennyn* o *tannin* por *tinnin* entre otras. Cf. TALLGREN, *Los nombres árabes de las estrellas*, 667.

otra. Lo que sí resulta evidente tal como se ha repetido ya infinidad de veces[151] es que las traducciones se realizaban entre varias manos y al dictado, lo que justifica las variaciones en la transcripción de una misma palabra, en la que intervendría no solo la pronunciación del dictante sino tambien el grado de conocimiento de la lengua árabe del escribano. Hay que destacar, sin embargo, que la sección A está bastante más cuidada que la M.

4.2.2.- Traducciones[152].

Las traducciones tambien estudiadas por Tallgren en su *Survivance*, muestran asimismo divergencias que apuntan en el mismo sentido que las transcripciones. En este caso, estudiaré solo las secciones M´ y A, puesto que en la P no aparecen apenas traducciones.

Los errores son de diversos tipos. Por una parte, existen errores de identificación. Por ejempo al atribuir el nombre de un grupo de estrellas a una sola, o viceversa, o bien atribuir el nombre que corresponde a una o varias estrellas a otra u otras. Esto se repite profusamente en M. Por ejemplo, vemos que, según el texto árabe, el nombre *al-naᶜš* corresponde a las cuatro estrellas que forman el cuadrado de la Osa Menor. Esto es recogido puntualmente por la sección A; sin embargo, el autor o los autores de M entienden que se refiere dicho nombre únicamente a una de las estrellas del cuadrado. O con las *banāt naᶜš al-kubrà* que, siendo para al-Ṣūfī y la sección A las cuatro estrellas del cuadrado más las tres de la cola de la Osa Mayor, son para la M únicamente la estrella nº 16.

Tampoco respeta a menudo la sección M los duales, y de esto tenemos también abundantes ejemplos. Entre ellos el de las estrellas 8 y 9 del Auriga, cuyo nombre aparece en el texto árabe sin vocalizara de modo que M lo interpreta como *al-ŷidyān*, uno de los plurales de *al-ŷady*, palabra que traduce como *cabritos*, mientras que A, viendo que se trata de dos estrellas, la interpreta como *al-ŷadiyān*, *los dos cabritos*. O bien las estrellas 1 y 2 del Triángulo llamadas *al-anisān*, traducido en M como *los mansos* y en A como *los dos mansos*.

[151]Cf. al respecto G. MENENDEZ PIDAL, *Cómo trabajaron las escuelas alfonsíes* "Nueva Revista de Filología Hispánica", vol. 5 (1951), 363-380.

[152]Esta sección proviene en parte de mi comunicación titulada *El "Libro de las estrellas de la ochaua espera" alfonsí: ¿traducción del "Kitāb ṣuwar al-Kawākib" de al-Ṣūfī?*, presentada en el Congreso Homenaje a Taha Husayn (Granada, 1990), que aparecerá en la "Revista del Instituto Egipcio de Estudios Islámicos".

Por otra parte, se dan tambien casos de uso de palabras distintas para traducir un mismo vocablo en M y A. Ejemplo de esto lo tenemos en las 6 primeras estrellas de Caytos, llamadas *al-kaf al-ŷaḏmā'*, expresión traducida en M como *la palma malata* y en A como *la palma gafa*. O el caso de *al-rub*ᶜ, la cría de la camella de la constelación de Draco, traducido en M como *el polmon de la camella* y en A como *el pollino de la camella*. O bien las *al-na*ᶜ*ām al-ṣādir*, llamadas en M *estrucios andantes* y en A *estrucios que se parten*.

Encontramos también traducciones divergentes. Así *al-nasq al-šāmī* de la constelación del Genuflexu querrá decir según la sección M *balanza de tierra de promisión* y según A *lanzadera de tierra de promisión*. Este último sentido es el mismo que encontramos en Pedro de Alcalá quien para la palabra *nesq* da la equivalencia de *lançadera de texedor*. Podría deberse a que el copista o escribano confundiera *la lanza* con *balanza*.

Hay casos de traducciones no ya divergentes sino contrarias como en la estrella *al-fard* de la constelación de Hydra. El texto árabe nos da la explicación del nombre diciendo que se llama la única (*al-fard*) por su unicidad (*li-infirādi-hi*) con respecto a otras que se le parezcan. Esto es recogido puntualmente por el colaborador responsable de la sección A quien nos dice que "quier dezir sennera[153] porque non a derredor della ninguna que la semeie". No así por el de la sección M quien dice que quiere decir "la que non a sennera".

Otros casos son de auténtica confusión, no quedando claro de donde procede ésta. Por ejemplo en el caso de las estrellas 4 y 5 del Aguila a las que al-Ṣūfī llama *al-ẓalīmān*. En la sección A se las traduce como *las dos oscuras*[154], interpretándolo como una forma adjetival de la raiz *ẓalama* con significado de oscuro[155]. Sin embargo, en M se dice como única referencia a este nombre que "ay sobre esta figura aues semeiantes a anades et deizenles en arauigo *adalimen*", sin embargo, estas supuestas aves no aparecen por ninguna parte en el texto de al-Ṣūfī. La única explicación posible es que el traductor se haya basado en el dibu-

[153]Equivale al término actual *señera*. Cf. MARIA MOLINER, *Diccionario de Uso del Español* (Madrid, 1983) *la única, que destaca*.

[154]Esta forma adjetival para la raiz *ẓalama* con el significado de oscuro, aparece también en el "Vocabulista" de Pedro de Alcalá.

[155]Cf. para este significado el "Supplément aux Dictionnaires arabes" de Dozy. Otras dos veces figura con el mismo significado en el texto, en las constelaciones de Sagitario y Eridano, aunque se las relaciona en estos casos también con su significado corriente de avestruces. En un caso se trata del *nido de los estrucios* y en el otro de *los figlios de los estrucios*.

jo, donde aparece este nombre acompañando a las estrellas exteriores que se encuentran situadas sobre el Aguila.

Finalmente encontramos casos de resumen de la información que, al ser realizada de modo indiscriminado, lleva a confusiones en la traducción de algunos de los nombres. Así, por ejemplo, en la constelación alfonsí de la Gallina[156], la estrella *al-ridf* según M "quier dezir *la cola de la gallina*", mientras que para A es *el que trae la troxa*[157] "porque sigue a las cuatro anteriores"[158]. Tallgren opina, creo que acertadamente, que en M despues de la expresión "et quier dezir" suprimiría el traductor o compilador del códice la frase "el que trae *la troxa* por que sigue a estas cuatro et dizenle otrossi *deneb aldigeia* que quier dezir" y aquí vendría *"la cola de la gallina"*. Sin embargo, creo que esta supresión, voluntaria o no, no justifica la falta de cuidado en el momento de resumir el texto ni el desconocimiento del árabe de su autor.

Hay, sin embargo, algunos casos de posible confusión en la traducción, que se repite en M y A, aunque a mi modo de ver no invalidan la hipótesis de la doble autoría. Por ejemplo, el de las cuatro estrellas de la Serpiente a las que al-Ṣūfī denomina *al-ᶜawā'id*[159], palabra que tanto en A como en M viene traducida con un sentido semejante: *las guardas* (M) y *guardadores* (A). Podría pensarse en una confusión con el término *al-qā'id*[160], sobre todo en M, donde se transcribe como *alcayet*[161]. O bien en el uso de un manuscrito donde apareciera como *al-ᶜawā'id*, forma que se encuentra documentada en la tradición árabe[162]. O

[156]el Cisne de la iconografía clásica.

[157]Cf. MARIA MOLINER, *Diccionario de Uso del Español.* (Madrid, 1983).- Troxa = Troja. Antiguamente significaba alforja, mochila, saco. J. COROMINAS, *Diccionario Crítico Etimológico de la Lengua Castellana.* v. 4 (Madrid, 1954), (nueva edición. v. 5 Madrid, 1983-86).- Troxa = Troja. Carga que se lleva a cuestas de una persona o un animal.

[158]El significado árabe de la palabra *al-ridf* es, según F. CORRIENTE, ***El que va montado a la grupa.*** (Mismo significado en KAZIMIRSKI y DOZY)

[159]Cf. HANNA JURDAK, M., *Astronomical Dictionary*, (Beirut, 1950).- The old or aged camels".

[160]Nombre que corresponde a la estrella nº 37 de la Osa Mayor en al-Ṣūfī.

[161]En A se transcribe como *alahoeyt*.

[162]De la raiz *ᶜāḏa*, cuyo significado es proteger. Aparece en el ms. de San Petersburgo y en el de Oxford como *al-ᶜawā'iḏ*. KAZIMIRSKI, *Dictionnaire Arabe-Français* (Paris, 1860) da para este término lo siguiente: *ᶜā'iḏ*, pl. *ᶜūḏ* / *ᶜūḏān*, "Qui vient de mettre en bas (jument, chamelle... ou autre femelle) *ᶜā'iḏa*, pl. *ᶜawā'iḏ*, "Nom de quatre étoiles qui forment un carré irrégulier".

simplemente, se justificaría la interpretación de esta palabra de difícil traducción debido a la leyenda que ofrece el texto árabe, relativa a estas estrellas, donde se dice que los árabes comparan a las dos [estrellas] brillantes con dos lobos que desean apoderarse de la cría de la camella[163] y comparan asimismo a las *ᶜawā'id* con cuatro camellas que se compadecen de la cría y [piensan que] el aguila[164] también la protege.

4.3.- Materiales recogidos en el Libro cuarto.

Como ya he dicho anteriormente, el libro cuarto trata los materiales del *Kitāb* de un modo que podríamos llamar estadístico y para ello los reorganiza en distintos apartados. Aparte de la sección dedicada a detallar el número de estrellas de que consta cada constelación, a la que he llamado A, y que recoge la tradición árabe con respecto a la nomenclatura estelar, encontramos provenientes del *Kitāb* de al-Ṣūfī otras tres secciones que estudio a continuación.

4.3.1.- Estrellas que no nombró Ptolomeo.

Al-Ṣūfī menciona un gran número de estrellas que no aparecen en el catálogo del *Almagesto*. Los libros I, II y III castellanos omiten practicamente cualquier mención a estas estrellas, sin embargo, el libro IV, bajo el título "De las estrellas fixas que non nombro Ptolomeo en el so libro", incluye una lista numérica de estas estrellas junto con las constelaciones a que pertenecen[165]. El número de estas estrellas según el propio texto castellano es de 47, aunque se trata, evidentemente, de un error de copia, pues si efectuamos la suma de las estrellas descritas vemos que alcanza la cifra de 84. Curiosamente, incluye entre estas estrellas 17 de una constelación llamada "el cauallo" que no tiene correspondencia en al-Ṣūfī, ni con Equuleus ni con Pegasus, pero que podría referirse a una figura de caballo que al-Ṣūfī llama *al-ḟaras al-kāmil* (caballo completo) y que proviene de la tradición árabe, encontrandose en el *Kitāb* formando parte del capítulo de la constelación de Andromeda[166]. El único problema es que esta

[163]La estrella *al-rubᶜ*

[164]La estrella *al-nasr*.

[165]RICO, *Libros*.... I, 143.

[166]Cf. SEZGIN, F., *The Book of Constellations*, 174; ed. Hyderabad, 133-134 y SCHELLERUP, *Description*..., 122.

figura tiene 27 estrellas en lugar de las 17 que le atribuye el texto alfonsí. Sin embargo, hay que decir también que, aparte de la posibilidad de error de copia, los números que da el texto castellano no reflejan exactamente las menciones del *Kitāb*, que identifica un centenar de nuevas estrellas, que oscilan entre las magnitudes 3ª y 6ª. El número exacto es dificil de precisar puesto que, además de las 84 estrellas descritas con exactitud, al-Ṣūfī a menudo se limita a mencionar que hay "un gran número" o "varias" estrellas en tal o cual lugar. La mayoría de estas nuevas estrellas que se reflejan en el *Libro* son precisamente las que tienen nombre en la tradición árabe. Por ejemplo, *al-Suhā* (Osa Mayor) a la que tanto al-Ṣūfī como Alfonso atribuyen la utilidad de servir para comprobar la agudeza visual, *al-Rubaᶜ* "Arroba" (Draco), las cuatro estrellas de *al-Qidr* (Cepheus) o el grupo *al-Agnām* "Alagnam" (Ophiuchus) entre otras.

4.3.2.- Estrellas que escogió Ptolomeo para poner en sus astrolabios.

Al-Ṣūfī, a lo largo de los 48 capítulos de su *Kitāb* dedicados a la descripción de las constelaciones, va mencionando las estrellas que se dibujan en el astrolabio a medida que les va llegando el turno, tanto en la sección M como en la A.

Por su parte, el texto castellano recoge todo este material disperso y lo agrupa en una rueda, la última, que coloca en el cuarto de los libros, en la sección que he llamado "estadística". Ahora bien, una vez comparados los materiales procedentes de al-Ṣūfī con los que recoge la rueda alfonsí, se ve que no coinciden con exactitud. (Ver apéndices, tabla 9.1)

Parece que los colaboradores alfonsíes, autores y traductores de un tratado de astrolabio, y por lo tanto competentes en el asunto, tuvieron a mano otras tablas que usaron aquí, prácticamente el único punto del *Libro* que ofrece materiales astronómicos que no proceden del *Kitāb*. Aunque no hay duda de que se basan en la obra de al-Ṣūfī, sobre la que efectuan las correcciones que creen pertinentes. Sin embargo, si comparamos la rueda alfonsí con los XVII "typen" de Kunitzsch[167], vemos que no coincide con ninguno de ellos, salvando los lógicos parecidos dado que las estrellas que se colocan en los astrolabios son todas de la primera y segunda magnitud. De modo que quizas se podría pensar aquí en una aportación genuina de los astrónomos alfonsíes quienes habrían escogido las estrellas que más les convenía colocar en sus astrolabios, puesto que, evidente-

[167]KUNITZSCH, P., *Typen...*

mente, la selección de las estrellas dependerá de la latitud del lugar donde se usará el instrumento.

4.3.3.- Estrellas "nublosas et cardenas" que no (sic) nombró Ptolomeo.

En este capítulo encontramos otra de las características que distinguen la sección (M) de la (A), en lo referente a las traducciones, y que consiste en el uso de las palabras *nublosa*, *cardena*, y *reboluimiento cardeno*, en el momento de traducir *saḥābī*, *laṭja saḥābiyya* o *ištibāk saḥābī*. Hay que decir que, a pesar de lo que podría deducirse del título de este capítulo, tanto en en el texto alfonsí como en el árabe estas expresiones resultan, en cuanto a su significado, intercambiables. La única diferencia es que en el primero se empleará una u otra según se trate de las secciones M, P y A. Así, mientras en M y P, al igual que en el *Lapidario*, se denomina a estas estrellas *reboluimiento cardeno* o simplemente *cardenas*, en A se las menciona como *nublosas* siguiendo, como ya es costumbre, más de cerca el texto árabe, y señalando otra vez hacia una duplicidad en la traducción. Otro punto que puede llevar a confusión es el "non" que aparece en la introducción a esta sección. Parece que se trate de un error que venga arrastrándose desde el original, puesto que ya aparece en los manuscritos C y V, ya sea debido a una distracción propiciada por el hecho de que la palabra siguiente también empieza por "no", o por una influencia subconsciente del título de la sección siguiente donde se habla de las estrellas que no nombro Ptolomeo. Lo que sí está claro es que de las 6 estrellas que el texto alfonsí da como nublosas, Ptolomeo menciona 5[168], siendo la 6ª la que al-Ṣūfī situa en la boca de uno de los peces que cruzan el cuerpo de la constelación de Andromeda y que tiene un interés especial porque parece ser que fue el propio al-Ṣūfī el primero en observarla. El *Libro de las estrellas* es pues una de las primeras fuentes europeas donde se encuentra la descripción de la nebulosa de Andrómeda, aparentemente olvidada en lo sucesivo hasta ser redescubierta en el siglo XVII[169].

Por otra parte, hay otra estrella, la 1ª exterior de Scorpio que según las

[168]Ptolomeo incluye 7 nebulosas en su catálogo de estrellas del *Almagesto* y 6 en el *Tetrabiblos*, aunque solo 4 de ellas coinciden.

[169]Cf. E.A. FELLMAN, *Fabri, Honoré*, "Dictionary of Scientific Biography" IV (New York, 1971), 506; E. ROSEN, *Mayr (Marius) Simon*. D.S.B. IX (New York, 1974), 247.

secciones M y P es llamada "cardena" por Ptolomeo, pero que no aparece ni en la sección A ni en el recuento estadístico[170]. (Ver apéndices, tabla 9.2)

4.3.4.- Los cuatro lugares del octavo cielo donde no se ven estrellas.

Aunque este apartado no figura en el ms. C[171] ni en el V, no parece que sea otra cosa que la continuación del reagrupamiento de materiales bajo un criterio estadístico que encontramos en el libro cuarto. Pues, aunque repartidos en los capítulos de las constelaciones correspondientes, encontramos en el ***Kitāb*** la descripción de estos lugares donde no se ven estrellas.

Así en la constelación de Ofiuco encontramos en el texto árabe lo siguiente:[172]

وتسمّى القطعة من السماء التي بين النسقين الروضة

Que encontramos ya traducido muy literalmente en la sección A del texto castellano, y en las "adiciones" de Rico, punto V, donde dice:

> "Et dizen a la pieça del cielo vacia. porque non a estrella que paresca tanto son pequennas. que se fazen entre las dos lançaderas *arraude* que quier dezir *uergel*".

Lo mismo ocurre con el lugar correspondiente a la constelación de Pegaso, del que dice el texto árabe:

وتسمّى البقعة التي بين الفرغ الثاني وبين السمكة من السماء بلدة الثعلب

[170]Es de notar, que a menudo los materiales que faltan en la sección estadística faltan también en la A (Cf. capítulo 4.3.4)

[171]Según TALLGREN, O.J., *Observations sur les manuscrits de l'Astronomie d'Alphonse X le Sage, roi de Castille.*- Neuphilologische Mitteilungen n°s 5/6 (1.908), 110. Las páginas 144 y 145 de la edición de Rico, no tienen correspondencia en ninguno de los manuscritos. Esto, sin embargo, no es del todo exacto por lo que se refiere a la página 144, que sí aparece en los mss. aunque no formando parte de este *Libro* sino del tratado del *Astrolabio llano.* En cuanto a la página 145, que es donde aparece el apartado relativo a los cuatro lugares del octavo cielo donde no se ven estrellas, no se sabe de donde la extraería Rico, aunque parece que forma parte del tipo de materiales estadísticos que uno espera encontrar en esta parte del *Libro.* Tallgren se pregunta si no existiría otro manuscrito o algún fragmento, hoy perdido, distinto al Códice Complutense.

[172]En los mss. de San Petersburgo, Copenhague y Oxford *al-buq^{c}a min al-samā'*; en la edición de Hyderabad, en todos los mss. *al-buq^{c}a min al-šamāl*, a excepción del ms. de la Biblioteca Asafiya de Hyderabad que presenta *al-qiṭ^{c}a min al-samā'*.

Traducido[173] en la sección A y en las "adiciones" V, como sigue:

> "Et nombran la pieça del cielo que se faze entre alfargh postremero et entrel signo de Piscis *beldet atahlib* que quier dezir *villa de raposos*".

Igual que en la constelación de Sagitario donde tanto el *Kitāb* como el *Libro* describen dos lugares vacios de estrellas. Dice el texto árabe del primero de ellos:

ويسمّى الموضع الخالي تحت القلادة الذي ليس فيه كوكب البلدة

Y lo encontramos traducido en las dos secciones del texto castellano como:

> "Et llaman al logar que es so el colgadero en que non a estrella ninguna *albelda* que quier dezir *cibdat*".

Y del segundo:

ويسمّى الموضع الذي بين النعامين الوصل

Cuya traducción aparece también en la sección A y en el capítulo estadístico como sigue:

> "Et dizen al logar que es entre las dos compannas de los estrucios *aluaz*[174] que quier dezir *ligamiento*".

Pero añade, a modo aclaratorio:

> "Et estas estrellas paresce que deuen ser la cuarta y la decima a que dezían *addimayn* que quier dezir *las dos oscuras*. et quier dezir otrossí *el nido de los estrucios*."

Parece que hubo aquí una confusión o error en el momento de la traducción, pues está claro que el texto árabe habla de dos avestruces sin mencionar

[173]La traducción es tan textual que incluso mantiene la estructura gramatical típicamente árabe del *bayna... wa bayna...* (entre ... et entre...)

[174]*Alnaz* en la edición de Rico. Es de notar que además de ser muy parecidos, ambos términos, *waṣl* y *naṣl*, aparecen en el *Kitāb* designando el primero el lugar vacio de estrellas y el segundo la estrella nº 5 el segundo y han sido a menudo motivo de polémica. La confusión entre ambos es, por otra parte, fácil puesto que el primero alude al punto de unión entre el puño del arquero y el arco, mientras que el segundo se refiere a la cabeza de la flecha, situada muy cerca de dicho punto de unión. La traducción alfonsí "ligamiento" parece apuntar al primero de los nombres y, tal como indica Tallgren en *Los nombre árabes de las estrellas*, la "n" del manuscrito C aparece algo borrada como si hubiera habido la intención posterior de convertirla en una "u".

para nada a las dos compañeras. Por otra parte, inmediatamente antes, dice el *Kitāb* que a las estrellas cuarta y quinta las llaman *al-ẓalīmān*, o sea las dos avestruces macho, pero el traductor alfonsí lo interpreta como *las dos oscuras* viendo en esta palabra una forma adjetival referida al significado de *oscuro*[175].

Por otra parte, el texto castellano omite u olvida mencionar, tanto en la sección A como en las "adiciones", el espacio vacío de estrellas situado entre la constelación del Auriga, la cabeza de la Osa Mayor, al-Ŷady y Casiopea. Esto podría deberse al hecho de que se diga en el texto árabe que en este espacio vacío sólo aparecen las dos estrellas de la cabeza del Auriga. Sin embargo, también en el texto árabe correspondiente al lugar vacío de Ofiuco, se dice que hay en el unas estrellas llamadas *al-agnām*, lo que recoge textualmente el texto alfonsí diciendo que a las estrellas que estan entre las dos lanzaderas se las llama *alagnam* que quiere decir *los ganados*.

Dado que encontramos en esta sección estadística traducido el texto árabe prácticamente con las mismas palabras que en la A, y que en esta última se recogen más o menos materiales según sea más o menos larga la parte correspondiente del texto árabe- es decir que cuando es corto el texto árabe se traduce prácticamente todo, mientras que si es largo o confuso se resume y se omite una gran parte- me inclino a pensar que por los motivos de espacio antes expuestos no sería recogido este dato en la sección A y que, al basarse en ella, las "adiciones" tampoco lo recogerían.

Hay que añadir, pues, a lo dicho hasta la fecha[176], que el conocimiento que tenían los astrónomos alfonsíes de la existencia de lugares del cielo desprovistos de estrellas provenía también de la tradición árabe recogida y transmitida por al-Ṣūfī. En cuanto a las irregularidades detectadas por Vernet y Orús y expuestas en su artículo, no parece que se deban a error de copista sino a una mala lectura y/o traducción del original árabe, puesto que, como a menudo sucede, la identificación de las estrellas es errónea en el texto castellano, no coincidiendo con la de al-Ṣūfī, cuyas indicaciones confirman las hipótesis de Vernet.

[175]Hay que decir, sin embargo, que en M añade el traductor alfonsí que tambien quiere decir *el nido de los estrucios* y en la sección A, en la constelación de Eridanus, habla de una estrella llamada *adalim* que traduce, otra vez, por oscura, pero también por *figlio de los estrucios*, confirmando que conocen la existencia de un significado de esta raiz relacionado con los avestruces. Cf. también nota 155.

[176]VERNET, J. y ORUS, J.J., *Los cuatro lugares del octavo cielo en que no se ven estrellas.*- "Estudios sobre Historia de la Ciencia Medieval".- Barcelona-Bellaterra.- 1979.

4.4.- Iconografía[177].

La iconografía se presenta en el texto castellano ocupando el medallón central de las ruedas[178] y aparte y por duplicado, como se ve en el cielo y como se ve en la esfera, en el texto árabe, siendo cada una de estas representaciones simétricamente opuesta a su pareja, habida cuenta que, tal y como nos lo explica el propio al-Ṣūfī en el capítulo primero de su *Kitāb*[179], aquel que observa el cielo lo hace desde el interior de la bóveda, mientras que el que mira la esfera lo hace desde el exterior, transformándose así lo que es izquierda en derecha y viceversa. Por regla general, las miniaturas alfonsíes representan las constelaciones tal como se verían en un globo[180].

En general, al proceder ambos catálogos de estrellas del de Ptolomeo, no pueden darse demasiadas diferencias en la iconografía puesto que no se trata más que de representar las posiciones de las estrellas, siempre las mismas, en las figuras y dichas posiciones son las que determinan a menudo la forma de la imagen en cuestión. Sin embargo, encontramos por una parte una islamización de forma en las figuras clásicas de la iconografía árabe, que no presenta la castellana, aunque sí venga reflejada, a veces, en el texto descriptivo de las figuras como en los casos de Cefeo y Auriga, donde se especifica que tales personajes deben llevar capillo agudo en la cabeza, aunque según algunos sabios sería un turbante. Por otra parte, y paralelamente a este proceso de islamización puramente artístico y probablemente anterior a al-Ṣūfī, encontramos ciertas modificaciones de fondo de la iconografía clásica, sea debido al desconocimiento de la

[177]Para la comparación iconográfica, me ciño, por lo que respecta al *Kitāb*, básicamente al ms. Marsh 144 de la Bodleian Library de Oxford, el más antiguo de los mss. datado 24 años después de la muerte de al-Ṣūfī y atribuido a su propio hijo. Acerca de la iconografía de este ms. dispongo de un juego completo de diapositivas, así como de un librito titulado *An Islamic Book of Constellations* editado por la propia Bodleian Library y publicado en Oxford, 1965. Cotejo también las imágenes editadas por Schejellerup correspondientes a los mss. de Copenhague y St. Petersburgo, así como las del texto de Hyderabad, procedentes del código de Ulug Bēg. La iconografía alfonsí la estudio a partir de la edición de Rico, los mss. C, H, N y V y de las representaciones que incluye Ana Dominguez en su libro *Astrología y Arte en el Lapidario de Alfonso X el Sabio*, recogidas del ms. del Escorial h.I.15.

[178] COMES, M., *Sobre la procedencia alfonsí de un globo celeste.*- "De Astronomia Alphonsi Regis".- Barcelona, 1987. 145.

[179]Ed. Hyderabad, 29.

[180]Para las excepciones a esta práctica cf. SAMSO, J., y COMES, M., *Al-Ṣūfī and Alfonso X*, 70.

mitología subyacente, sea debido a ciertas incompatibilidades entre ambas culturas o a influencias de la primitiva astronomía árabe recogida en los libros de *anwā'*.

Un ejemplo típico de los cambios atribuibles al primero de los supuestos sería el de Perseo, concretamente en lo que se refiere a la cabeza cercenada que sostiene en su mano izquierda. La tradición griega nos dice que se trata de la cabeza de Medusa chorreando sangre, mientras que la árabe la identifica con la de un monstruo barbudo o demonio (*al-gūl*), cuya barba no es más que el producto de la errónea interpretación de los hilillos de sangre. Las imágenes alfonsíes, tanto del *Lapidario* como del *Libro de las estrellas*, se representan con la mencionada barba recogiendo la tradición árabe y alejándose de la clásica.

El segundo de los supuestos vendría representado por Andrómeda, quien aparece de tres modos distintos en la iconografía de al-Ṣūfī, tratandose siempre de la mujer encadenada, pero no como en la iconografía clásica por las muñecas sino por la cintura y las rodillas y acompañada de uno, dos y hasta tres peces, inexistentes en las fuentes clásicas, pero descritos por la árabe y también recogidos por el texto alfonsí.

Alfonso incluye en el texto dedicado a cada constelación una descripción de cómo debe ser la figura correspondiente, inspirándose en la iconografía de al-Ṣūfī. Así vemos que a Cefeo lo describe como llevando vestiduras prietas hasta las rodillas y hasta los codos, tal como aparecen en la imagen del texto árabe. Del mismo modo los demás personajes irán apareciendo descritos a imagen de la iconografía de al-Ṣūfī, aunque se observan a veces ligeras diferencias probablemente debidas al uso de un manuscrito distinto. Incluso llega al extremo de describir la expresión que se observa en el rostro del personaje. Así, por ejemplo, nos dice de Cefeo, y también de Perseo, que tienen "la cara sannuda".

También los objetos que empuñan o usan estos personajes resultan en las descripciones, como en la iconografía, alfonsíes reflejo fiel de las representaciones de al-Ṣūfī. Así, la manga que cubre el brazo de Orión llegándole hasta la rodilla y que en la antigüedad clásica era una piel de animal usada en forma de escudo, parece que para protegerse de los cuernos del toro situados de forma amenazadora junto a este brazo del personaje. O el asta de Bootes muy detalladamente descrita por Alfonso. Sin embargo, donde más claramente se observa esta convergencia es en el caso de Hércules, quien acostumbra a ser representado con la maza y el león de Nemea y que aparece, tanto en al-Ṣūfī como en la iconografía y texto alfonsí, únicamente con un instrumento curvo en una mano. Leyendo las descripciones alfonsíes se hace evidente que proceden de una representación gráfica y que a menudo desconoce el observador los instrumentos dibuja-

dos y su posible terminología. De modo que acude a una explicación de la forma del objeto tal como lo ve y, en caso necesario, a sugerir parecidos. Ejemplo claro de esto lo tenemos en el instrumento de Hércules del cual acabo de hablar, o en la constelación de Bootes donde dice que el arma que empuña el vociferante es un asta más pequeña y gruesa que una lanza y más parecida a un palo que a otra cosa, o en la descripción del Ara de la que dice que se hacen de muchas maneras pero que la que está en el cielo aparece bellamente labrada y es de las mejores. Resulta también significativo el caso de la silla de Casiopea, puesto que aún teniéndola descrita en el texto árabe como sigue[181]:

وهي صورة امرأة قاعدة على كرسي له قائمة كقائمة المنبر وعليه مسند
وقد أدلت رجليها

se dedica a seguir la iconografía, dando detalles que no menciona para nada al-Ṣūfī, pues dice de Casiopea que:

> "es figurada segun mugier. et que sée sobre cadira alta. et que a logar en la siella para arrimar las espaldas. et otros fustes que salen sobre ella. sobre que sufren las manos".

Por lo que se refiere a los animales, resulta destacable el caso del Cisne llamado *daŷāŷa* en árabe y *gallina* en castellano. La descripción alfonsí sigue, como ya es norma habitual, fielmente la iconografía de al-Ṣūfī y dice:

> "Esta figura asmaron los sabios a gallina que buela que tiene las alas abiertas. cuemo que faze su bolar de rezio et ua enleuada bolando. et lleua el cuello tendudo et las piernas abiertas. et encogidas. Et en todas estas cosas a muy grand mostrança et uertud. ca non fue sin gran razon puesta allí figura de gallina et non de gallo."

Es curiosa la insistencia que hace del hecho que sea gallina y no gallo, puesto que la figura de al-Ṣūfī tiene más aspecto de cisne que de gallina, como es habitual en la astronomía clásica, aunque sí está en la posición exacta en que es descrita. La explicación a esta incongruencia se debe, a mi modo de ver, al intento de reflejar lo que para ellos significa exactamente el nombre árabe de la constelación. Aunque clásicamente el término *daŷāŷa* significa gallinácea, género al que pertenecerían por igual gallinas y cisnes, vemos que en el *Vocabulista* aparece únicamente traducido por *galina*, lo cual me hace pensar que este sería el significado corriente en árabe hispánico.

En cuanto al Galápago, encontramos la siguiente descripción:

[181]Es la figura de una mujer sentada en una silla provista de un respaldo vertical como el de un minbar. Sobre la silla hay un cojín y [la mujer] lleva los pies colgando hacia delante.

"Et esta figura possieron por semeíança los sabios dos animalias. la una á que dizen galapago. et á la otra boeytre cayente. et á cada una destas dieron su manera en que las semeíaua."

Quizás en un intento de unir la tradición clásica con la islámica, pero más probablemente, preocupados otra vez por la falta de correspondencia entre los diversos nombres de la constelación y el dibujo, trataban de reflejarlos todos de alguna manera. Lo que aquí resulta significativo en extremo es que no intenta describir cómo debe ser el animal que representa a la constelación sino que se limita a explicar las características generales de los galápagos, sus clases y su posible parecido con los buitres, parecido que sólo consigue relacionar con el modo poco airoso de moverse, los unos nadando y los otros volando.

Cualquiera de las descripciones serviría para demostrar que no están haciendo otra cosa los colaboradores alfonsíes que reflejar exactamente lo que estan viendo representado, sea en un globo celeste sea en las ilustraciones de un manuscrito.

Estas descripciones, sin embargo, no siempre casan exactamente con todos los manuscritos. Encontramos, por ejemplo, que la virgen del ms. Marsh 144 no tiene alas, mientras que sí las lleva la imagen de la edición de Hyderabad, correspondiente al ms. del código real de Ulug Bēg, así como la del ms. de Copenhague editado por Schjellerup. También es éste el caso de Ofiuco, a quien Alfonso describe como cabalgando a la serpiente, no viéndose esa posición más que en el ms. de Copenhague.

La primera conclusión que parece desprenderse de tan detalladas descripciones es que éstas eran fruto del enorme interés que el monarca sentía por la astrología. Sin embargo, y aún siendo cierto este acentuado interés por parte del rey, creo que deben atribuirse mayoritariamente a la necesidad antes expuesta de cubrir un mismo espacio para la descripción de todas las constelaciones, sea cual sea su número de estrellas, puesto que la miniatura alfonsí bien podría, y de hecho lo hace, reflejar la práctica totalidad de los datos. Pero, si tomamos cualquiera de la descripciones, vemos que la árabe es extremadamente corta y concisa, no así la castellana que es tanto más larga y detallada cuanto menor sea el número de las estrellas que componen la constelación. Así, vemos que al-Ṣūfī, por ejemplo describe a Perseo como[182]:

[182]Es la figura de un hombre que se sostiene sobre su pie izquierdo mientras tiene levantado el derecho. Su mano derecha está por encima de su cabeza y en su mano izquierda lleva la cabeza de un *gūl* .Con respecto a la figura del *gūl*, cf. MACDONALD, D.B. [PELLAT,Ch.], *Ghūl*, "Encyclopédie de l'Islam" II (Leiden-París, 1960), 1103-4.

وهي صورة رجل قائم على رجله اليسرى وقد رفع رجله اليمنى ويده اليمنى فوق رأسه وبيده اليسرى رأس غول

Mientras que el texto castellano, no traduciendo sino interpretando la figura que tiene el traductor ante la vista dice:

> "Et esta ymagen de Perseo es muy marauillosa. et muy estranna. ca esta en ella figura de ome de cara sannuda. et uestido de sayo corto fastal ynoío et cinto et descalço las piernas et los pies. et tien en la mano diestra una espada sacada. et sangrienta. et en la siniestra una cabeça colgada de los cabellos cosriendo sangre del cuello della. cuemo si la ouiese entonces descabeçado. Et possieronle figura á la cabeça mas estranna que de ninguna animalia. assí que por ende la llamaron en preçiano[183] *caput alguol.* que quier tanto dezir cuemo *cabeça del diablo.*"

Este fragmento, que confirma la teoría anterior, muestra, además, otro de los intentos por parte alfonsí de conciliar las dos tradiciones; la clásica de la cabeza chorreando sangre y la árabe del monstruo o demonio.

4.5.- Mansiones lunares[184].

El texto castellano recoge las mansiones lunares que introduce al-Ṣūfī en su comentario al catálogo de estrellas de Ptolomeo procedentes de la antigua tradición árabe. Estas mansiones que en el *Kitāb* aparecen con preferencia en la sección A, vienen en el *Libro*, como tantos otros materiales, repetidos en M y A, aunque con ciertas diferencias en cuanto a orden y transcripción. No es éste el único texto alfonsí donde encontramos mencionadas las mansiones lunares, puesto que aparecen también en el *Picatrix*[185], aunque no coinciden exactamente unas con otras (Cf. apéndices, tabla 9.3).

El hecho de que las mansiones 26 y 27 no estén descritas en el *Kitāb* de al-Ṣūfī pero aparezcan en el *Libro* plantea un nuevo problema que tiene distintas explicaciones. La primera de ellas sería que los colaboradores alfonsíes hubieran

[183]Esta referencia al persa, junto con la única mención que hace de al-Ṣūfī, bajo la forma de Abolfazen, son los únicos datos del *Libro* que, aunque indirectamente, lo relacionan con su fuente. Las referencias a Ptolomeo y al *Almagesto* son, por otra parte, abundantes.

[184]*Al-Manāzil*, KUNITZSCH, P..- "Encyclopédie de l'Islam". Nouvelle Edition, VI.- Leiden-Paris (1987), 358-360.

[185]RITTER, H. *Picatrix, Pseudo-Maǧrīṭī. Das Ziel des Weisen.*- Leipzig. 1933 y PINGREE, D. *Some of the Sources of the Ghāyat al-Ḥakīm.*- "Journal of the Warburg and Courtauld Institutes", 43 (1980), 1-15; *Between the Ghāya and Picatrix I: the Spanish Version.*- "Journal of the Warburg and Courtauld Institutes", 44 (1981), 27-56; *Picatrix, the Latin Version.*- London. 1986 and PINGREE, D. & LIPPINCOTT, K., *Ibn al Ḥātim on the Talismans of the Lunar Mansions.*- "Journal of the Warburg and Courtauld Institutes", 50 (1987), 57-81.

tenido a mano un manuscrito distinto donde sí aparecieran estas dos mansiones, lo que parece poco probable teniendo en cuenta que no figuran en ninguno de los mss. conocidos hasta la fecha. Parece extraño, por otra parte, que al-Ṣūfī olvide mencionarlas, cuando en su propio prólogo indica su voluntad de combinar el conocimiento de las estrellas que tenían los árabes con la tradición griega del *Almagesto* y menciona concretamente las mansiones lunares. Más aún cuando en la parte folklórica del *Kitāb* se atribuye a lo árabes el conocimiento de que a veces la luna se quede corta en su camino y se detenga en las estrellas llamadas *al-naᶜām* (5 y 6 de Pegasus), así como en la zona del cielo sin estrellas denominada *baldat-al-ṯaᶜlab* y situada entre *al-farg al-ṯānī* y *al-samaka*. De ahí se desprende que en condiciones normales la luna se detendría en sus dos mansiones habituales de la constelación de Pegaso, es decir las nᵒˢ 26 y 27.

Suponiendo, pues, que fuera cierto que se tratara de un olvido de al-Ṣūfī, los colaboradores alfonsíes habrían podido suplirlas recurriendo a otras fuentes como el *Picatrix*, pero adaptándolas a la nomenclatura del *Kitāb*. Hay que destacar, sin embargo, que el texto del *Picatrix* no da los números de las estrellas correspondientes sino las coordenadas, aunque en este caso eran fáciles de identificar por el nombre.

Por otra parte, se confirma una vez más aquí la hipótesis de la distinta autoría de las secciones M y A. Vemos que a pesar de no ser A tan sistemático como M en el momento de citarlas, sus traducciones y transcripciones son mucho más correctas así como la identificación de las estrellas correspondientes a cada mansión.

5.- Materiales de al-Ṣūfī que no recoge el "Libro".

Al-Ṣūfī destaca en el prólogo del *Kitāb* que su intención al componer la obra fue la de facilitar a su protector, el príncipe ᶜAḍud al-Dawla, el estudio y observación de las estrellas. Para ello hace hincapié en la localización de cada constelacion con respecto a sus vecinas y en la distancia concreta entre las estrellas para la que usará unidades de medida como el palmo, la braza, el codo, la lanza etc. También con el mismo fin didáctico y descriptivo realiza constantes referencias a la Vía Láctea, así como menciones a los errores en longitud y/o latitud de ciertas estrellas del catálogo de Ptolomeo, aunque como ya he adelantado no ofrece soluciones alternativas. Vemos, pues, que la finalidad de la obra de al-Ṣūfī es eminentemente didáctica. Pretende proporcionar al príncipe información suficiente para sus observaciones y esto lo lleva a cabo de tres modos distintos. Primero, facilitándole las tablas de estrellas según el catálogo del *Al-*

magesto, sin más modificaciones que las correcciones a los errores de magnitud; segundo, ofreciéndole una descripción del cielo de primera mano; y tercero, proporcionándole la máxima información acerca de la tradición árabe que, a su juicio, debía ser combinada con la clásica. Ahora bien, los colaboradores alfonsíes no parece que pretendieran con la composición del *Libro* facilitar la observación de las estrellas, sino que aspiraban a servirse de ellas para un uso más práctico.

5.1.- Estrellas rojas[186].

Uno de los puntos que, como he dicho, llaman la atención en el *Libro de las estrellas* es la omisión sistemática de las menciones a las estrellas rojas que encontramos, por otra parte, tanto en al-Ṣūfī como en el propio *Almagesto*. (Ver anexo, tabla 9.4)

Efectivamente, tanto Ptolomeo como al-Ṣūfī destacan un número determinado de estrellas, seis el primero y siete el segundo, aún no estando de acuerdo en algunas de ellas, como en el caso de Sirio[187]. El color de esta estrella, incluida por Ptolomeo entre las rojas, pero no por al-Ṣūfī, ha sido durante mucho tiempo motivo de polémica, puesto que según algunas fuentes -Cicerón traduciendo a Arato, Horacio y Séneca- parece que fue roja en la antiguedad[188]. No encontramos en al-Ṣūfī ninguna mención al caracter rojizo de esta estrella pero, en cambio, introduce en esta categoría dos nuevas estrellas, la nº 12 de Perseo, situada en la cabeza del monstruo y llamada *Ra's al-Gūl* (β Persei) y la nº 12 de Hydra, llamada *al-Fard* (α Hidrae). Como de costumbre, no lo hace en las tablas sino en el texto. Sin embargo, hay que tener en cuenta a este respecto que es precisamente en el texto donde al-Ṣūfī detalla las correcciones que efectua al catálogo del *Almagesto* y no en las tablas que trata de mantener lo más semejantes posibles a las ptolemaicas, con la única variante de la suma del incremento de precesión y las correcciones a las magnitudes.

Por su parte, Alfonso no cita más que una sola vez una estrella roja, y aún así únicamente la encontramos en el ms. C, recogido en la edición de Rico, donde se dice:

[186]Para el problema de las estrellas rojas en general, cf. NALLINO, C.A., *Al-Battānī sive Albatenii, Opus Astronomicum*.- Milan 1907. Reedición de Frankfurt 1969. II, 283-289.

[187]SEE, T.J.J, *Historical Researches Indicating a Change in the Color of Sirius, between the Epochs of Ptolemy, 138, and of al-Ṣūfī, 980, A.D.*.- "Astronomische Nachrichten" 229 (1927), 245-272.

[188]Cf. la traducción de Schjellerup, 25-26.

"Et nombran a la luziente uermeia. et es la que es ochena *calba alacrab* que quier dezir *el coraçon de escorpion*"[189]

No aparece, sin embargo, en la edición de Knecht del ms. V, confirmando quizás la sospecha de Tallgren de que habría existido más de un ms. como el C[190] El ms. V dice concretamente:

"Et chiamasi la lucente che è la ottaua: *calba alacrab*, che uuol dire *chuore del scorpione*"[191].

Por otra parte, resulta sorprendente que se hiciera esta mención en la sección A, que podríamos calificar de menos "científica", pues lejos de reflejar el trabajo astronómico de al-Ṣūfī, recoge únicamente los datos de tipo folklórico.

Esta omisión apunta, una vez más, hacia la hipótesis de que los astrónomos alfonsíes no realizaron, para la composición de esta obra, observaciones de las estrellas. De haber sido así, habrían o no estado de acuerdo con al-Ṣūfī o con Ptolomeo, en parte o en la totalidad de las estrellas, habrían incluido algunas o eliminado otras en caso de desacuerdo, pero lo que no parece lógico que hicieran es omitirlas en su totalidad. Por otra parte, no me explico qué motivo o motivos les habría llevado a eliminar la mención al color rojo de estas estrellas. Eliminacion que parece sistemática y más si tenemos en cuenta que la única que se menciona en el ms. C no aparece ya en la traducción florentina. Sin embargo, si observamos la tabla incluida en el apéndice (9.4) vemos que al-Battānī, al igual que el *Libro*, únicamente incluye entre las estrellas rojas "el corazón del escorpión". Por otra parte, al-Bīrūnī[192] tampoco incluye el color rojo de las estrellas en su tabla por considerarlo tema poco científico. Pienso que quizás influidos por esto y a la vista de las complicaciones que presentaba la traducción de los términos árabes, muy corrompidos a lo largo de la transmisión del texto[193] que hacen referencia al color rojo de ciertas estrellas, los colaboradores alfonsíes

[189]RICO, *Libros*. Vol. I, 135. Corrijo la lectura de Rico basándome en el ms. C.

[190]Cf. nota 171.

[191]KNECHT, *I Libri...*, 227.

[192]AL-BĪRŪNĪ. *Kitāb al-Qānūn al-Masᶜūdī*. Hyderabad 1957. 991.

[193]Cf. tabla 9.4, nota 280.

optarían como en otras ocasiones por silenciar el problema omitiendo siquiera mencionarlo[194].

6.- Materiales del "Libro" que no provienen del "Kitāb".

Aparte de los materiales de relleno, descritos en el apartado 2.4.4., y que no presentan interés alguno a no ser, como ya he dicho, el de servir para una composición más estética del *Libro*, encontramos en las ruedas ciertos datos de carácter astrológico, no procedentes del *Kitāb* de al-Ṣūfī y que combinan con los requeridos por el *Lapidario* para el uso provechoso de sus piedras.

6.1.- Materiales astrológicos.

Al final de cada una de las estrellas que aparecen descritas en las ruedas con su magnitud y sus coordenadas correspondientes, encontramos un pequeño párrafo que nos presenta la naturaleza de la estrella, con relación a uno o varios planetas, así como el par de cualidades que la caracterizan en cuanto a frío, o calor y humedad o sequedad.

Estos datos, de naturaleza puramente astrológica no los encontramos ni en el *Almagesto* griego, ni en ninguna de las versiones árabes, ni tampoco en la traducción latina de Gerardo de Cremona, ni en el *Kitāb* de al-Ṣūfī fuente de casi todo el texto. Sin embargo, sí aparecen en el ms. 915 del que he hablado en la sección 2.4.3. y tambien aparecerán, ya posteriormente, en las diversas ediciones de las *Tablas Alfonsíes* así como en la traducción latina del Almagesto de Georgio Trapezuntio. También aparecen menciones de este tipo en la tabla, copiada entre los siglos XIV y XV, de la que se dice debería pertenecer a las *Tablas de Toledo* del ms. 5311 de Viena[195], así como en la que acompaña el *zīŷ* de Ibn al-Kammād[196]. Tanto en el ms. 915 como en los catálogos de estrellas que he citado, aparecen solamente las menciones a los planetas a cuyas naturalezas corresponden las estrellas, y no siempre aparecen detalladas estrella por estrella. Sin embargo, esta inclusión de datos de tipo astrológico en los materiales estelares,

[194]Cf. nota 136.

[195]Fol. 129v de un manuscrito miscelaneo dedicado a recopilar tablas dispersas de estrellas, coordenadas geográficas y movimientos planetarios procedentes de las *Tablas de Toledo*, por lo general.

[196]Cf. nota nº 59.

hispánicos por lo general[197], en el ms. 915 del Escorial es un dato más que me lleva a identificarlo como uno de los manuscritos árabes copiados en la corte del Rey Sabio.

Parece que el colaborador o colaboradores alfonsíes que compusieron esta parte astrológica del *Libro*, utilizaron, aparte de las naturalezas de las estrellas que cita el *Tetrabiblos* y que los astrónomos alfonsíes amplían al resto de las estrellas próximas, las cualidades que Ptolomeo propone para los distintos planetas y las aplicaron a las estrellas que a cada uno de ellos se asimilaban. Sin embargo, esto no es tan sencillo como a primera vista parece, puesto que: primero, cada estrella se asimila a más de un planeta cuyas cualidades, a menudo contradictorias, deben combinarse, y segundo, no siempre una estrella se asimila en la misma medida a los dos planetas sino que lo hace en mayor o menor grado a uno o a otro.

Esta combinación de cualidades, a que me acabo de referir, no la encontramos ni en el *Tetrabiblos* ni en el *Picatrix*. Ambos textos indican únicamente que al observarse los aspectos de los planetas con relación al Sol o la Luna se modifican sus características ya sea por aumento o por disminución y el *Picatrix*[198], en particular, sugiere que Saturno es más fuerte que los demás y que, por tanto, cuando va acompañado de otro de los planetas éste último queda bajo su influencia.

Por otra parte, la asimilación de una estrella en distinta medida a dos planetas obliga en el momento de hacer la combinación a tener en cuenta, además, el mayor o menor grado de asimilación, y esto tampoco se nos da en ninguno de los textos astrológicos antes comentados.

Así pues, vemos que, como ya viene siendo habitual en los colaboradores alfonsíes, no se trata de una simple recopilación de datos, sino de una reelaboración de los mismos, mediante la ampliación y reestructuración de la información preexistente.

Si realizamos una comparación sistemática de las referencias astrológicas que encontramos en el *Libro* alfonsí y en el ms. 915 con los del *Tetrabiblos*,

[197]La edición veneciana de Georgio Trapezuntio cita en su prólogo a Alfonso X, siendo por tanto posible que los datos astrológicos que introduce provengan de su catálogo de estrellas. También en el *Setenario* alfonsí (leyes 55-66) aparece una relación de los signos del zodiaco con los planetas que les influencian. Sin embargo, los datos no coinciden en absoluto con los del *Libro*.

[198]Cf. PINGREE, edición del texto latino del *Picatrix*, 55-56.

únicamente en lo que hace referencia a las naturalezas de las estrellas, observamos lo siguiente:

En el *Tetrabiblos*, la naturaleza de las estrellas se refiere, por lo general, a las más brillantes de la constelación, o a alguna estrella en particular bien conocida. En cuanto a las constelaciones pertenecientes al Zodiaco, Ptolomeo cita a un mayor número de estrellas y lo hace bien por su nombre, bien por su situación dentro de la figura o por su brillo. En las ruedas del texto castellano, en cambio, se nos da la característica de la totalidad de las estrellas.

En el ms. 915 del Escorial, posiblemente por cuestion de espacio, se dibujan los símbolos correspondientes a los planetas, en el caso de las constelaciones correspondientes al zodiaco y se escribe el nombre en las meridionales y septentrionales[199], pero solamente al lado de una o dos estrellas de cada constelación, en situación a menudo arbitraria dependiendo del mayor o menor espacio que la descripción de la estrella en cuestión deja disponible.

Ahora bien, a pesar del parecido general que se observa a primera vista, hay algunas discrepancias y puntos oscuros de difícil explicación.

Para mayor brevedad en la exposición de la comparación, usaré las siguientes abreviaciones:

T.- *Tetrabiblos*

L.- *Libro de las estrellas de la ochaua espera*

E.- Escorial, ms. 915.

Por lo que se refiere a las constelaciones septentrionales, hay que destacar lo siguiente:

Las tres fuentes estan de acuerdo en las constelaciones de Hércules, Lyra, Cisne, Cassiopea, Saeta, Aguila, Delfín, Pegaso, Andrómeda y Triángulo.

Hay acuerdo entre T y L, y omisión o cambios en E en:

Osa Menor.- Donde E da Saturno y Marte en lugar de Saturno y Venus.

Bootes.- E sólo ofrece la característica general para toda la constelación, y omite la de Júpiter y Marte para la estrella Arcturus.

Corona.- E omite la referencia a Venus.

Auriga.- Falta esta constelación en el ms. 915.

En el resto se presentan las divergencias que a continuación detallo:

Osa Mayor.- T distingue entre el conjunto de estrellas en general, que son de la naturaleza de Marte y las estrellas del grupo Coma Berenice que serían de

[199]En las *Tablas Alfonsíes* y en la versión latina del *Almagesto* de Georgio Trapezuntio, se dibujan tambien los símbolos correspondientes a los planetas al margen.

presenta características astrológicas.

Draco.- T adjudica a las estrellas brillantes la naturaleza de Saturno, Marte y Júpiter. L sólo las de Saturno y Marte y E únicamente la de Marte.

Cefeo.- T, L y E están de acuerdo en asignar a sus estrellas las naturalezas de Saturno y Júpiter. L, sin embargo hace una excepción para la estrella más brillante de la constelación (3ª magnitud) a la que asimila con Mercurio y Saturno.

Perseo.- Para T, la totalidad de las estrellas son de Júpiter y Saturno a excepción de la nº 1 que es de Marte y Mercurio. Para L, la totalidad pertenecería a la naturaleza de Saturno y Venus, pero está de acuerdo en la excepción de la estrella nº 1. E, por su parte, está tambien de acuerdo en la estrella nº 1 (aunque, quizás debido a la falta de espacio, coloque la característica a la nº 2), pero omite mencionar la naturaleza de las demás estrellas.

Ofiuco y su serpiente.- Falta la casi totalidad de esta constelación en E. L considera que se trata de una sola constelación y por lo tanto da a todas las estrellas la misma naturaleza: Saturno y un poco de Venus y T, considerando que se trata de dos constelaciones, asimila las estrellas de Ofiuco a Saturno y en cierta medida a Venus y la de la serpiente a Saturno y Marte.

Pieza del Caballo.- Ni T, ni E mencionan la naturaleza de las estrellas de esta constelación, mientras que L las considera, como las de Pegaso, de Marte y Mercurio.

Por lo que se refiere a las constelaciones meridionales, hay acuerdo entre los tres textos en las constelaciones de: Río, Can Menor, Nave e Hydra.

Acuerdo entre T y L y omisión o cambio en E en:

Cetus.- Omisión en E.

Orión.- E atribuye la naturaleza a los mismos planetas pero cambia el orden de atribución a las estrellas.

Lepus.- Omisión en E.

Can Mayor.- Omisión en E.

Cráter.- Omisión en E.

Cuervo.- Omisión en E.

Ara.- Omisión en E.

Corona Austral.- Omisión en E.

En el resto de las constelaciones meridionales se presentan las siguientes discrepancias:

Centauro.- T distingue entre estrellas del cuerpo humano, del cuerpo equino y del lobo. Las del cuerpo humano serán, según T, de Venus y Mercurio, mientras que según L y E serían de Venus y Marte. En el cuerpo equino y el lobo coinciden los tres textos. Sin embargo, L distingue, además, las estrellas del ramo de la vid que serían de Venus y Marte y las externas que serían de Venus y Júpiter.

Pez meridional.- Hay acuerdo entre L y T sobre la estrella de la boca del pez que correspondería a Venus y Mercurio. En cuanto al resto, nada dice de ellas T y L las asimila con Saturno. E, por su parte, omite la mención de la naturaleza de las estrellas en toda la constelación.

Vemos pues que las divergencias entre T y L no son demasiadas por lo que respecta a las constelaciones septentrionales y meridionales. E presenta más irregularidades, la mayor parte de ellas omisiones, cosa por otra parte lógica si, como parece, se trata de añadidos posteriores.

Ahora bien, las constelaciones del Zodiaco presentan muchos más problemas. El primero de ellos es que el *Tetrabiblos* da las características o naturalezas de un número determinado de estrellas de cada constelación, pero no de todas, y las identifica por su situación en la figura. El texto alfonsí, por su parte, ofrece la naturaleza de la totalidad de las estrellas, pero las descripciones no siempre coinciden con las ptolemaicas[200]. Las divergencias son frecuentes y parece que los colaboradores alfonsíes se rijan más por la proximidad de número que por la cercanía física en cuanto a la situación de la estrella dentro de la figura. Pero, eso no es siempre así, de modo que muchas veces no tiene relación la estrella en cuestión ni con el número ni con la situación de la estrella ptolemaica poseedora de la naturaleza que se le adjudica. A menudo, se dan desfases en la numeración o se introducen características para algunas estrellas de una constelación determinada que no figuran en el *Tetrabiblos* para dicha constelación. Estas divergencias son, pues, dificilmente cuantificables, A modo de ejemplo, ofrezco el cuadro comparativo de la constelación de Tauro[201].

[200]Ni tampoco coinciden, a menudo, las descripciones ptolemaicas del *Tetrabiblos* con las del *Almagesto*.

[201]Mod. significa "moderadamente".

TAURO:	T	L	E
1	Venus/Saturno	Luna/Marte	Mercurio
2	Venus/Saturno	Luna/Marte	Venus/Mercurio
3	Venus/Saturno	Luna/Marte	Venus/Mercurio
4	Venus/Saturno	Luna/Marte	----------
5	----------	Venus/Saturno	Marte
6	----------	Venus/Saturno	Marte
7	----------	Venus/Saturno	----------
8	----------	Venus/Saturno	----------
9	----------	Venus/Saturno	----------
10	----------	Venus/Saturno	----------
11	Saturno/mod. Merc.	Venus/mod. Sat.	----------
12	Saturno/mod. Merc.	Saturno/mod. Merc.	----------
13	Saturno/mod. Merc.	Saturno/mod. Merc.	----------
14	Marte	Marte	----------
15	Saturno/mod. Merc.	Saturno/mod. Merc.	Marte
16	Saturno/mod. Merc.	Saturno/mod.Merc.	Mercurio/Saturno
17	Saturno/mod. Merc.	Marte	Mercurio/Saturno
18	Saturno/mod. Merc.	Marte	----------
19	Marte	Marte	Marte
20	Saturno/mod. Merc.	Saturno/mod. Merc.	Saturno/Mercurio
21	Saturno/mod. Merc.	Saturno/mod. Merc.	----------
22	Saturno/mod. Merc.	Saturno/mod. Merc.	----------
23	Saturno/mod. Merc.	Saturno/mod. Merc.	----------
24	Saturno/mod. Merc.	Saturno/mod. Merc.	----------
25	Saturno/mod. Merc.	Saturno/mod. Merc.	----------
26	Saturno/mod. Merc.	Saturno/mod. Merc.	----------
27	Saturno/mod. Merc.	Saturno/mod. Merc.	----------
28	Saturno/mod. Merc.	Saturno/mod. Merc.	----------
29	----------	Saturno/mod. Merc.	----------
30	Luna/Júpiter	Luna/Marte	Luna/Marte
31	Luna/Júpiter	Luna/Marte	----------
32	Luna/Júpiter	Luna/Marte	----------
33	Luna/Júpiter	Luna/Marte	----------
34	----------	Marte	----------
35	----------	Marte	----------

	T	L	E
36	----------	Marte	----------
37	----------	Marte	----------
38	----------	Marte	----------
39	----------	Marte	----------
40	----------	Marte	----------
41	----------	Marte	----------
42	----------	Marte	----------
43	----------	Marte	----------
44	----------	Marte	----------

Así, vemos que, en la constelación de Aries, se asimila en el *Libro* la estrella nº 14, perteneciente a la cabeza del carnero, a las estrellas nºs 1 y 2, situadas en los cuernos del animal. En los demás casos, sin embargo, parece que sea la cercanía numérica en lugar de la física la que determine los planetas de influencia. En E, además de asimilarse las estrellas de la cara a las de la cabeza, extrañamente se les añade la nº 11 perteneciente al muslo del animal.

En el caso de Tauro, cuyo listado incluyo a modo de ejemplo, parece que las características de las estrellas se hayan corrido en E, posiblemente debido a problemas de espacio. Si los planetas de influencia estuvieran colocados junto a la estrella nº 15 en lugar de junto a la 14, las características de las estrellas 16 y 17 se corresponderían también con las de las de L y T. Las cuatro primeras estrellas no coinciden en absoluto en ninguno de los textos, y en el resto encontramos, aparte de las adiciones de L frecuentes desfases de número. Por otra parte, L y E coinciden en adjudicar a las estrellas 30 a 33 las características de Luna y Marte, mientras que T les atribuye las de Luna y Júpiter.

Gemini presenta muchas más coincidencias, aunque es curiosa la adscripción en L de la estrella nº 3 a Saturno y Mercurio que no aparecen en T relacionados con ninguna de las estrellas. Su situación, por lo demás, en uno de los brazos induce a pensar que, en principio, le correspondería Mercurio.

Curioso también es el caso de Cancro puesto que se atribuyen en T las cualidades de Mercurio y, en menor grado, Marte a las estrellas que estan en los ojos, cuando no aparecen estrellas descritas en tal lugar ni en el texto o rueda alfonsí ni en el *Almagesto* griego. Las estrellas a las que el texto castellano atribuye estas cualidades están situadas en los pies traseros.

En la constelación de Leo, en L, aparte de ampliarse las características a los números circundantes, se han combinado los planetas de tres en tres, cuando en T se adscribían dos planetas a una estrella y otros dos a otra estrella, siendo uno de ellos común a ambos grupos y siendo también estos adyacentes.

Las características de las estrellas de la constelación de Virgo en L corresponden con bastante exactitud a las de T. Cabe, sin embargo, destacar la diferencia en las estrellas del ala (6 a 9), de la cinta (10 y 15) y la de la estrella *Spica*, cuya naturaleza L ampliará a las estrellas de fuera de la figura. En cuanto a E, presenta como de costumbre un corrimiento entre los números de las estrellas, concretamente entre el 5 y el 13, y las características que les corresponden.

En Libra se presenta una dificultad adicional. Se trata de identificar la posición de las estrellas situadas en las pinzas del Escorpión, que era la figura con que se representaba primitivamente esta constelación, con estas mismas estrellas de la balanza. Por otra parte, encontramos un cambio en uno de los planetas de las cuatro primeras estrellas que tanto en L como en E pasa de ser Jupiter a ser Saturno.

En cuanto a Escorpio, el hecho de que L atribuya a las estrellas 4, 5 y 6, situadas en el cuerpo, la misma naturaleza de las tres primeras, situadas en la frente, en lugar de la característica común a las estrellas del resto del cuerpo (7, 8 y 9) apoya la idea de que se guiaban más por el número, y más en concreto por los números anteriores, que por la localización precisa. E por su parte continua siguiendo más de cerca a T que a L. En concreto las estrellas 12 y 20 son buena muestra de ello.

De Sagitario cabe solamente destacar el caso de las estrellas 12 a 22 que pertenecen a la naturaleza de Mercurio en T y de Marte en L y E. Así como la concordancia de las estrellas 23 a 31 en T y L y su discrepancia con E.

Para las estrellas de Capricornio existe un problema de base. En el *Almagesto* y *Libro* figuran 28 estrellas en esta constelación, mientras que en el ms. 915 aparecen 29. Por otra parte, una vez más se adjudican tres planetas a una serie de estrellas combinándolos del mismo modo que en el caso de Leo. En general, sin embargo, resultan bastante coincidentes si exceptuamos el caso de las estrellas 19 y 20 de E.

Acuario presenta una característica curiosa que, en cierta manera, liga con lo antes descrito en Leo y Capricornio. Desde la estrella nº 13 a la nº 22, los dos planetas mencionados en T aparecen en L repartidos; el primero para los números 13 al 17 y el segundo para el 17 en adelante. E por su parte introduce

la combinación Mercurio/Marte para las estrellas 6 y 29, que no aparece ni en L ni en T.

Finalmente, en la constelación de Piscis, aparte de las cuatro primeras estrellas donde se produce una confusión entre las dos primeras y las dos siguientes, L sigue a T, con las ampliaciones de costumbre. E coincide con L a excepción de las estrellas 32, 34 y 36.

Por lo que respecta a los datos proporcionados por las *Tablas Alfonsíes*[202], vemos que presentan también múltiples divergencias, aunque en los casos de discrepancias con el *Tetrabiblos* tienden a acercarse al *Libro*. Por ejemplo en el caso de la constelación llamada "Pieza del Caballo", cuyos datos no figuran en el *Tetrabiblos*, la naturaleza que le atribuyen tanto el *Libro* como las *Tablas* es la misma. O en el del cuerpo humano de Centauro que es, para el texto ptolemaico, de la naturaleza de Venus y Mercurio, mientras que para ambos textos alfonsíes será de Venus y Marte. Los datos de la tabla de Ibn al-Kammād y de la tabla atribuida a Azarquiel son poco significativos puesto que presentan únicamente 30 estrellas, en comparación con las 1022 del Almagesto y los textos alfonsíes.

7.- Relación del "Libro" con otras traducciones alfonsíes.

Ninguna de las traducciones llevadas a cabo en el *scriptorium* alfonsí puede considerarse como fuente propiamente dicha del *Libro de las estrellas*. Sin embargo, sí parece que algunas de ellas fueran utilizadas para completarlo, pues se dan ciertas coincidencias y puntos de contacto concretamente con el *Lapidario*, *Tetrabiblos* y *Picatrix*.

7.1.- "Lapidario".

La relación fundamental entre estas dos obras ya descritas estriba, a mi entender, en la dependencia que del *Libro de las estrellas* tiene el *Lapidario*, aún siendo, en principio, anterior a él.

La cuestión de las fechas, por lo que se refiere a las traducciones y compilaciones alfonsíes, es a menudo engañosa. Muchas de estas obras fueron corregidas, como ya se ha dicho, tiempo después de su elaboración y el intervalo entre la primera versión y la definitiva oscila alrededor de los 20 años. Del prólogo del *Lapidario* se deduce que la traducción se efectuaría entre los años 1243, fecha de la conquista del Reino de Murcia, y 1250, dos años después de la de

[202]Editio princeps de Erhard Ratdolt (Venecia 1483)

Sevilla. Sin embargo, Hilty[203] arguye que el códice regio no puede ser de esta época, sino que habría sido escrito después de la coronación de Alfonso, posiblemente entre junio de 1276 y mayo de 1279, tal como aparece en el siguiente pasaje del ms. h-I-16 del Escorial[204]:

> "Et fue començado este libro en el anno XXV de su regno, et la era de Çesar en mill e trezientos e catorce annos, et la del nuestro sennor Ihesu Xpisto en mill e dozientos e setaenta e seys annos. Et acabase en el XXVII° anno de su regno, et la era de Cesar en mill e trezientos e XVII annos, et la del nuestro sennor Ihesu Xpisto en mill e dozientos e setaente e IX annos"

Siendo así, se podría pensar que al incluirlo en el Códice Regio, un cuarto de siglo más tarde, se le podrían haber añadido nuevos datos procedentes del *Libro de las estrellas*, reestructurado también por las mismas fechas con el fin de pasar a formar parte de los *Libros del Saber de Astronomía*.

El primer *Lapidario*, como ya es sabido, trata de las piedras, preciosas o no, que pertenecen a cada uno de los 30 grados de los 12 signos del zodíaco, de sus características en cuanto a frío o calor y sequedad o humedad, del lugar donde se hallan y de su uso en medicina o farmacopea principalmente. Sin embargo, presenta un apéndice al final de cada piedra que especifica cuales son las estrellas que tienen poder sobre ella y de las que recibe su "virtud", detallando en qué momento es ésta más manifiesta. Así, vemos que se hace necesario el uso de un catálogo de estrellas de modo paralelo. Por otra parte, y al principio de cada uno de los signos del zodiaco, se detalla el planeta del que es domicilio el signo en cuestión, indicándose a continuación que debe el interesado fijarse también en el señor de la faz del signo correspondiente y, en el apartado de Aries, que por ser el primero es el más extenso y completo, se dice[205]:

> "Et quando todas estas cosas fueren catadas, ayuntar san las uertudes delas estrellas con las de las piedras, de guisa que faran sus obras complidas. et llegara por este logar el obrador a complir su uoluntad de lo que quisiere obrar".

[203]Cf. HILTY, G., *El Libro Complido*, 19-20. Hilty hace notar que el amanuense dejó en blanco medio renglón, que no fue jamás completado, destinado a contener la fecha de la conquista de Murcia. El cuarto de siglo que separa ambas etapas hace comprensible el olvido de la fecha, que parecería ilógico si solo hubieran transcurrido un máximo de siete años.

[204]Tanto este manuscrito, donde se encuentra el *Libro de las formas e de las ymagenes*, como el h-I-15, que contiene los 3 *Lapidarios*, proceden del *scriptorium* regio.

[205]En el caso de Aries se dice también que es exaltación del Sol, aunque no se especifique que ésta corresponda concretamente al grado 19. Cf. DIMAN, R.C. y WINGET, L.V., *Lapidario*, 4.

Observamos pues la importancia que tiene el conocimiento exacto de las estrellas, de sus cualidades y coordenadas, para el uso correcto de las piedras del *Lapidario* y en definitiva para alcanzar con éxito los objetivos propuestos.

Ahora bien, sabemos que la traducción del *Libro de las estrellas de la ochaua espera* es sensiblemente posterior a la del *Lapidario*, y sin embargo, para la composición de este último debió haberse utilizado un catálogo de estrellas, cuya indudable procedencia del *Almagesto* viene evidenciada al comprobar la descripción y localización de las diversas estrellas. Para ello, pudo usarse bien la versión latina de Gerardo de Cremona, que parece estuvo a disposición de los colaboradores del Rey para la composición del *Libro de las estrellas*, bien algún manuscrito del *Kitāb* de al-Ṣūfī, base de este último, bien alguna copia árabe del catálogo del *Almagesto* conocida por los astrónomos reales, quizás el original del actual ms. 915 del Escorial, copiado durante el reinado del Rey Sabio (1276).

Lo cierto es que en la traducción alfonsí del *Lapidario* se introducen una serie de nombres, tanto de estrellas como de constelaciones, procedentes del árabe, y algunas del latín, que sólo podrían proceder de alguna de las obras antes citadas.

Ejemplo de ello lo tenemos en la estrella del grado 27 del signo de Aries que se nos describe del siguiente modo:

- *Lapidario*.- "Estrella cardena que es en cabo de la mano diestra de Persyo el que lieua la cabeça dalgol"

-*Libro de las estrellas*.- "La primera que es en el reboluimiento cardeno que es en cabo de la mano diestra [de Perseo o el leuador de la cabeça de alguol]"

-*Traducción latina de Gerardo de Cremona*.- "Stella que est in reuolutione nebulosa : que est super extremitate manus dixtre Perseus: et est deferens caput algol"

-*Kitāb ṣuwar al-kawākib*.- الطخة السحابية..وهو على طرف يده اليمنى (برشاوش وهو حامل رأس الغول)

-*ms. 915 del Escorial*.- الإشتباك السحابي الذي على طرف اليد اليمنى (فرسوس وهو حامل رأس الغول)

-*Almagesto griego*[206].- *"The nebulous mass on the right hand [Perseus]"*

[206]Cito la traducción de Toomer.

Hay aquí dos puntos a destacar. Uno, la procedencia árabe de la representación de Perseo como "leuador de la cabeça de Alguol" que, al aparecer ya en la traducción latina de Gerardo de Cremona, no excluye que este fuera el original y dos, la comprobación de que la traducción de *nebula* o *nebulosa* por *cárdena*, característica de las secciones M y P del *Libro*, ya figura en el *Lapidario*.

Sin embargo, encontramos una serie de nombres árabes de estrellas que se encuentran en al-Ṣūfī, *Libro* y *Lapidario* y que no figuran en la traducción latina de Gerardo. Entre otros están los siguientes:

- Alhadib (*al-ǰaḍīb*) β Cas.
- Alaanci (*al-ᶜanz*) ϵ Aur.
- Azoraya (*al-ṯurayyā*) Pleyades.
- Alayoz (*al-ᶜayūq*) α Aur.
- Alaabor (*al-ᶜabūr*) β CMi.

Aunque no todos los nombres que recoge el *Libro de las estrellas* se ven reflejados en el *Lapidario*, entre otras cosas porque el segundo recoge aproximadamente sólo un tercio de las estrellas que recoge el primero, sí podemos decir que los nombres árabes de estrellas que aparecen en el libro de las piedras proceden de al-Ṣūfī y reaparecerán más adelante en el *Libro*. Por otra parte, aunque Gerardo de Cremona refleja algunos nombres árabes, estos no coinciden siempre con los que encontramos en el *Lapidario* y, además, en la traducción latina se encuentran a menudo desfigurados, por lo menos tal como aparecen en la *editio princeps*[207], siendo mucho más correcta la transcripción que ofrece el *Lapidario*. Ejemplo de ello lo tenemos entre otros en el caso de "elfeca" (*al-ǰakka*), que es, repetidamente, en la traducción latina "alfeta" o bien en el de "alhaue" (*al-hawwā'*) transcrito por Gerardo como "alangue". También confunde y amplía, a menudo, Gerardo los nombres de algunas estrellas como las "Azubene" (*al-zubānà*) (α, β Lepori) que la traducción latina adjudica a toda la constelación. Otros casos hay también en que el nombre que ofrece Gerardo refleja una tradición distinta a la del *Lapidario* coincidiendo este último con la del *Kitāb* y del *Libro*, como por ejemplo en el caso de las estrellas 8 y 9 del Centauro que, según Gerardo, se hallan en el *clypeo* o escudo que parte de la tradición coloca en la mano del Centauro, mientras que *Kitāb*, *Libro* y *Lapidario* siguen otra tradición en la que lo que lleva en la mano es un "ramo de la vid"

[207]Cf. nota nº 52.

Todo esto, unido al hecho de que las versiones árabes del *Almagesto* recogen un reducidísimo número de términos árabes para designar a las estrellas, nos lleva a la conclusión de que, al igual que el *Libro*, el *Lapidario* sigue para la descripción de las estrellas el *Kitāb* de al-Ṣūfī. Ya sea porque así figuraba en el original del misterioso Abolays, ya sea, lo que me parece mucho más probable, un caso más de apéndices alfonsíes esta vez a cargo del propio Yehudá, quien añadiría al original las estrellas que por sus características y situación tendrían influencia sobre cada una de las piedras.

Sin embargo, se presenta aquí un problema de difícil solución. ¿Qué criterios seguiría Yehudá para la selección de las estrellas?

Analizando detenidamente las estrellas seleccionadas, sus coordenadas y sus cualidades, vemos que en principio, han sido escogidas en virtud de estar su longitud[208] dentro del grado correspondiente del signo en cuestión y que sus características y naturalezas no tienen relación ni con las del signo ni con las de la piedra. Sin embargo, esto que sirve para determinar qué estrellas pertenecen a cada uno de los grados de un signo en particular, no tiene la menor utilidad al intentar determinar por qué unas estrellas fueron seleccionadas y otras no, puesto que el catálogo del *Almagesto*, fuente de todos los demás, presenta 1022 estrellas, todas ellas, como es obvio pertenecientes a algún grado de alguno de los signos del Zodíaco. Así pues, teniendo en cuenta que el *Lapidario*, hoy mutilado, en sus orígenes debía tener un número aproximado de 400 estrellas, debemos buscar un criterio de selección apto para los astrónomos de la época.

Una vez descartados los catálogos conocidos que comprenden alrededor de las 400 estrellas, y que podrían ser una fuente directa, parecería lógico que se hubiera recurrido a estrellas de nombre conocido con vistas a facilitar la identificación de las mismas, pero la gran mayoría de las estrellas que usa el *Lapidario* son estrellas que no tienen nombre. Tambien el criterio de las magnitudes queda descartado, pues vemos que en la Osa Menor, por ejemplo, se citan las estrellas 1, 3, 4 y 5 -correspondiendo a los grados 1, 17 y 30 de Geminis y 5 de Cancer- de ellas, la nº 4 y la 5 son de 4ª y 5ª magnitud respectivamente, mientras que la 6 y la 7 que no se citan y que estarían tambien en los grados correspondientes son de 2ª y 3ª. Queda como posible criterio de selección el de las latitudes.

[208]La longitud utilizada, salvo errores, es la del catálogo de estrellas del *Almagesto*. Esto implica el uso de una traducción del mismo, ya sea árabe como el ms. 915 del Escorial o latina como la traducción de Gerardo de Cremona, aunque ya hemos visto que la nomenclatura difiere ampliamente de esta última.

Es decir, que se trataría de las estrellas que, dentro del grado correspondiente, estuvieran más cerca de la eclíptica. Pero tampoco este criterio es válido, puesto que por ejemplo en Cassiopea encontramos estrellas que estan a 47;50° de latitud septentrional y no aparecen otras que estan a 44;20° y en Equleus se mencionan únicamente las estrellas 2 y 4, a 20;40° y 25;00° respectivamente y se deja de lado la n° 1 que está a 20;30°. Tampoco se trata de las estrellas que menciona el *Tetrabiblos*. Parece que lo más probable sea que se trate de aquellas estrellas que se ajustan más al grado en cuestión. Así, en el cuarto grado de Aries, se menciona "la estrella meridional que de las tres que son sobre el cinto de la mugier cadenada" (12) que está en Aries 3;50°, puesto que no hay otra más cercana[209]. Hay, no obstante, casos que no encajan exactamente: por ejemplo para el primer grado se cita a "las tres que estan en haz y siguen al nudo del hilo de la figura de Piscis", es decir las n°s 21, 22 y 23 que están respectivamente en Aries 0;10°, 0;20° y 0;30°, cuyas latitudes respectivas son 1;50°, 0;30°, 9° y no se habla de la 20 que está, al igual que la 23, en Aries 0;30° y tiene una latitud de 1;20°. Por otra parte, vemos que también podrían encontrarse en el primer grado de Aries las estrellas 18 y 19 de la constelación de Eridanus cuyas longitudes son respectivamente 0;10° y 0;50°, pero cuyas latitudes 32;10° y 34;50° las alejan bastante de la eclíptica, así como la número 5 de Lepus cuyas coordenadas son 0;10° en longitud y 13;30° en latitud. Hay que destacar, sin embargo, que a menudo encontramos errores en los datos de los diferentes manuscritos que podrían haber inducido a la elección de una estrella erronea, pero el hecho es que con frecuencia hay más de una estrella dentro de un mismo grado y se escoge una de ellas en particular sin que haya podido determinar con exactitud los criterios adoptados para ello.

Hay que añadir a esto que las naturalezas de las estrellas en cuestión no tienen nada que ver con las de las piedras sobre las que influyen y que, como ya he dicho anteriormente, es justamente la combinación de estas diferentes naturalezas lo que proporciona el efecto deseado.

7.2.- "Tetrabiblos".

No podemos considerar al *Tetrabiblos* ptolemaico, traducido también en la corte del Rey Sabio, como una fuente propiamente dicha del *Libro de las estrellas*, aunque sí resulta evidente que la información que proporciona acerca de

[209]Las otras dos estrellas del "cinto" (13 y 14) tienen una longitud de 1;50° y 2;00° respectivamente.

la influencia de los planetas sobre determinadas estrellas fue aprovechada por los colaboradores alfonsíes para confeccionar los datos acerca de las naturalezas de las estrellas que encontramos en las ruedas. La diferencia esencial está en que mientras el *Tetrabiblos* se refiere únicamente a un número determinado de estrellas, a menudo las de mayor magnitud o más conocidas, el libro castellano detalla estrella por estrella, haciendo extensiva, por regla general, la característica de una de las estrellas citadas por Ptolomeo a las restantes estrellas cercanas, más con relación al número que a la propia situación dentro de la figura. Sin embargo, ello no es siempre así y a menudo encontramos diferencias difíciles de explicar, tal como se detallan en el apartado 6.1.

Parece que el hecho de que Alfonso amplíe los datos astrológicos, relativos a las estrellas que menciona Ptolomeo en el *Tetrabiblos*, a las estrellas próximas podría estar motivado por la necesidad en que se encuentra, al utilizar otros textos de caracter astrológico, como el *Lapidario*, de disponer de las naturalezas de más estrellas que aquellas descritas por Ptolomeo. Por otra parte, ya hemos visto que las *Tablas Alfonsíes* presentan también las influencias planetarias ampliadas a la totalidad de las estrellas.

Información parcial sobre las influencias de los planetas también la encontramos en el *Picatrix*, traducción asímismo alfonsí, con datos procedentes, por lo general, del *Tetrabiblos*.

7.3.- "Picatrix"

Tampoco constituye el *Picatrix* fuente propiamente dicha del *Libro* alfonsí, aunque ambos presentan estrecha relación en lo que hace referencia a las "mansiones lunares" (Cf. apéndice, tabla 9.3). El *Picatrix*, traducción latina del *Gāyat al-Ḥakīm*, propone dos listas de mansiones lunares con ligerísimas variantes. Una de ellas, es la que se supone corresponde a la traducción de su original árabe, mientras que la otra, se atribuye a Plinio[210] y no aparece en el texto árabe, aunque figura ya en las primeras traducciones así como en la versión castellana[211]. Por lo que se refiere a la primera de estas listas, vemos que no corresponde exactamente a una traducción, tal como sería de esperar, sino que difiere

[210]Cf. PINGREE, D. and LIPPINCOTT, K., *Ibn al Ḥātim on the Talismans of the Lunar Mansions*. 57-81.

[211]Cf. PINGREE, D., *Between the Ghāya and Picatrix. I: the Spanish Version*. 27-56.

en cierta medida del original[212] el cual, tal como puede verse en la tabla 9.3 del anexo, refleja casi con absoluta fidelidad la tabla de al-Bīrūnī[213]. En cuanto a la que debería ser traducción del original árabe, tanto en castellano como en latín, se observa fácilmente que se aleja a menudo de la nomenclatura del texto árabe para acercarse a la alfonsí, y consecuentemente a la de al-Ṣūfī, y equivale, con ligerísimas variantes, a la lista atribuida a Plinio.

Los trabajos de Pingree[214], por lo que se refiere a los textos castellano y latino del Picatrix y a su original árabe, así como a sus fuentes, son extremadamente completos de modo que a ellos me remito en lo referente a la comparación de la nomenclatura de las mansiones lunares entre estos textos. Por lo que a mí respecta quisiera añadir solamente ciertas conclusiones que se desprenden de la comparación de estos textos con el *Libro* alfonsí y que apuntan claramente a una extrecha relación entre ellos.

Es, por ejemplo, ampliamente significativo que el error del *Libro* alfonsí consistente en la metátesis en la transcripción del nombre de la mansión nº 15, de modo que en lugar de "algafr" encontramos "algarf", se repita también en la primera lista de la compilación castellana del *Picatrix*[215]. También apunta hacia esta interdependencia el hecho de que, en caso de discrepancia entre el *Libro* y el *Kitāb*, por ejemplo en la mansión número 20, concuerde el *Libro* tanto con el *Gāya* como con las dos listas del *Picatrix*, en sus versiones castellana y latina. Así como que en la primera mansión no se transcriba en el *Picatrix* latino el nombre procedente del original árabe sino que se remitan al segundo nombre de la mansión que es justamente el único de los dos nombres del *Kitāb* que recoge el *Libro*. Es curioso constatar, sin embargo, que la compilación castellana del *Picatrix* sí recoge los dos nombres de esta mansión. Finalmente, queda por destacar que los nombres de las mansiones nºs 26 y 27, que no aparecen mencionadas como tales en el *Kitāb* de al-Ṣūfī, coinciden con la nomenclatura del *Picatrix* (Cf. 4.5).

[212]PINGREE en *Between the Ghāya and Picatrix*, 30-32, observa tambien variantes, debidas a un error de traducción, en los límites de las mansiones lunares entre el original árabe y los textos latino y castellano.

[213]Sobre las fuentes del *Gāyat al-Ḥakīm*, cf. PINGREE, D. *Some of the Sources of the Ghāyat al-Ḥakīm*. 1-15.

[214]Cf. nota nº 182.

[215]Con respecto a la metátesis en el árabe hispánico, cf. CORRIENTE, F., *A Grammatical Sketch of the Spanish Arabic Dialectal Bundle*.- Madrid, 1977. 71-72.

La información parcial sobre las influencias de los planetas que encontramos en el *Picatrix*, corresponde a datos ya conocidos en el *Tetrabiblos* y se refiere únicamente a influencias de tipo general y no sobre estrellas determinadas, como el texto ptolemaico, lo que me ha llevado a descartar su influencia sobre el *Libro*, aunque admito que pudo ser consultado en lo referente a las combinaciones de las influencias planetarias.

8.- Relación del "Libro de las estrellas de la ochaua espera" con el "Kitāb ṣuwar al-kawākib".

Una vez estudiados ambos textos, *Kitāb* y *Libro*, con detalle, se observa que el segundo depende enteramente del primero. Ahora bien, el *Libro de las estrellas de la ochaua espera* alfonsí no es una traducción propiamente dicha del texto árabe, sino una reestructuración del mismo ya que, aprovechando todos los materiales nuevos y antiguos que el *Kitāb* ofrece, los colaboradores alfonsíes encargados de la composición del libro los distribuyeron, agrupándolos en secciones independientes, debidas posiblemente, como ya se ha dicho, a manos también diferentes. La impresión es que hubo un colaborador, o un grupo de ellos, que se encargaría de la descripción de las constelaciones y que recurriría a la sección A del texto árabe para ofrecer el nombre de las estrellas que le parecerían más importantes o significativas, o bien, lo que es más posible, la utilizaría de relleno para completar, en casos de constelaciones de pocas estrellas, el espacio fijo de que disponía. Mientras que, paralelamente -y no forzosamente en el tiempo-, otro u otros se encargarían de un libro independiente en todos los aspectos, el cuarto, que agruparía todos los datos que de manera dispersa, es decir, constelación por constelación, ofrece al-Ṣūfī y que no forman parte del catálogo en si. Esta impresión viene confirmada por las repeticiones innecesarias de datos en A y en M, así como por el hecho de que no parece haber demasiado acuerdo entre los traductores de la sección A y los de la M en cuanto a transcripción y traducción de vocablos o nombres de estrellas, así como tampoco en lo referente a la traducción del texto en general, mucho más exacta y cuidada en A que en M. Esta duplicidad de autor o autores parece ya ser conocida en el resto de la obra alfonsí. Julio Samsó[216] ha destacado, refiriendose al *Libro de la fayçon dell espera*, que ni el autor de los cuatro primeros capítulos del mismo ni el del último, todos ellos apéndices alfonsíes de distintas manos, conocieron con detalle

[216]SAMSO, J., *El tratado alfonsí sobre la esfera.*- "Dynamis, Acta Hispanica ad Medicinae Scientiarumque Historiam Illustrandam".- 2 (1982), 68-69.

el capítulo que describe las distintas partes de la esfera perteneciente al tratado original de Qusṭā ben Lūqā.

Volviendo a la relación entre ambos textos, cabe decir que el *Kitāb* es la fuente básica del *Libro*, aunque presente dos tipos distintos de adiciones. Por una parte las adiciones de materiales astrológicos, cuya finalidad sería la de complementar los datos astronomicos de las estrellas con el proposito de usar el catálogo en combinación con el *Lapidario* o para otros fines de características parecidas. Y, por otra, todas aquellas adiciones debidas a la reestructuración del *Libro* y a la finalidad más estética que práctica de su compaginación, procedentes por regla general de otras traducciones alfonsíes, que no pueden ser considerados como fuentes puesto que nada de valor aportan a la obra.

Por otra parte, parece interesante señalar que el nombre de al-Ṣūfī no aparece más que una sóla vez en todo el *Libro* alfonsí, y lo hace bajo la forma de "Abolfaçen"[217] (Abū-l-Ḥasan en lugar de Abū-l-Ḥusayn) y que es, justamente, en una ocasión en que especifica su acuerdo con Ptolomeo. Las demás veces acuden a la expresión "los otros sabios dixeron..." u otras parecidas. A Ptolomeo, sin embargo, se le cita a menudo, lo mismo que al *Almagesto*, quizás buscando ampararse bajo su fama, aún aceptando a ciegas las correcciones de al-Ṣūfī y por tanto siendo conscientes de que el *Kitāb* representaba una mejora sobre el *Almagesto* en lo referente al catálogo de estrellas. Pero lo más probable es que se deba a que la finalidad de los colaboradores alfonsíes, o mejor dicho la del propio Rey en el momento de encargar la composición de la obra, difería de la de al-Ṣūfī. El *Kitāb* interesó a sus adaptadores, bajo mi punto de vista, en cuanto a trabajo crítico sobre el catálogo de estrellas del *Almagesto*, que es el que pretendían reflejar, con las oportunas correcciones efectuadas por al-Ṣūfī, y la extensa nomenclatura que este aporta. Es por esta razón que las menciones a Ptolomeo y su *Almagesto* son múltiples, mientras que una sola vez se recuerda a al-Ṣūfī, y ninguna a su *Kitāb*.

Efectivamente, al-Ṣūfī destaca en el prólogo de su obra que su intención al componerla fue la de facilitar a su protector, el príncipe ᶜAḍud al-Dawla, el estudio y observación de las estrellas. Vemos pues que su finalidad era puramente didáctica pues trataba de proporcionar al príncipe información suficiente para sus observaciones. Ahora bien, los colaboradores alfonsíes no parece que pretendieran con la composición del *Libro* facilitar la observación de las estrellas, sino que

[217]KNECHT, *I Libri...*, 44. RICO, *Libros...*, 30.

aspiraban a servirse de ellas para un uso más práctico. Muy probablemente, el *Libro de las estrellas* se compondría con el proposito de ser usado en combinación con otras obras, ya sean éstas de tipo astrológico-talismánico, como el *Lapidario*, el cual requiere para el éxito de sus procedimientos del buen conocimiento de las estrellas, sus coordenadas, naturalezas y cualidades, o de tipo astronómico, como los tratados de construcción de astrolabios, azafeas, globos celestes etc, que aparecen a continuación del *Libro de las estrellas* formando parte de los *Libros del Saber de Astronomía.*

8.1.- Papel del "Libro" en la difusión del "Kitāb" en Europa.

Tanto Kunitzsch[218] como Sezgin[219] han hablado del interés de la difusión del *Kitāb* de al-Ṣūfī en Europa. Aparte de las traducciones latinas del catálogo de estrellas del *Almagesto* que incorporan elementos de al-Ṣūfī[220], ambos autores han destacado las citas que de la obra del astrónomo persa se encuentran en el *Liber de rationibus tabularum*[221] de Abraham b. ᶜEzra y muy especialmente de su influencia en el *Libro de las estrellas de la ochaua espera* alfonsí.

Ibn ᶜEzra, efectivamente, cita algunos parámetros provenientes de al-Ṣūfī, pero le atribuye algunos que no concuerdan con los mencionados por el propio autor persa. Entre ellos, hay uno realmente importante en la confección de un catálogo de estrellas: la constante de precesión. Ibn ᶜEzra le atribuye una constante de 1º cada 70 años en lugar de cada 66 años, parámetro que encontramos documentado en el propio prólogo del *Kitāb*[222].

Por otra parte, resulta obvia la influencia que el *Kitāb* tuvo sobre el *Libro*, del que, como ya hemos visto, es su fuente principal. A través de él pudo haberse introducido en Europa, como tantas otras traducciones alfonsíes. Si no fue así, fue porque no fue traducido al latín sino al castellano, como el resto de los *Libros del Saber de Astronomía.* A pesar de los intentos del Rey de cambiar su política cultural -posiblemente relacionados con su intención de convertirse en

[218]KUNITZSCH, P., *The Astronomer Abū-l-Ḥusayn al-Ṣūfī and his Book on the Constellations*, 56-81; y *Star Catalogues and Star Tables*, 113-122.

[219]Prologo a SCHELLERUP, *Description des etoiles fixes.* vi.

[220]KUNITZSCH, P., *Ṣūfī Latinus.*- Z.D.M.G. 115 (1965), 65-74.

[221]MILLAS VALLICROSA, J. M., *El Libro de los Fundamentos de las Tablas Astronómicas de R. Abraham ibn ᶜEzra.*- Madrid-Barcelona, 1947.

[222]Ed. Hyderabad, 25 y trad. Schjellerup, 42-43.

Emperador de Alemania- que le llevaron a retraducir al latín un gran número de textos que antes había mandado verter al castellano, esto no afectó al ***Libro de las estrellas de la ochaua espera.*** Como consecuencia de ello, nuestro ***Libro*** fue prácticamente desconocido por los astrónomos europeos. A pesar de ello, leemos en el ***Bonum mihi quidem videtur***, escrito en 1347 por un astrónomo parisino de dudosa identificación y parafraseada posteriormente por Nicolás de Cusa, que su autor mismo había visto el ***Libro de las estrellas fijas*** en la propia biblioteca de Alfonso, así como un globo celeste realizado según sus coordenadas[223]. Con lo cual se demuestra que el ***Libro*** no era tan desconocido como hasta la fecha se había creido.

[223]NORTH, J. D., *The Alfonsine Tables in England.*- "Prismata". Festschrift für Willy Hartner.-Wiesbaden, 1977. 230 y 289.

9.- APÉNDICES

9.1.- TABLA COMPARATIVA DE LAS ESTRELLAS DEL ASTROLABIO[222]

		Alfonso X		*al-Ṣūfī*
Estrella	nº	Nombre	nº	Nombre
α UMa	1	----------	--	----------
η UMa	2	*alcayd*	--	----------
β Dra	3	*oío de la serpiente*[223]	--	----------
γ Dra	4	----------	--	----------
α Boo	5	*azimech arramech*	1	السماك الرامح
α CrB	6	*luziente de elfeca*[224]	2	المنير من الفكة
α Her	7	*cabeça de genuflexu*[225]	3	رأس الجاثي
α Lyr	8	*alnaçr alayq*[226]	4	النسر الواقع
β Cyg	9	*pico de la gallina*	5	منقار الدجاجة

[222]Sigo la identificación de KUNITZSCH en su *Sternkatalog*, para facilitar la comparación con los *Typen*.

[223]No lleva nombre en la rueda correspondiente a la constelación.

[224]*Elfeca* en la rueda de la constelación.

[225]Sin nombre en la rueda correspondiente a la constelación.

[226]En el texto, "que quier dezir *bueytre cayente*". En la rueda, "et dízenle en arabigo *anneçra alayke* e *alleuçe* que es *almendra*".

Estrella	*Alfonso X* nº	Nombre	*al-Ṣūfī* nº	Nombre
α Cyg	10	*cola de la gallina*[227]	6[228]	ذنب الدجاجة
β Cas	11	*la palma tinta*	7[229]	الكفّ الخضيب
α Per	12	*el costado de P(er)seo*	8	جنب برشاوش
β Per	13	*cabeça delgol*	9	رأس الغول
α Aur	14	*alayoc*	10	العيّوق
α Oph	15	*cabeça del caçador*	11	رأس الحوّاء
β Ser	16	*el pescueço de la culebra*	12[230]	عنق الحية
α Aql	17	*boeytre uolant*	13	النسر الطائر
ε Del	--	----------	14	ذنب الدلفين
δ Peg/α And	18	*ueri)a del caballo*	15[231]	سرّة الفرس
γ Peg	19	*ala del caballo*	16	جناح الفرس
β Peg	20	----------	17	منكب الفرس
α Peg	21	----------	18	متن الفرس

[227] *Arrif* en la rueda de la constelación.

[228] En la tabla correspondiente a la constelación, الردف

[229] También سنام الناقة

[230] Según al-Ṣūfī, la que está en el astrolabio de entre las del cuello es la nº 9. Alfonso, sin embargo, llama el pescueço de la culebra a la nº 7 tanto en M como en A.

[231] Tambien رأس الفرس

	Alfonso X		*al-Ṣūfī*	
Estrella	nº	Nombre	nº	Nombre
ϵ Peg	--	----------	19[232]	فم الفرس
β And	22	----------	20[233]	جنب المسلسلة
γ And	23	*alaanac*	21	رجل المسلسلة
α Tri	24	----------	22	رأس المثلث
α Ari	25	----------	23	الناطح
α Tau	26	*aldebaran*	24[234]	الدبران
α Gem	27	*la delantrera de los braços*	25[235]	مقدم الذراعين
α Leo	28	*coraçon del leon* y *la real*	26[236]	قلب الأسد
δ Leo	29	*espinazo de leo*	27	ظهر الأسد
β Leo	30	*cola del leon*[237]	28[238]	ذنب الأسد
α Vir	31	*espiga* y *azimec alaaçel*	29	السماك الأعزل

[232]También جحفلة الفرس

[233]También بطن الحوت

[234]También عين الثور

[235]También رأس الثور

[236]También الملكي

[237]En la rueda *azarfa*

[238]También الصرفة

Estrella	Alfonso X nº	Alfonso X Nombre	al-Ṣūfī nº	al-Ṣūfī Nombre
α Sco	32	*coraçon de escorpio*	30	قلب العقرب
β Sgr	—	----------	31	عرقوب الرامي
δ Cap	33	*cola de capricornio*	32[239]	ذنب الجدى
α PsA	—	----------	33[240]	فم الحوت الجنوبي
ζ Cet	34	*uientre de caytos*	—	----------
ι Cet[241]	35	*cola de caytos*	34	ذنب قيطس
α Cet[242]	—	----------	35	الكفّ الجذماء
α Ori	36	*ombro de Urion*	36	منكب الجوزاء
ε Ori	37	----------	—	----------
β Ori	38	----------	37	رجل الجوزاء
θ Eri	—	----------	38	أخر النهر
α CMa	39	*alaabor*[243]	39[244]	اليمانية

[239]Según al-Ṣūfī es una de las que se señalan en los astrolabios meridionales.

[240]También de las que aparecen, según al-Ṣūfī, en los astrolabios meridionales.

[241]Según palabras del propio al-Ṣūfī, en tiempos de los observadores se empleaba este nombre para la estrella nº 22 (β Cet) lo que originó una confusión entre estas dos estrellas, que estan situadas en las dos ramificaciones de la cola de Caytos.

[242]Según al-Ṣūfī es necesario que esta estrella se coloque en todos los astrolabios y globos. Sin embargo, la rueda castellana no la recoge.

[243]En la rueda: *axara aleminia* et otrossí *alaabor*.

[244]También الشعرى اليمانية

Estrella	*Alfonso X* nº	*Alfonso X* Nombre	*al-Ṣūfī* nº	*al-Ṣūfī* Nombre
α CMi	40	*algumeyça*[245]	40[246]	الشعرى الشامية
α Car[247]	—	----------	41[248]	سهيل
α Hya	41	*alfard*	42[249]	عنق الشجاع
ε Crt	42	----------	—	----------
γ Crv	43	----------	—	----------
α Cen[250]	44	----------	43	رجل قنطورس
α PsA[251]	—	----------	44	فم الحوت الجنوبي

[245]En la rueda: *axeara exemia* et *algumeyça*.

[246]También الشعرى الغميصاء

[247]También en los astrolabios meridionales según al-Ṣūfī.

[248]También (Canopus) قانبس

[249]También الفرد

[250]En astrolabios meridionales según al-Ṣūfī.

[251]Ya mencionada en la constelación de Acuario.

9.2.- LISTA DE NEBULOSAS SEGUN DISTINTAS FUENTES

Ptolomeo		*Trad. Arabe*		*Battānī*	*Al-Ṣūfī*		*Libro*		*Ms. 915*	*Tab. Alf.*[252]
Almag.	Tetrab.	Ḥaŷŷāŷ	Isḥāq		Tabla	Texto	Tabla	Texto		
χ Per	------	χ Per	χ Per	χ Per	χ Per	χ Per	χ Per	χ Per	χ Per	χ Per
ϵ Cnc	ϵ Cnc	ϵ Cnc	ϵ Cnc	ϵ Cnc	ϵ Cnc	ϵ Cnc	ϵ Cnc	ϵ Cnc	ϵ Cnc	ϵ Cnc
Ext.Sco	Ext.Sco	Ext.Sco[253]	Ext.Sco	Ext.Sco	Ext.Sco	Ext.Sco	Ext.Sco	Ext.Sco	------[254]	Ext.Sco
ν2 Sgr	γ Sgr[255]	ν2 Sgr[256]	ν2 Sgr	ν2 Sgr	ν2 Sgr	ν2 Sgr	ν2 Sgr	ν2 Sgr	ν2 Sgr	ν2 Sgr
λ Ori	------	λ Ori	λ Ori	λ Ori	λ Ori	λ Ori	λ Ori	λ Ori	λ Ori	λ Ori
Com Ber[257]	Com Ber	------[258]	Com Ber	------[259]	Com Ber	------	------	------	Com Ber	Com Ber[257]
ω Cyg	------	ω Cyg	ω Cyg	------[259]	------	------	------	------	------[260]	------
------	Pleyades	------	------	------	------	------	------	------	------	------
------	Jarro Aqr	------	------	------	------	------	------	------	------	------
------	-------	------	------	------	------	Andromeda[261]------		Andromeda[261]------		------

[252]Coincide exactamente con la traducción latina de Gerardo de Cremona.

[253]Cf. KUNITZSCH, *Der Sternkatalog...*, 250-252. *Al-šamālī* en ms. 914 del Escorial y en el Hebr. 1100 de la Biblioteca Nacional de París.

[254]Según KUNITZSCH, *Der Sternkatalog...* págs. 251-253, en el ms. 915 del Escorial se encuentra *al-šamālī* en lugar de *al-saḥābī*. Sin embargo en la fotocopia del ms. que yo poseo se lee bastante claramente *al-saḥābī*.

[255]Corresponde a la estrella nº 1 de esta constelación situada en el extremo de la flecha, mientras que la nebulosa, en las demás versiones, es la estrella nº 8 que esta en el ojo del arquero.

[256]Cf. KUNITZSCH, *Der Sternkatalog...* págs. 246-250. *Al-šamālī* en mss. 914 E, hebr. 1100 B.N.P. y Add. 7475 L.B.L.

[257]Se trata de las estrellas 7, 15 y 26 de Coma Berenice que corresponden a las 6, 7 y 8 ext. de la constelación de Leo. En las *Tablas Alfonsíes* solo las estrellas 6 y 7 de Leo, y en la traducción latina de Gerardo de Cremona únicamente la nº 6, figurando por error de copia "luminosa" en lugar de "nebulosa".

[258]Aunque sitúa a la nº 15 cerca de una nebulosa.

[259]No aparecen estas estrellas en su catálogo.

[260]A pesar de ser copia de la versión de Isḥāq, siguiendo a al-Ṣūfī no considera a esta estrella entre las nebulosas.

[261]En el texto de al-Ṣūfī se la sitúa cerca de la nº 14, mientras que el texto alfonsí la situa en "la boca de la trucha".

9.3.- *TABLA COMPARATIVA DE MANSIONES LUNARES*:

	Libro (M)	*Libro* (A)	*Picatrix* (1)[262] Cast./Latin	*Picatrix* (2)[262] Cast./Latin	*Picatrix* (3)[263]	*Kitāb*	*al-Bīrūnī*[264]
1[265]	------	------	------/------	------/------	الشرطين	الشرطين	الشرطين
	Alnath	Alnach	Alnath/Alnath	Alnath/Alnath		النطح	
2	Albotayn	------	Albotaym/Albotayn	Albotain/Albotayn	البطين	البطين	البطين
3	Thoraia	------	Azoraya/Açoraya	Azoraya/Azoraye	الثريا	الثريا	الثريا
4	Aldebaran	------	Addebaran/Aldebaran	Adebaran/Aldebaran	الدبران	الدبران	الدبران
5	Alhaca	Alhaca	------/------	------/------	الهقعة	الهقعة	الهقعة
6	------	Alhanaa	------/------	------/------	الهنعة	الهنعة	الهنعة
	Alamia	Elmeeçen	Almiçen/Almices[266]	Almoen/Almizen[266]		الميسان	
	Athaya	Atahya	Athaya/Athaya	Achaya/Achaya		الذرّ	

[262](1) PINGREE, D., *Picatrix, the Latin Version of the Ghāyat al-Ḥakīm*.- Capítulo cuarto del primer libro. Representa, en teoría, la traducción del texto árabe, 8-14 y *Between the Ghāya and Picatrix, I: The Spanish Version*, 30-31. (2) PINGREE, D., *Picatrix, the Latin Version*... Capítulo noveno del cuarto libro. Presenta las 28 mansiones "secundum Plinionem", 228-234 y *Between the Ghāya and Picatrix.I: the Spanish Version*, 30-31.

[263]RITTER, H., *Pseudo Maǧrītī*.- Leipzig, 1933. 14-24.

[264]AL-BĪRŪNĪ, *al-Qanūn al-Masᶜūdī*.- Hyderabad, 1957, 1142.

[265]Según el *Libro* se trataría de las estrellas 3, 4 y 5 de Aries. Según el *Kitāb* la nº 5 podría ser también la 1 ext: "al-Ṣaraṭān o al-Naṭḥ". (*β*, *α* Arietis). Todos los textos latinos y castellanos reflejan el segundo nombre propuesto por el *Kitāb*.

[266]Aparece en el *Picatrix* como la mansión nº 5. Error que demuestra su dependencia de un texto distinto al *Gāya* cuya nomenclatura coincide con las del *Kitāb* y *Libro*.

Libro (M)	*Libro* (A)	*Picatrix* (1) Cast./Latin	*Picatrix* (2) Cast./Latin	*Picatrix* (3)	*Kitāb*	*al-Bīrūnī*
7[267] Adder-rayn	------	Aldirah/Aldirah	Aldira/Aldira	الذراع		الذراع
------	Adirah almobçota	------/------	------/------		الذراع المبسوطة	
8 Alnaçra	------	Annatrha/Annathra	Annathra/Annathra	النثرة	النثرة	النثرة
9[268] Altarf	Atarf	Atharf/Atarf	Atharfa/Atarfa	الطرف	الطرف	الطرف
10 Aliabha	Gebat alaçet	Algebha/Algebha	Algebha/Algebha	الجبهة	الجبهة	الجبهة
11 Açabra	Açobra	Azobra/Azobra	Azobra/Azobra	الزبرة	الزبرة	الزبرة
------	Alharaten	------/------	------/------		الخراتان	
12[269] Açarfa	Açerfa	Açarfa/Acarfa	Azarfa/Azarfa	الصرفة	الصرفة	الصرفة
------	Cambeleçet	------/------	------/------		قلب الأسد	
13 Alaue	Aloe	Alahue/Alhaue	Alahue/Alhaue	العوّاء	العوّاء	العوّاء
14 Ispiga	------	------/------	------/------		السنبلة	
------	------	Açimech/Azimech	Açimech/Azimech	السماك		السماك
Açimec alaacet	------	------/------	------/------		السماك الأعزل	
15[270] Algarf	Alcarf	Algarffa/Algafra	Algaffra/Algafra	الغفر	الغفر	الغفر

[267] Falta en mss. V y C y por lo tanto tomo excepcionalmente la transcripción de Rico.

[268] La sección M alfonsí la incluye por error en la constelación de Leo.

[269] Según el ms. V (M) se trata de la mansión nº 11, pero es un error de copia.

[270] Posiblemente el ms. de al-Ṣūfī que tradujeron los colaboradores alfonsíes presentaba por error *al-garf* en lugar de *al-gafr*, aunque podría también tratarse de una confusión de lectura; *gafr* : sentir inclinación, gusto, emoción, aprensión; *garf* : cubrir, encerrar algo, guardar. (KAZIMIRSKI). Significativamente, la metátesis aparece tanto en el *Libro* como en el texto castellano del *Picatrix*. Cf.punto 7.3.

Libro (M)	*Libro* (A)	*Picatrix* (1) Cast./Latin	*Picatrix* (2) Cast./Latin	*Picatrix* (3)	*Kitāb*	*al-Bīrūnī*
16[271] Alyclil	Zebenay alacrab	------/------	------/------		زبانا العقرب	
------	------	Azobene/Azubene	Azobene/Azebene	الزبانا		الزبانى
------	Yday alacrab	------/------	------/------		يدا العقرب	
17 ------	Aliclil	Aliclil/Alichlil	Aliclil/Alichil	الإكليل	الإكليل	الإكليل
18[272] Calb alacrab	Calb alacrab	------/------	------/------		قلب العقرب	
------	------	Alcalb/Alcalb	Alcab/Alcab	القلب		القلب
19 Axaula	------	Axaula/Exaula	Axaula/Axaula	الشولة	الشولة	الشولة
------	Xeulet alacrab	------/------	------/------		شولة العقرب	
------	Alebra	------/------	------/------		الإبرة	
20[273] ------	------	------/------	------/------		الوصل	
Annaym	Annaym	Alnahayn/Nahaym	Alnaym/Alnaym	النعائم		النعائم
21 Elbelda	Elbelda	Elbelda/Elbelda	Albelda/Albelda	البلدة	البلدة	البلدة
22[274] Çad al-debe	Çat aldebeh	Caadaldeba	------	سعد الذابح	سعد الذابح	سعد الذابح
23 Çadbula	Çabdula	Caadebolach	Zaadebola	سعد بلع	سعد بلع	سعد بلع

[271] A partir de aquí hay en la sección M castellana un error en la numeración, que se resolverá en la mansión 18.

[272] En realidad, al haber habido un corrimiento en la numeración, la mansión que falta en M es la 16 no la 18.

[273] Hay aquí un error de interpretación en el texto castellano, que entiende que la mansión son las estrellas llamadas avestruces en vez del lugar vacio de estrellas, tal como señala al-Ṣūfī. Sin embargo, es digno de mención que en un lugar donde hay confusión en la traducción (cf. capítulo 4.3.4) se inclinen los astrónomos alfonsíes por el nombre que da el *Picatrix* y la tradición en general.

[274] Falta en mss. V y C y por lo tanto recurro a la edición de Rico.

Libro (M)	*Libro* (A)	*Picatrix* (1) Cast./Latin	*Picatrix* (2) Cast./Latin	*Picatrix* (3)	*Kitāb*	*al-Bīrūnī*
24 Çad elçohor	Çad eçohor	Caadcohot	Caadazod	سعد السعود	سعد السعود	سعد السعود
25 Çad alahbra	Çad alahbra	Caadlhacbia	Zaadalahbia	سعد الأخبية	سعد الأخبية	سعد الأخبية
26[275] Alfarg primo	Alfarquem primero	------	Alfarg primus			
------	Alfargue almocadem	Almiquedam	------	الفرغ المقدّم		فرغ المقدّم
------	Alharcua	------	------			
27[276] Alfarg segundo	Alfargue segundo	------	------			
------	Alfargue almohar	Alfarg almuehar	Alfarg posterior	الفرغ المؤخّر		فرغ المؤخّر
------	Alhar cohet açufle	-----	------			
Gena alfaraç	------	------	------			
28[277] Costado de la mugier encadenada.	Gemb almuçelçela	------	------		الذي على الجنب من صورة المرأة (المسلسلة)	
El uientre del pez.	Bant alhos	------	------		بطن الحوت	بطن الحوت
Arraxe	------	Arrexhe	Arrexe	الرشاء	الرشا	

[275]No aparece en los manuscritos de al-Ṣūfī como mansión lunar. Sin embargo, los nombres alfonsíes coinciden con los del *Kitāb*. Cf. punto 4.5.

[276]Corresponde a las estrellas 1 y 2, y tampoco figura en al-Ṣūfī entre las mansiones lunares. Cf. punto 4.5.

[277]Según al-Ṣūfī no es mansión lunar, sino que el camino de la luna transcurre paralelo a ella. Ed. Hyderabad, 129 y Schjellerup, 119.

9.4.- TABLA DE ESTRELLAS ROJAS SEGUN LAS DISTINTAS FUENTES

Almag.	*Trad. Ar.* Ḥaŷŷāŷ	*Trad. Ar.* Isḥāq	*Battānī*[278]	*Al-Ṣūfī* Tabla	*Al-Ṣūfī* Texto	*G.Crem.*	*Libro* Tabla	*Libro* Texto	*Ms 915*	*Tab.Alf.*
α Boo	α Boo[279]	α Boo[280]	------	------	α Boo[281]	------	------	------	------	------
α Tau	α Tau[279]	α Tau[280]	------	α Tau[280]	α Tau[281]	α Tau[282]	------	------	α Tau[280]	α Tau[283]
β Gem	β Gem[279]	β Gem[280]	------	β Gem[280]	-----	β Gem[284]	------	------	β Gem[280]	β Gem[282]
α Sco	α Sco[279]	α Sco[280]	α Sco[285]	α Sco[280]	α Sco[281]	a Sco[286]	------	α Sco[287]	------	α Sco[286]
α Ori	α Ori[279]	α Ori[280]	------	α Ori[280]	α Ori[281]	α Ori[286]	------	------	------	------
α CMa	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------
------	------	------	------	------	β Per[281]	------	------	------	------	------
------	------	------	------	------	α Hya[281]	------	------	------	------	------

[278]NALLINO, C, *Al-Battānī sive Albatenii....*

[279] الشمعى

[280]La palabra الخوصى que aparece en las distintas versiones árabes con diferentes variantes resulta intraducible. Debería corresponder al término griego μποχιρρος que significa "que tiende hacia el rojo o el amarillo". Cf. Nallino, C, *Al-Battānī sive Albatenii...*, 283-286.

[281] أحمر

[282]"Lucida que trahit ad aerem clarum". "Aerem" podría traducirse por "cobre", metal de un cierto color rojizo, aunque también es posible que se trate de una interpretación del término árabe adjudicandole connotaciones astrológicas.

[283]Basadas en la traducción latina de *Almagesto* de Gerardo de Cremona.

[284]"Que trahit ad aerem. et est cerea". La última parte parece reflejar el término árabe الشمعى que se encuentra en la versión de al-Ḥaŷŷāŷ, quizás en un intento de aclarar las cosas por medio de combinar las dos versiones del *Almagesto* conocidas.

[285]"Rubra"

[286]"Que tendit ad rapinam". Una de las posibles traducciones de "rapina" es "rábano".Cf. KNOBEL, *Note on an obscure arabic word in mss. of Ptolemy, al-Ṣūfī and other derivate arabic mss.* "Actes du Onzième Congrès International des Orientalistes". París 1879, 150, donde se le atribuye un significado astrológico.

[287]No aparece más que en la sección final del *Libro* donde se recogen los datos folklóricos. Por otra parte coincide con la única que recoge al-Battānī. Hay que tener en cuenta que existe una traducción castellana de sus cánones de la época de Alfonso X que incluye la tabla de estrellas. (Cf. nota 8). Schjellerup, en el prólogo a la traducción del *Kitāb* de al-Ṣūfī, dice que al-Battānī en su obra *De numero stellarum* menciona 5 estrellas rojas.

BIBLIOGRAFIA

ALFONSO X, EL SABIO, *Tablas Alfonsies.*- Edición de E. RATDOLT.- Venecia, 1483.

ALFONSO X, EL SABIO, *Tablas Alfonsíes.*- Edición de L.,GAURICUS.- Venecia, 1524.

ALFONSO X, EL SABIO, *Libros del Saber de Astronomía del Rey D. Alfonso X de Castilla.*- Edición de M. RICO Y SINOBAS. 5 vols.- Madrid, 1863-1867.

ALFONSO X, EL SABIO, *General Estoria.*- Edición de A.G. SOLALINDE. 3 vols.- Madrid, 1930, 1957 y 1961.

ALFONSO X, EL SABIO, *Lapidario and Libro de las formas & ymagenes.*- Edición de R.C. DIMANN y L.W. WINGET.- Madison, 1980.

ALFONSO X, EL SABIO, *Lapidario, según el ms. escurialense H.I.115.*- Edición de S. RODRIGUEZ MONTALVO.- Madrid, 1981.

ALFONSO X, EL SABIO, *Setenario.*- Edición y notas de K. H. VANDERFORD.- Barcelona, 1984.

ALFONSO X, EL SABIO, Véase KNECHT.

ALFONSO X, EL SABIO, Véase POULLE.

BALLESTEROS, A., *Sevilla en el siglo XIII.*- Madrid, 1913.

AL-BATTĀNĪ, Muḥammad b. Ŷābir, *Al-Battānī sive Albatenii, Opus Astronomicum.*- Edición y traducción de C.A. NALLINO.- Milan, 1899-1907 (reimpreso en Hildesheim/New York, 1977) y G. BOSSONG, *Los Cánones de Albateni. Herausgegeben Sowie mit Einleitung, Anmerkungen und Glosar versehen.*- Tübingen, 1978.

AL-BĪRŪNĪ, Abū-l-Rayḥān, *Kitāb al-Qānūn al-Masᶜūdī*.- Ed. Hyderabad, 1957.

BROCKELMANN, C., *Geschichte der Arabischen Litteratur.* 2 vols.- Weimer, 1898; Berlin, 1902; Supplementband. 3 vols.- Leiden, 1937-1942.

CAUSSIN DE PERCEVAL, *Le Livre de la Grande Table Hakémite.*- "Notices et extraits des manuscrits de la Bibliothèque Nationale", 7 (1804), 138-139.

CERULLI, E., *Il "Libro della Scala" e la questione delle fonti arabo-spagnole della "Divina Commedia".*- Città del Vaticano, 1949.

COMES, M., *Sobre la procedencia alfonsí de un globo celeste.*- "De Astronomia Alphonsi Regis" (Barcelona, 1987), 139-152.

COMES, M., *Sobre la posibilidad de que los astrónomos alfonsíes realizaran observaciones de las estrellas.*- "Història de la Física" (Barcelona, 1988), 249-255.

COMES, M., *A propos de l'influence d'al-Zarqālluh en Afrique du Nord: l'apogée solaire et l'obliquité de l'écliptique dans le "zīdj" d'Ibn Isḥāq.* Próxima publicación en las Actas del II Coloquio Hispano-Marroquí de Ciencias Históricas (Granada, 1989).

COMES, M., *El "Libro de las estrella de la ochaua espera" alfonsí: ¿traducción de al-Ṣūfī?*. Aparecerá próximamente en la "Revista del Instituto Egipcio de Estudios Islámicos".

COROMINAS, J., *Diccionario Crítico Etimológico de la Lengua Castellana.*- 4 vols. Madrid, 1954. (nueva edición, 5 vols. Madrid, 1983-86)

CORRIENTE, F., *A Grammatical Sketch of the Spanish Arabic Dialect Bundle.*- Madrid, 1977.

CORRIENTE, F., *Diccionario árabe-español.*- Madrid, 1986.

DARBY, G.O.S., *The mysterious Abolays.*- "Osiris" 1 (1936), 251-259.

DARBY, G.O.S., *Ibn Waḥshīya in Mediaeval Spanish Literature.*- "Isis" 33 (1941-1942), 433-438.

DIAGO, F., *Historia de la Provincia de Aragón de la Orden de Predicadores.* 2 vols.- Barcelona, 1599.

DOMINGUEZ RODRIGUEZ, A., *Astrología y Arte en el Lapidario de Alfonso X el Sabio.*- Madrid, 1984.

DOZY, R., *Supplément aux Dictionnaires Arabes.* 2 vols.- Leiden, 1881 (reimpreso en Beirut, 1981)

FELLMAN, E.A., *Fabri, Honoré*, "Dictionary of Scientific Biography" IV (New York, 1971)

FORCADA, M., *La redacción alfonsí del "Picatrix"*. Aparecerá próximamente en la "Revista del Instituto Egipcio de Estudios Islámicos".

HANNA JURDAK, M., *Astronomical Dictionary.*- Beirut, 1950.

HILTY, G., *El libro conplido en los iudizios de las estrellas.*- "Al-Andalus" 20 (1955), 1-74.

KAHANE, H. y R. y PIETRANGELI, A., *Hermetism in the Alfonsine Tradition.*-"Mélanges offerts à Rita Lejeune, professeur à l'Université de Liège" (1) (Gembloux, 1968), 443-457.

KASTEN, Ll. y NITTI, J., *Concordances and Texts of the Royal Scriptorium Manuscripts of Alfonso X, el Sabio.*- "The Hispanic Seminary of Medieval Studies".- Madison, 1978.

KAZIMIRSKI, A. de B., *Dictionnaire Arabe-Français.*- Paris, 1860 (reimpreso en Beirut, 1944)

KENNEDY, E.S. y DESTOMBES, M., *Intoduction to Kitāb al-ᶜamal bi-l-asṭurlāb.*- E.S. Kennedy, Colleagues and Former Students. "Studies in the Islamic Exact Sciences". Beirut, 1983.

KING, D., *Three Sundials from Islamic Andalusia.*- "Journal for the History of Arabic Science" 2 (1978), 358-392 (reimpreso en D. KING, "Islamic Astronomical Instruments".- Londres, 1987).

KNECHT, P., *I Libri astronomici di Alfonso X in una versione fiorentina del trecento.*- Zaragoza, 1965.

KNOBEL, *Note on an obscure arabic word in mss. of Ptolemy, al-Ṣūfī and other derivate arabic mss.* "Actes du Onzième Congrès International des Orientalistes". París, 1879.

KUNITZSCH, P., *Ṣūfī Latinus*.- "Zeitschrift der Deutschen Morgenländischen Gesellschaft" 115 (1965), 65-74.

KUNITZSCH, P., *Typen von Sternverzeichnissen in astronomischen Handschriften des zehnten bis vierzehnten Jahrhunderts*.- Wiesbaden, 1966.

KUNITZSCH, P., *Der Almagest, Die Syntaxis Mathematica des Claudius Ptolemäus in arabisch-lateinischer Überlieferungs*.- Wiesbaden, 1974.

KUNITZSCH, P., Véase IBN AL-ṢALĀḤ.

KUNITZSCH, P., *al-Ṣūfī*.- "Dictionary of Scientific Biography" XIII (New York, 1976), 149-150.

KUNITZSCH, P., *Claudius Ptolemäus. Der Sternkatalog des Almagest. Die arabisch-mittelalterliche Tradition*.- Wiesbaden, 1986.

KUNITZSCH, P., *John of London and his Unknown Arabic Source*.- "Journal for the History of Astronomy" 17 (1986), 51-57.

KUNITZSCH, P., *Star Catalogues and Star Tables in Mediaeval Oriental and European Astronomy*.- "Indian Journal of History of Science" 21 (2) (1986), 113-122.

KUNITZSCH, P., *The Astronomer Abu'l-Ḥusayn al-Ṣūfī and his Book on the Constellations*.- "Zeitschrift für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschafen" 3 (1986), 56-81.

KUNITZSCH, P., *The Star Catalogue Commonly Appended to the Alfonsine Tables*.- "Journal for the History of Astronomy" 17 (1986), 89-98.

KUNITZSCH, P., *Al-Manāzil*- "Encyclopédie de l'Islam". Nouvelle Edition, 6 (Leiden-Paris, 1987), 358-360.

KUNITZSCH, P., *A Medieval Reference to the Andromeda Nebula*.- "The European Southern Observatory Messenger" 49 (1987), 42-43.

MACDONALD, D.B., *Ghūl*. "Encyclopédie de l'Islam" II (Leiden - París, 1960), 1103-4.

MENENDEZ PIDAL, G., *Cómo trabajaron las escuelas alfonsíes* "Nueva Revista de Filología Hispánica" 5 (1951), 363-380.

MILLAS VALLICROSA, J.M., *Las traducciones orientales en los manuscritos de la Biblioteca Catedral de Toledo*.- Madrid, 1942.

MILLAS VALLICROSA, J.M., *El Libro de los Fundamentos de las Tablas Astronómicas de R. Abraham ibn ᶜEzra*.- Madrid-Barcelona, 1947.

MOLINER, M., *Diccionario de Uso del Español*. 2 vols.- Madrid, 1983.

MUÑOZ SENDINO, J., *La Escala de Mahoma*.- Madrid, 1949.

NEUGEBAUER, O., *On the Spanish Era*.- "Chiron" 11 (1981), 371-380.

NORTH, J. D., *The Alphonsine Tables in England*.- "Prismata". Festschrift für Willy Hartner (Wiesbaden, 1977), 269-301.

PELLAT, Ch., *Dictons rimés, anwā' et mansions lunaires chez les Arabes.*- "Arabica" 2 (1955), 17-41.

PELLAT, Ch., *Anwā'*.-Encyclopédie de l'Islam.- I (Leiden-Paris 1960), 538.

IBN AL-ṢALĀḤ, *Fī sabab al-jaṭā' wa-l-taṣḥīf al-ᶜāriḍayn fī ŷadāwil al-maqālatayn al-sābiᶜa wa-l-ṯāmina min kitāb al-Maŷisṭī wa taṣḥīḥ mā amkana taṣḥīḥu-hu min ḏālika.*- Edición y traducción de P. KUNITZSCH.- *Zur Kritik der Koordinatenüberlieferung im Sternkatalog des Almagest*, Göttingen, 1975.

SAMSO, J., *El tratado alfonsí sobre la esfera.*- "Dynamis, Acta Hispanica ad Medicinae Scientiarumque Historiam Illustrandam" 2 (1982), 68-69.

SAMSO, J., *Alfonso X and Arabic Astronomy.*- "De Astronomia Alphonsi Regis" (Barcelona, 1987), 23-38.

SAMSO, J. y CASTELLO, F., *An Hypothesis on the Epoch of Ptolemy's Star Catalogue According to the Authors of the Alfonsine Tables.*- "Journal for the History of Astronomy" 19 (1988), 115-120.

SAMSO, J. y COMES, M., *Al-Ṣūfī and Alfonso X.*- "Archives Internationales d'Histoire des Sciences" 38 (1988), 67-76.

SCHIAPARELLI, C., *Vocabulista in arabico.*- Firenze, 1871.

SEDILLOT, J.J. y L.A., *Traité des Instruments astronomiques des arabes composé au treizième siècle par Aboul Hhassan Ali, de Maroc.*- Frankfurt am Main, 1984. (primera edición, París, 1834).

SEE, T.J.J, *Historical Researches Indicating a Change in the Color of Sirius, between the Epochs of Ptolemy, 138, and of al-Ṣūfī, 980, A.D..*- "Astronomische Nachrichten" 229 (1927), 245-272.

SEZGIN, F., *Geschichte des Arabischen Schrifttums.*- Leiden 5 (1974), ; 6 (1978); 7 (1979).

SOLALINDE, A.G., *Intervención del rey Alfonso X en la redacción de sus obras.*- "Revista de Filología Española" 2 (1915), 283-288.

STERN, S.M., *ᶜAbd al-Raḥmān al-Ṣūfī.*- "Encyclopédie de l'Islam". Nouvelle édition 1 (Leiden-Paris, 1960), 89.

AL-ṢŪFĪ, ᶜAbd al-Raḥmān ibn ᶜUmar, *Kitāb ṣuwar al-kawākib.*- Ed. Hyderabad, 1954.

AL-ṢŪFĪ, ᶜAbd al-Raḥmān b. ᶜUmar, *Kitāb al-ᶜamal bi-l-asṭurlab.*- Ed. Hyderabad, 1962.

AL-ṢŪFĪ, ᶜAbd al-Raḥmān b. ᶜUmar, *Description des étoiles fixes...par...ᶜAbd al-Raḥmān al-Ṣūfī.*- Edición parcial y traducción de C.F.C. SCHJELLERUP.- St. Pétersbourg, 1872 (reimpreso en Frankfurt, 1986).

AL-ṢŪFĪ, ᶜAbd al-Raḥmān b. ᶜUmar, *Two Books on the Use of the Astrolabe by ᶜAbd al-Raḥmān al-Ṣūfī.* Edición fascimil de F. SEZGIN.- Frankfurt am Main, 1986.

AL-ṢŪFĪ, ᶜAbd al-Raḥmān b. ᶜUmar, *The Book of Constellations.*- Edición fascimil de F. SEZGIN.- Frankfurt am Main, 1986.

SUTER, H., *Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre werke.*- Leipzig, 1900.

SUTER, H., *ᶜAbd al-Raḥmān al-Ṣūfī.*- "Encyclopaedia of Islam" I (Leiden, 1913-1938) (reimpreso en Leiden, New York, Copenhaguen, Köln, 1987), 57.

IBN AL-ṢALĀḤ, *Fī sabab al-jaṭā' wa-l-taṣḥīf al-ᶜāriḍayn fī ŷadāwil al-maqālatayn al-sābiᶜa wa-l-ṯāmina min kitāb al-Maŷisṭī wa taṣḥīḥ mā amkana taṣḥīḥu-hu min ḏālika.*- Edición y traducción de P. KUNITZSCH.- *Zur Kritik der Koordinatenüberlieferung im Sternkatalog des Almagest*, Göttingen, 1975.

SAMSO, J., *El tratado alfonsí sobre la esfera.*- "Dynamis, Acta Hispanica ad Medicinae Scientiarumque Historiam Illustrandam" 2 (1982), 68-69.

SAMSO, J., *Alfonso X and Arabic Astronomy.*- "De Astronomia Alphonsi Regis" (Barcelona, 1987), 23-38.

SAMSO, J. y CASTELLO, F., *An Hypothesis on the Epoch of Ptolemy's Star Catalogue According to the Authors of the Alfonsine Tables.*- "Journal for the History of Astronomy" 19 (1988), 115-120.

SAMSO, J. y COMES, M., *Al-Ṣūfī and Alfonso X.*- "Archives Internationales d'Histoire des Sciences" 38 (1988), 67-76.

SCHIAPARELLI, C., *Vocabulista in arabico.*- Firenze, 1871.

SEDILLOT, J.J. y L.A., *Traité des Instruments astronomiques des arabes composé au treizième siècle par Aboul Hhassan Ali, de Maroc.*- Frankfurt am Main, 1984. (primera edición, París, 1834).

SEE, T.J.J, *Historical Researches Indicating a Change in the Color of Sirius, between the Epochs of Ptolemy, 138, and of al-Ṣūfī, 980, A.D..*- "Astronomische Nachrichten" 229 (1927), 245-272.

SEZGIN, F., *Geschichte des Arabischen Schrifttums.*- Leiden 5 (1974), ; 6 (1978); 7 (1979).

SOLALINDE, A.G., *Intervención del rey Alfonso X en la redacción de sus obras.*- "Revista de Filología Española" 2 (1915), 283-288.

STERN, S.M., *ᶜAbd al-Raḥmān al-Ṣūfī.*- "Encyclopédie de l'Islam". Nouvelle édition 1 (Leiden-Paris, 1960), 89.

AL-ṢŪFĪ, ᶜAbd al-Raḥmān ibn ᶜUmar, *Kitāb ṣuwar al-kawākib.*- Ed. Hyderabad, 1954.

AL-ṢŪFĪ, ᶜAbd al-Raḥmān b. ᶜUmar, *Kitāb al-ᶜamal bi-l-asṭurlab.*- Ed. Hyderabad, 1962.

AL-ṢŪFĪ, ᶜAbd al-Raḥmān b. ᶜUmar, *Description des étoiles fixes...par...ᶜAbd al-Raḥmān al-Ṣūfī.*- Edición parcial y traducción de C.F.C. SCHJELLERUP.- St. Pétersbourg, 1872 (reimpreso en Frankfurt, 1986).

AL-ṢŪFĪ, ᶜAbd al-Raḥmān b. ᶜUmar, *Two Books on the Use of the Astrolabe by ᶜAbd al-Raḥmān al-Ṣūfī.* Edición fascimil de F. SEZGIN.- Frankfurt am Main, 1986.

AL-ṢŪFĪ, ᶜAbd al-Raḥmān b. ᶜUmar, *The Book of Constellations.*- Edición fascimil de F. SEZGIN.- Frankfurt am Main, 1986.

SUTER, H., *Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre werke.*- Leipzig, 1900.

SUTER, H., *ᶜAbd al-Raḥmān al-Ṣūfī.*- "Encyclopaedia of Islam" I (Leiden, 1913-1938) (reimpreso en Leiden, New York, Copenhaguen, Köln, 1987), 57.

TALLGREN, O.J., *Los nombres árabes de las estrellas y la transcripción alfonsina.*- Homenaje a Menéndez Pidal" (2) (1925), 633-718.

TALLGREN, O.J., *Observations sur les manuscrits de l'Astronomie d'Alphonse X le Sage, roi de Castille.*- "Neuphilologische Mitteilungen" 5/6 (1908), 110-114.

TALLGREN, O.J., *Survivance arabo-romane du Catalogue d'étoiles de Ptolémée.*- "Studia Orientalia" 2 (1928), 202-283.

TOOMER, G.J., *A Survey of the Toledan Tables.*- "Osiris" 15 (1969), 5-174.

ULUG BEG, *Tabula long. ac lat. stellarum fixarum ex observatione Ulugh Beighi.*- Ed. Thomas HYDE. Oxford, 1665.

VERNET, J., *Alfonso X el Sabio, Mecánica y Astronomía.*- "Conmemoración del Centenario de Alfonso X el Sabio" (Madrid, 1981), 23-32 (reimpreso en J. VERNET, "De ᶜAbd al-Raḥmān I a Isabel II". Barcelona, 1989, 341-350).

VERNET, J., *Europeos en la corte del gran Jan.*- "Historia 16" 9,97 (1984), 66-72.

VERNET, J., CASALS, R. y VILLUENDAS, M.V., *El capítulo primero del "Kitāb asrār fī natā'iŷ al-afkār".*- "Awrāq" 5/6 (1982-1983), 7-18 (reimpreso en J. VERNET, "De ᶜAbd al-Raḥmān I a Isabel II. Barcelona, 1989, 319-330).

VERNET, J., *Las traducciones del árabe a las lenguas romances setecientos años después de la muerte de Alfonso X el Sabio (1284).*- Congreso internacional sobre "La Diffusione delle scienze islamiche nel medioevo europeo" (Roma, 1987), 379-397.

VERNET, J., *Un texto árabe en la corte de Alfonso X el Sabio.* "Al-Andalus" 43 (1978), 405-421. (reimpreso en J. VERNET, "De ᶜAbd al-Raḥmān I a Isabel II". Barcelona, 1989, 301-318).

VERNET, J. y ORUS, J.J., *Los cuatro lugares del octavo cielo en que no se ven estrellas.*- "Estudios sobre Historia de la Ciencia Medieval" (Barcelona-Bellaterra, 1979), 305-308.

VILADRICH, M., *Una nueva evidencia de materiales árabes en la astronomía alfonsí.*- "De Astronomia Alphonsi Regis" (Barcelona, 1987), 105-116.

WELLESZ, E., *An Islamic Book of Constellations.*- Oxford, 1965.

WERNER, E., *Liber scal(a)e Machometi. Die lateinische Fassung des "Kitab al-miᶜradj".*- Düsseldorf, 1986.

UN PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA HORA DURANTE LA NOCHE EN LA CORDOBA DEL SIGLO X

El **Kitāb al-hay'a** de Qasīm b. Muṭarrif al-Qaṭṭān es el texto astronómico andalusí más antiguo que se conoce aunque su autor, que nació al parecer en los primeros años del siglo X (1), aparece mencionado en los diccionarios biográficos sólo como almocrí (lector del Corán) y tradicionalista. En esta obra se describe un cosmos claramente ptolemaico y se entra en cuestiones de tipo calendárico, de movimientos planetarios, astronomía esférica, distancias y diámetros de los cuerpos celestes, etc. (2).

Entre las curiosidades de esta obra destaca una **ṯurayyā**, o reloj de candela, que se describe en el capítulo 23.

La medición del tiempo es algo que el hombre conoce desde épocas muy remotas. Tenemos atestiguadas clepsidras o relojes de agua en la antigua Babilonia desde el siglo XVI a. C.

Básicamente, las clepsidras consistían en un recipiente graduado en su interior que presentaba un pequeño agujero en el fondo. El ricipiente se llenaba de agua y el caudal de salida se dosificaba según la duración de las horas en las distintas épocas del año. A medida que el recipiente se iba vaciando, el nivel del agua marcaba las horas temporales en la escala graduada. Fue el tipo de reloj más conocido, puesto que lo encontramos en todas las culturas: babilónica, egipcia, griega, china, india, latina, islámica, etc.

Bastante menos corrientes y mucho más tardíos que los relojes de agua fueron lo que empleaban para medir el tiempo y el consumo por fuego de un combustible, ya sea incienso, cera o aceite.

---

(1) Samsó, J., **El «Kitāb al-hay'a» de Qāsim b. Muṭarrif al-Qaṭṭān** y Comes, M., **La primera tabla de estrellas documentada en al-Andalus**: Comunicaciones presentadas en las «Trobades Científiques de la Mediterrània» **Història de la Ciència i de la Tècnica als Països Catalans**. Mahón, septiembre, 1991.

(2) Samsó, J., **Las ciencias de los antiguos en al-Andalus**. En prensa.

Aunque el uso del fuego en los relojes se utilizó tanto en Oriente como en Occidente, lo que difiere es el material combustible empleado. Así, el incienso lo encontramos exclusivamente en el Lejano Oriente, China, Japón y Corea y aproximadamente desde el siglo VI d. C. Mientras que cera y aceite se emplearon en el mundo islámico desde Oriente hasta Occidente, lo mismo que en la Europa latina.

De hecho, con la aparición del Islam la fijación del tiempo se hizo aún más necesaria, puesto que había que determinar con exactitud el momento del cumplimiento de las cinco oraciones rituales diarias. Esta necesidad, en un principio de tipo religioso, se amplió más adelante a la vida profana, de modo que la tecnología árabe produjo artilugios extraordinarios de todo tipo desde los más simples como el descrito en nuestro texto hasta los más complejos como el famoso reloj que en el siglo IX regaló Hārūn al-Rašīd a Carlomagno; los 17 relojes descritos en el tratado de autómatas de Ibn Jalaf al-Murādī en el siglo XI en al-Andalus, todos ellos grandes y complicados, accionados mayoritariamente por agua y con un complejo sistema de ruedas dentadas; o las grandes clepsidras que construyó Azarquiel en Toledo.

Por otra parte, la rápida expansión del Islam por las áreas más civilizadas del momento creó un gran imperio en el que destacó el interés por conservar y aumentar los conocimientos heredados de los países conquistados, explotándose también los contactos con las potencias vecinas. La tecnología, la ciencia y la filosofía resultaron ser los temas estudiados con más interés por el Islam.

Por lo que se refiere a los sistemas de medición del tiempo, en el mundo islámico, se usaron abundantemente y desde el principio las clepsidras. Al-Ŷājiz (m. 255/868/9) en su **Kitāb al-ḥayawān** menciona que los relojes de agua eran usados por los monarcas y los sabios para determinar la hora durante la noche.

Sin embargo, los relojes de fuego tuvieron también un papel muy destacado. El más corriente era un tipo de lámpara que mostraba el paso de las horas y en la que la combustión de un cirio provocaba la caída de una bola cada hora sobre cada uno de los 12 recipientes metálicos y que al sonar indicaba que había transcurrido una hora más. Una lámpara de este tipo la encontramos en el **Kitāb al-ḥiyal** de los Banū Mūsa (s. IX) y más adelante, en

el siglo XIV en al-Andalus Ibn al-Jaṭīb (1362) describirá una lámpara similar en el texto estudiado por don Emilio García Gómez en su **Foco de antigua luz sobre la Alhambra** (3). Esta lámra o reloj de candela había sido construida para la celebración del mawlid en la Alhambra y cada hora, además de la caída de la bola con el consiguiente sonido metálico en la cubeta de cobre, se marcaba con la aparición de un pequeño poema dedicado a la hora en cuestión y compuesto por el propio Ibn al-Jaṭīb (4).

Los relojes musulmanes de la alta Edad Media se encontraban principalmente en lugares como los palacios, tal como hemos visto, y las mezquitas. En el siglo XII, Muḥammad b. 'Alī b. Rustam al-Jurāsānī (569/1173-4) construyó un reloj monumental para la Bāb Ŷayrūn al este de la gran mezquita omeya de Damasco. Se trataba de un gran reloj en el que se combinaba el sistema de las bolas de cobre, que en este caso caían de los picos de 12 halcones, con un arco en el que se disponían 12 discos de cristal, cada uno de los cuales se iluminaba una hora durante la noche. Este tipo de reloj parece que fue un modelo muy habitual para los grandes relojes islámicos. Lo encontramos descrito por al-Ŷazarī (602/1205-6) en su **Kitāb fī ma'rifat al-Ḥiyal al-handisiya** en uno de cuyos manuscritos (3472 de la Biblioteca del Museo Topkapi de Estambul) figura una miniatura del mismo.

El mismo al-Ŷazarī al describir una serie de relojes de candela dice que ha examinado un reloj construido por Yūnus al-Asṭurlābī que no funcionaba bien y cuyo fallo se encontraba en el exceso de cera. Hill (5) sugiere que posiblemente se trate del famoso astrónomo egipcio 'Alī b. 'Abd al-Raḥmān Ibn Yūnus al-Ṣafadī (m. 399/1008-9), mientras que Turner (6) opina que podría referirse a Yūnus b. al-Husayn al-Asṭurlābī (539/1144-5). Es posible que se trate del mismo autor de un tratadito sobre un reloj muy parecido al descrito por al-Qaṭṭān y que figura nombre de Yūnus al-Miṣrī, quien según King (7) no sería el famoso Yūnus Ibn al-

(3) García Gómez, E., **Foco de antigua luz sobre la Alhambra**. Madrid, 1988.

(4) Relojes similares los encontramos en China, donde es bastante frecuente la aparición de un pequeño poema sujeto por un autómata.

(5) Hill, D., **The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices ...by Ibn al-Razāzz al-Jazzari**. Dordrechet-Boston, 1974, 272.

(6) Turner, A. J., **The Time Museum**, vol. I. Rockford, 1948, 118.

(7) King, D., **Ibn Yūnus**. «Dictionary of Scientific Biography». Vol. XIV. New York, 1976, 574-580.

Ṣafadī tal como sugieren Kennedy (8) y el padre Cheikho (9). De todas maneras al parecer el material empleado en el reloj examinado por al-Ŷazarī era la cera y no el aceite.

La idea subyacente en el reloj de fuego que encontramos descrito por Ibn Yūnus y al-Qaṭṭān es muy simple y parte de la base de que el consumo de aceite es directamente proporcional al tiempo de quemado del mismo.

Para la construcción del reloj se usan 12 recipientes de cristal en los que se coloca una mecha de algodón. Cada uno de estos recipientes se rellena con la cantidad de aceite necesaria para que arda durante una hora el primero, dos horas el segundo, etcétera, hasta el recipiente número 12 que contendrá una cantidad de aceite doce veces mayor que el primer recipiente y por tanto quemará durante doce horas. Al empezar la noche se encenderán las 12 lámparas o recipientes y a medida que van pasando las horas y se va consumiendo su aceite, éstas se irán apagando una a una indicando así el número de horas transcurridas.

En China, durante la dinastía Tang (618-906), Hui Yuan construyó una clepsidra compuesta de 12 recipientes en forma de flor de loto que recuerdan a los 12 recipientes de estos relojes islámicos, aunque éstos empleen el fuego y el aceite en lugar del agua.

La unidades de tiempo empleadas en estos relojes no son horas iguales, es decir, las que se usan en la actulidad y que consisten en la veinticuatroava parte de un día completo, sino horas temporales nocturnas. Las horas temporales corresponden a la doceava parte del tiempo transcurrido entre la salida y la puesta del sol sin son diurnas o entre la puesta y la salida si son nocturnas que son las que miden estos relojes. Por tanto, la duración de estas horas temporales dependerá de la época del año, correspondiente a los equinoccios de otoño y primavera el momento en que, al tener día y noche igual duración, las horas temporales equivalen a las iguales, y a los solsticios de invierno y verano la noche más larga y más corta respectivamente. Ahora bien, la duración de estas horas temporales no sólo dependerá del mo-

(8) Kennedy, E. S. y Ukashah, W., **The Chandelier Clock of Ibn Yūnis.** «Isis», vol. 60, 1969, 543-545 (Reimpreso en E. S. Kennedy, Colleagues and Former Students «Studies in the Islamic Exact Sciences» (Beirut, 1983), 499-50.

(9) El texto árabe fue publicado por el padre Louis Cheikho en «Al-Mashriq», núm. 17 (1914), p. 398.

mento del año, es decir, de la posición que ocupa el Sol con respecto a la eclíptica, sino también de la latitud del lugar donde nos encontremos, pues es bien sabido que en el ecuador noche y día duran siempre exactamente doce horas, mientras que a medida que va aumentando o decreciendo la latitud las variaciones son más destacables.

Aunque en lo referente a la construcción y al funcionamiento ambos relojes son muy parecidos, hay importantes diferencias entre los datos astronómicos subyacentes en cada uno de ellos.

Ibn Yūnus nos da el peso del aceite en dirhams, con unas variaciones intermedias de 1/6, 1/3, 1/2 y 2/3 de dirham, para cada 30 grados del zodíaco, utilizando el mismo valor para los días que van desde los quince grados de un signo a los 15 grados del siguiente.

Ibn al-Qaṭṭān da el peso del aceite en dirhams y jarrubas (10), y la variación, una vez igualadas las unidades, es de una jarruba, es decir, 1/6 de dirham cada quince grados del zodíaco. Es decir, que en principio parece bastante más ajustado que el de Ibn Yūnus.

De los pesos del aceite se desprende la duración de las noches y por tanto, y lo que es más interesante, la duración de la noche más larga y la más corta para ambos relojes son iguales. Puesto que conociendo el peso de la hora igual, es decir, el del momento de los equinoccios en que la noche dura doce horas, y el de los quince grados de la eclíptica que corresponden a la noche que deseamos saber, una simple regla de tres nos dará la duración de la noche en cuestión.

En el caso de Ibn Yūnus nos encontramos con que la noche más larga dura 14,24 horas y la más corta 9,36 horas, mientras que para al-Qaṭṭān las duraciones son de 14,15 y 9,45 horas, respectivamente.

A partir de la máxima duración del día (M), que corresponde obviamente a la mínima duración de la noche, y en base a la

(10) Del cotejo interno de los datos del texto se desprende que cada jarruba corresponde a 1/6 de dirham. Este dato viene confirmado por Dozy, **Supplément I**, 357, que define a la jarruba, remitiéndose a 'Abd al-Wāhid al-Marrakušī, como una moneda de cobre muy pequeña que equivale a 1/6 de dirham. Por otra parte, en la Enciclopedia del Islam encontramos bajo el término jarruba la acepción de moneda de cobre usada en Túnez hasta épocas recientes.

oblicuidad de la eclíptica (ζ), podemos deducir la latitud (φ) del lugar para el que se ha diseñado el reloj. La fórmula es la siguiente:

$$-\cos 1/2\ M = \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \zeta$$

En la tabla siguiente se muestran las latitudes implícitas en los dos relojes calculadas para los distintos valores de la oblicuidad de la eclíptica utilizados por los astrónomos árabes.

Oblicuidad	24	23;51,20	23;35
Ibn Yūnus	34;45,47	34:56,45	35;17,37
al-Qaṭṭān	33;06,14	33:16,57	33;37,21

Vemos, pues, que el reloj de Ibn Yūnus fue calculado probablemente para una latitud de unos 35 grados, mientras que el de al-Qaṭṭān implica una latitud que estaría entre los 33 y 33;30 grados.

Ambos relojes paracen haber sido calculados para una longitud distinta a la de la zona donde después iban a ser utilizados. Hay que notar que, probablemente, la escasa diferencia que implican unos pocos grados de latitud y el hecho de que no se requiriera demasiada exactitud en la duración de las horas hacían que el reloj fuera operativo dentro de un margen prudencial (45 segundos/hora de diferencia entre lat. 33 y 35 aprox.).

Muy probablemente, pues, se tomaron relojes procedentes de otras zonas. Kennedy (11) opina que el reloj de Ibn Yūnus habría sido calculado para la latitud de Babilonia (32;30°) empleando una proporción entre máxima y mínima duración del día de 3:2, que es la típica de los textos babilónicos, sin embargo, calculando la duración máxima y mínima de la noche vemos que la latitud se encuentra alrededor de los 35 grados, que todavía se aleja más de la latitud de El Cairo (30°). En el caso de al-Qaṭṭān, el propio texto nos da un ejemplo del modo para calcular la duración de una hora nocturna para Ifriquiya (Túnez) (12), aunque la latitud es también válida para Bagdad y esta ciudad resulta bastante más coherente con la época, puesto que en el siglo IX se desarrolló en ella una gran actividad astronómica que no encontra-

(11) Kennedy, E. S., **The Chandelier**..., 545.
(12) Fol. 319.

mos en Ifriquiya. Por otra parte, la latitud de 33;10 grados se encuentra abundantemente documentada para esta ciudad, mientras que para Túnez son corrientes las latitudes que oscilan entre los 32, 33 y 33;31 grados. Parece posible, pues, que la descripción de este reloj llegara a al-Andalus procedente de Bagdad, pero vía Túnez, sobre todo si tenemos en cuenta que en la primera mitad del siglo X Ḥasdāy b. Šaprut de Córdoba estaba en contacto con el filósofo, médico y astrónomo judío tunecino Dunas b. Tammin, quien al parecer le dedicó un libro en respuesta a una serie de preguntas que éste le había hecho llegar.

Es curioso destacar también que en la tradición andalusí se da a Túnez una latitud que varía entre los 36 y 38 grados, mientras que a Córdoba se le adjudican 38;30, de modo que, según esta tradición, Túnez y Córdoba se encontrarían en una latitud muy semejante (13).

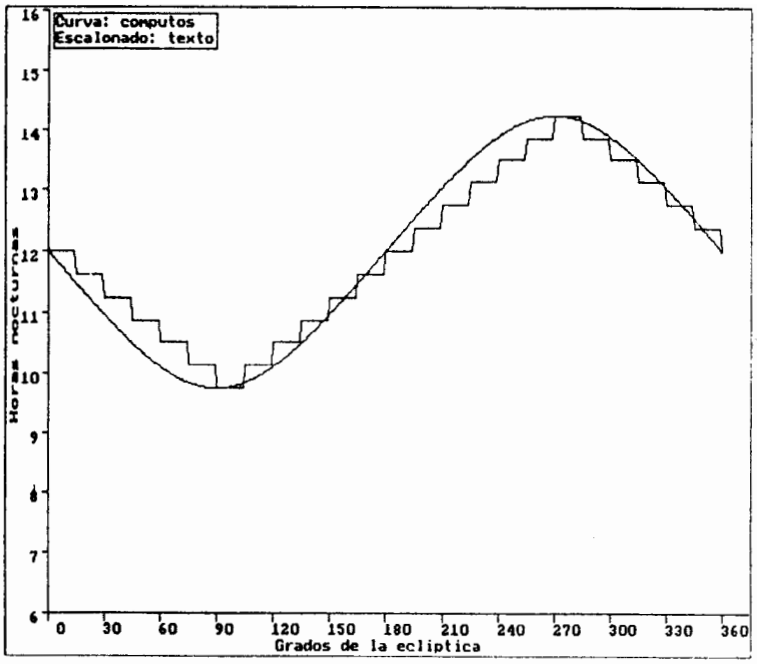
Sin embargo, el método que al-Qaṭṭān expone para calcular la duración de una hora temporal implica el uso de una tabla de ascensiones oblicuas que además podría incluir una columna con la duración de una hora temporal. El ejemplo que da el texto es para una longitud solar de Cáncer de 25 grados, para lo que da una duración de una hora nocturna de 12;30 grados. Recalculando para una latitud de Ifriquiya —que es la localidad mencionada en el texto— de 35 grados, igual a la de Bagdad, tenemos que la duración del día sería de 12;31,48, dato que se ajusta con bastante exactitud al del texto.

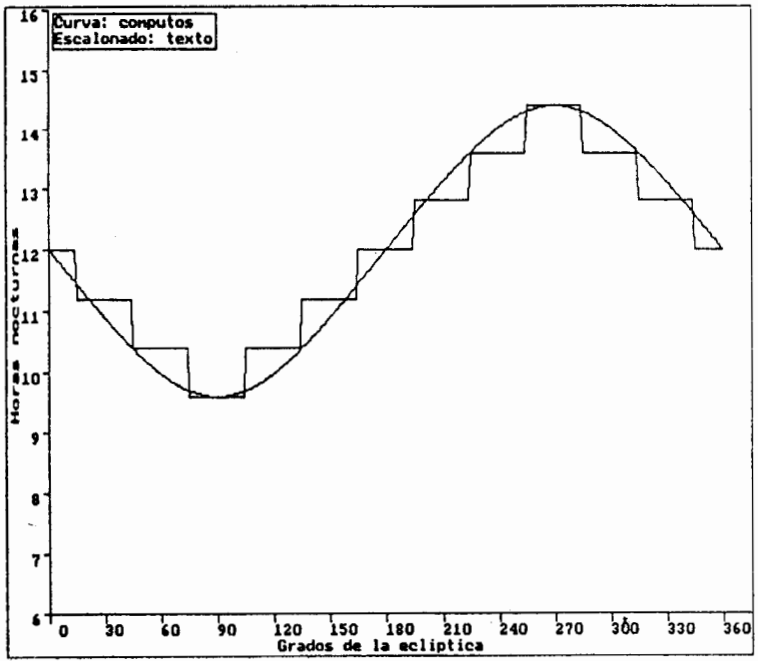
Parece, pues, que el autor de la descripción del reloj dispondría de una tabla de longitudes oblicuas para una latitutd de 33 grados utilizada en Túnez, pero de probable origen bagdalí (14). Esto nos lleva a pensar en la posibilidad de que la tabla utilizada fuera bagdalí, pero no necesariamente la descripción del reloj. En esta dirección apunta también el hecho de la utilización de la medida de unidad llamada jarruba, al parecer corriente en Túnez, pero de la que no encontramos mención en el Oriente islámico.

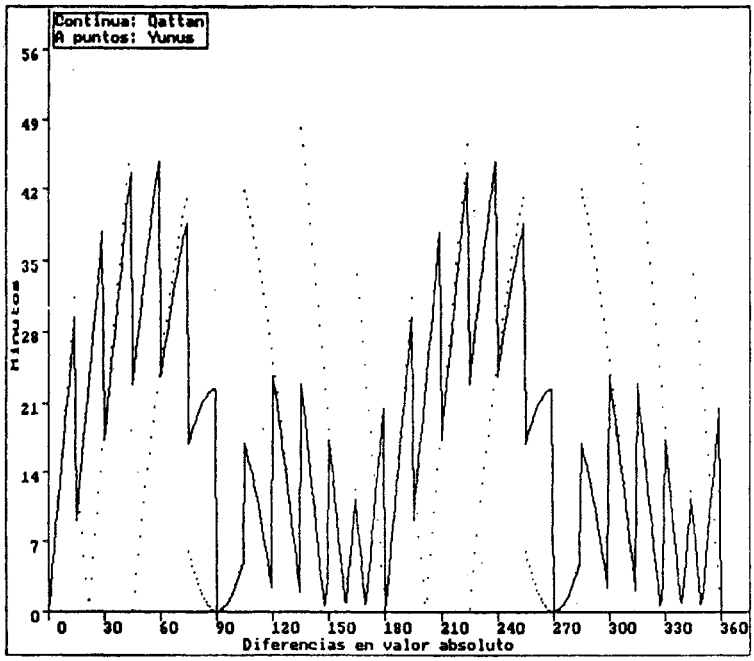
En las tablas 1 y 2 se muestra la duración de las noches en los

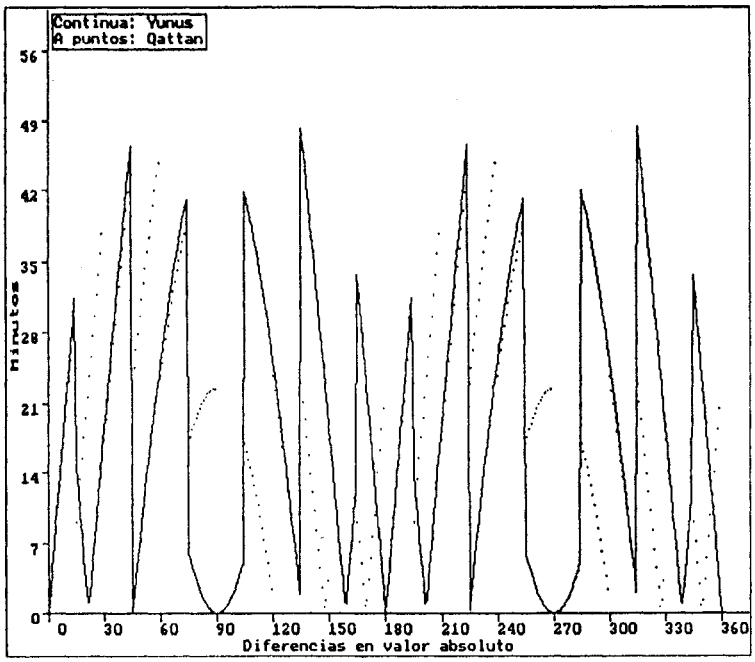
(13) Kennedy, E. S., **Geographical Coordinates of Localities from Islamic Sources. Frankfurt**, 1987.

(14) Samsó, J., **El «Kitāb al-hay'a»**...


Curva: computos
Escalonado: texto
Horas nocturnas
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
0
30
60
90
120
150
180
210
240
270
300
330
360
Grados de la ecliptica


Curva: computos
Escalonado: texto
Horas nocturnas
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
0
30
60
90
120
150
180
210
240
270
300
330
360
Grados de la ecliptica


Continua: Qattan
A puntos: Yunus
Minutos
0
7
14
21
28
35
42
49
56
0 30 60 90 120 150 180 210 240 270 300 330 360
Diferencias en valor absoluto


Continua: Yunus
A puntos: Qattan
Minutos
0
7
14
21
28
35
42
49
56
0 30 60 90 120 150 180 210 240 270 300 330 360
Diferencias en valor absoluto

relojes de al-Qaṭṭān e Ibn Yūnus, respectivamente comparadas con la curva resultante del cálculo de dichas duraciones para ambas latitudes, realizado con la fórmula siguiente:

$D = [90 + \text{arcosen}\ (\text{eg}\ \varphi\ \text{tg}\ [\text{arcosen}\ (\text{sen}\ \zeta\ \text{sen}\ \lambda\ ])]\ 2/15$ donde λ es la longitud del grado de la eclíptica.

Las tablas 3 y 4 muestran las diferencias entre las duraciones de las horas nocturnas de ambos relojes y las calculadas. En estas tablas podemos ver que las diferencias son algo mayores en el caso de Ibn Yūnus (máxima dif. = c. 48′) que en el de Qaṭṭān (c. 45′). Estas diferencias implican una desviación máxima de 4′ y 3;45′/hora, respectivamente. Del mismo modo se observa que en el caso de éste último las posiciones calculadas corresponden a los grados 0, 90, 180 y 270, mientras que en el anterior las posiciones que coinciden con el cálculo son 0, 45, 90, 180, 225, 270 y 360. Parece que en los 135 y 315 debería ocurrir lo mismo aunque no es así.

De estas tablas se desprende que los dos relojes consiguen una aproximación parecida, aunque los valores subyacentes en al-Qaṭṭān sean más complejos y se den para incrementos de tiempos menores. Con esto consigue que las duraciones sean más ajustadas durante las noches de verano e invierno, a cambio de perder en precisión durante la primavera y el otoño, mientras que Ibn Yūnus alcanza una precisión algo peor en conjunto, pero similar durante todo el año.

La primera tabla de estrellas documentada en al-Ándalus[1]

1. Generalidades

La primera tabla de estrellas que encontramos documentada en al-Ándalus forma parte del *Kitāb al-hay'a* de Qāsim b. Muṭarrif al-Qaṭṭān, conservado en el ms. Istambul Carulla 1279.[2] En concreto, aparece en el capítulo duodécimo en forma de un listado de 16 estrellas cuyas coordenadas, según el propio autor indica, corresponderían al año 300 de la Hégira (912-913 de nuestra era).[3]

En esta época, el conocimiento de las estrellas fijas se veía reflejado en una serie de listados de estrellas, ya sea en forma de catálogos o de tablas.

Básicamente, los catálogos consistían, a imagen del que introdujo Ptolomeo en su *Almagesto*,[4] en una lista completa de las estrellas fijas observables a simple vista, siendo por tanto las únicas conocidas hasta la invención del telescopio.

El *Almagesto* presenta en sus libros VII y VIII una lista de 1.022 estrellas fijas, distribuidas en 48 constelaciones, con sus correspondientes coordenadas eclípticas y magnitudes, junto con la descripción detallada de la localización de cada estrella dentro de la figura de la constelación que le corresponde o en sus alrededores. Dicha obra, junto con otras obras griegas de tipo científico,

1. El presente trabajo se ha realizado dentro del Programa de Investigación «Astronomía teórica y tablas astronómicas en al-Ándalus en los siglos X y XI» subvencionado por la DGICYT.

2. Disponemos de un microfilm de este manuscrito gracias a la amabilidad del Prof. Fuat Sezgin.

3. Ms. Carulla, f. 317 r y v.

4. Toomer, G. J. (1984). *Ptolemy's Almagest.* Nueva York / Berlín / Heidelberg / Tokio / Springer-Verlag.

fue traducida al árabe en diversas ocasiones, desde finales del siglo VIII a finales del IX.

Las tablas, bastante más frecuentes en la tradición islámica, son listados // mucho más cortos, a menudo realizados con finalidad práctica, de aproximadamente entre 21 y 49 estrellas, aunque se encuentren casos que llegan incluso a las 240. A diferencia de los catálogos, las estrellas se identifican por sus nombres propios en lugar de por su situación en la figura de la constelación, aunque a menudo estos nombres proceden de dicha situación.

Hay tablas de distintos tipos, las más habituales son las que se encuentran formando parte de un *zīŷ* o colección de tablas astronómicas, y que son mayoritariamente meros resultados de cómputo o compilación derivados del catálogo del *Almagesto* y raramente proceden de observaciones de las estrellas, si exceptuamos las realizadas en la corte de al-Ma'mūn (829-830) que figuran en el *Zīŷ al-Mumtaḥan* o *Tabulae Probatae*.

De esta tabla del *Zīŷ al-Mumtaḥan,* procedente de observaciones como el catálogo del *Almagesto*, derivarán otras que sumarán a sus coordenadas el valor del movimiento de precesión correspondiente, tal como se había venido haciendo con el *Almagesto*.

Otro grupo importante es el de las tablas que consisten en un listado de las estrellas que se usan en el astrolabio y que a menudo, y al contrario de las anteriores, que usan coordenadas eclípticas, emplean coordenadas ecuatoriales, procedentes casi siempre del cálculo realizado a partir de coordenadas eclípticas bien conocidas.

En el Oriente islámico no existe prácticamente un solo astrónomo que no haya compuesto en alguna ocasión una tabla de estrellas. La tradición seguirá en al-Ándalus aunque en menor medida. Sin embargo, la confección de tablas basadas en observaciones propias será en Occidente tan inusual como lo fue en Oriente y se seguirá aquí el mismo sistema que allí se empleaba, consistente en sumar la constante de precesión adecuada en el caso de coordenadas eclípticas o a base de cálculos matemáticos en el de ecuatoriales.

2. La tabla de estrellas del «Kitāb al-hay'a»

La tabla o listado que encontramos en el *Kitāb al-hay'a* presenta ciertas características destacables. Corresponde, en principio, al tipo de tablas que describen las estrellas que se encuentran en un astrolabio, y que generalmente acompañan a los

tratados de construcción de este instrumento, puesto que así se indica en el título del capítulo correspondiente:

> // Capítulo 12. Sobre la denominación de Las estrellas de mayor magnitud, sus arcos que se encuentran en el astrolabio y el arco nocturno.

Los primeros tratados sobre astrolabio árabes que se conocen datan del siglo IX. Por ejemplo los de al-Jwārizmī (m. c. 835), al-Fargānī (857/8), al-Ya'qūbī (c. 875) y Alī ibn 'Isā (c. 870/892).

En el Occidente medieval se conocieron, al parecer, desde la segunda mitad del X. De hecho el primer texto que se conserva es el llamado *Sententie astrolabii,* que se encuentra en el ms. 225 de Ripoll y es evidente, por la terminología empleada, que tiene un origen árabe. Concretamente P. Kunitzsch ha demostrado que algunas partes relativas al uso son traducción literal del tratado de uso de este instrumento debido a al-Jwārizmī.

Al-Qaṭṭān, al parecer, dispondría o bien de un tratado sobre este instrumento o de un astrolabio con una lámina para la latitud de Córdoba, es decir 38;30° aproximadamente.

En el texto se citan a continuación los nombres de cada una de las 16 estrellas con sus consiguientes coordenadas. El autor sigue diciendo:

> Encontramos su longitud en la eclíptica en el año 300 de la era de los árabes según el cálculo que menciono. Por lo que respecta a la latitud, esta es invariable. La primera es la estrella Ra's al-Gūl, su longitud se encuentra en el Carnero, es decir en la cantidad correspondiente, y corta de él 28 grados; su latitud está en el Norte y de su graduación tiene 25 grados; su arco diurno es de 248 grados y tiene su orto en Córdoba con el grado 17 de Piscis. La estrella Aldebarán se encuentra en...

3. Coordenadas eclípticas: longitud y latitud

3.1. Longitud

Los dos primeros valores que se dan corresponden, como hemos visto en el texto, a las coordenadas eclípticas, es decir longitud y latitud.

// En la representación de la esfera celeste de la figura, tenemos que:

H H' representa el horizonte del lugar.

E E' la eclíptica con su polo en P_e
Q Q' el ecuador celeste, con su polo en P_q
A es una estrella cualquiera que describe un paralelo de declinación.
A 0º es punto de intersección de eclíptica y ecuador.

Sabemos que la longitud de un astro corresponde al arco de la eclíptica que se encuentra entre el punto α (Aries) 0º y el círculo máximo de longitud que pasa por el polo de la eclíptica P_e y el astro A y que su sentido es directo. Por lo tanto sufrirá un incremento que dependerá del valor de la precesión de los equinoccios. Ptolomeo determinó que era de 1º cada 100 años, y este es el valor que adopta nuestro autor, o por lo menos es el que hace constar al final de este capítulo, valor que por otra parte ya había sido enmendado por distintos astrónomos árabes, puesto que la escuela de al-Ma'mūn lo dejó en 1º en 66 años y dos tercios y al-Battānī en 1º cada 66 años.

Con estos datos cabe pensar en primer lugar que al-Qaṭṭān habría sumado el valor de la precesión que indica, es decir 1º cada 100 años, a las coordenadas del *Almagesto*. O bien que se las sumaría a las obtenidas gracias a las observaciones realizadas un siglo antes en Oriente por los astrónomos de al-Ma'mūn y recogidas en el *Zīŷ al-Mumtaḥan*, conocido ya por estas fechas en al-Ándalus. Sobre todo teniendo en cuenta que los cita a ambos en distintas partes del texto con referencia a las observaciones de las estrellas. Usando la precesión especificada por él mismo de 1º/100 años, sus longitudes deberían mostrar un incremento de aproximadamente 7;45º sobre las de Ptolomeo y de 0;50° sobre las ma'mūníes. Sin embargo, si comparamos los valores de las longitudes de la lista vemos que esto no es así. De entrada, las diferencias con respecto a las longitudes del catálogo del *Almagesto* varían entre los 9;10° negativos y los 25;20º positivos, repitiéndose únicamente el valor de 7;20° en tres ocasiones.

Sin embargo, algunos valores presentan coincidencias curiosas con los de algunas tablas conocidas. Para empezar, las estrellas se encuentran ordenadas según el orden creciente de las longitudes, figurando las 16 de la tabla en la lista de Maslama con el mismo orden a excepción de las estrellas números 3 y 4 cuyo orden se encuentra invertido, quizá con la intención de colocar seguidas las dos estrellas de Orión, hombro y pie.

Algunos valores los encontramos en otras tablas, por ejemplo los 64º de la // estrella número 4 lo encontramos en la tabla de Māšā'allāh (*Typen v*).[5] Mientras que otros parecen proceder del redondeo de valores de otras fuentes, como es el caso de las estrellas números 2, 6, 8, 9, que resultan ser redondeos de los valores que encontramos en una tabla atribuida a Thābit y en las *Tablas de Toledo*, así como en las tablas de Ibn al-Bannā' e Ibn al-Kammād (*Typen xv*).[6]

Se trata de un tipo de tablas calculadas para el principio del movimiento de trepidación, aproximadamente unos 41 años antes de la Hégira, en que se da la coincidencia de longitudes trópicas y sidéreas y representan un incremento sobre los valores ptolemaicos de 6;38º. Parece que el autor haya redondeado sus valores, aunque estas tablas son posteriores, si exceptuamos la dudosa adscripción a Thābit que se explica por implicar la tabla un movimiento de trepidación de los equinoccios.

De una tabla posterior que implicara el movimiento de trepidación, y dado el incremento de 0;43º correspondiente a los 41 años antes citados, y el incremento de 0;42° que presentan estas estrellas de la tabla de Qāsim con relación a estas otras, podría pensarse que estaba calculada para el principio de la Hégira.

En caso de que esta tabla tuviera alguna relación con las anteriormente citadas cabe plantearse la posibilidad de una intervención del copista. Evidentemente el original no sería la tabla atribuida a Thābit que conocemos, pues está fechada en el siglo xv, sino otra de esta familia que quizá presentaría alguna lectura distinta.

Por otra parte, los valores de las estrellas 11 y 13 coinciden con los de la tabla del tratado de construcción del astrolabio de Rodolfo de Brujas, siendo además valores anómalos puesto que implican un incremento de 25;20º y 13;40º sobre los del *Almagesto*, respectivamente. Casualmente se trata de 2 de las 3 estrellas que coinciden en ambas listas y que, en la de Rodolfo de Brujas, tienen coordenadas eclípticas puesto que la tabla de Rodolfo de Brujas mezcla coordenadas eclípticas y ecuatoriales.

Al parecer, la 13 deriva de la lista de estrellas de Azarquiel (*Typen xii*),[7] // calculada para 1066/67, donde no figura la 11, y es igual a un tipo de tabla (*Typen*

5. Cf. Kunitzsch, P. (1966). *Typen von Sternverzeichnissen in astronomischen Handschriften den zehnten bis vierzehnten Jahrhunderts*. Wiesbaden, O. Harrassowitz, págs. 35-37.

6. Cf. Kunitzsch (1966), págs. 99-213.

7. Cf. Kunitzsch (1966), págs. 84-96.

III),[8] relacionado con la tradición de Maslama y con las primeras traducciones realizadas en la Marca Hispánica. Nos encontramos, pues, otra vez con datos procedentes, probablemente, de una tradición posterior.

N.º ESTRELLA	AL-Q.	TYPEN XV	TYPEN V	R. B.	TYPEN XII
2	50;00	49;18			
4	64;00		64;00		
6	85;00	84;18			
8	130;30?	129;08			
9	183;00	183;18			
11	220;00			220;00	—
13	271;00			271;27	271;27

Todas estas variaciones en el incremento de la longitud parecen indicar que no se ha utilizado una tabla anterior a la que se ha sumado el valor de la precesión, sino que sugieren que las longitudes se han tomado de diversas tablas incorporándose de modo arbitrario y sin tener en cuenta la época, bien por el propio autor o por intervención del copista.

3.2. Latitud

Por lo que se refiere a la latitud (cf. Figura 1), esta se mide ya sea en dirección norte o sur en grados del círculo máximo que pasa por el polo de la eclíptica y por la estrella en cuestión, contados desde la eclíptica hasta el astro. Como bien dice el autor en el título del capítulo, la latitud es invariable, sin embargo proporciona unos datos que tampoco se ajustan en principio a los conocidos. Aunque algunos de ellos podrían deberse a errores de copia, hay que destacar ciertos puntos.

Por ejemplo, el caso complejo de la última estrella de la lista, *al-Kaff al-jaḍīb*. Con esta estrella se sigue —o se inicia— la tradición de Maslama que, más adelante, seguirán Azarquiel, Ibn al-Kammād, al-Marrākušī e Ibn al-Bannā' de confundir β de Casiopea con γ de Pegaso/α de Andrómeda y aplicar-

8. Cf. KUNITZSCH (1966), págs. 34-41.

le sus coordenadas. Y, lo que es más aún, se le da una latitud de 29°, que también encontraremos en Maslama, Ibn // al-Kammād e Ibn al-Bannā', en lugar de los 26° ptolemaicos.[9]

Por otra parte, nueve de las dieciséis estrellas presentan latitudes que son redondeos de los valores de Maslama y que, en general, difieren en poco de los ptolemaicos. Quizá el caso más destacable sea el de α de Orión, que tiene una latitud de 17° en Ptolomeo y de 16° en Maslama y al-Qaṭṭān.

Descontando los casos anteriores y el de α Can Menor, ilegible en el manuscrito, nos quedan 5 estrellas cuyas latitudes difieren de las conocidas, pero todas ellas parecen errores de transmisión de tipo habitual fácilmente explicables por malas lecturas de algunas letras del sistema *abŷadí*.

4. Arco diurno

El tercero de los datos que proporciona el listado es el arco diurno de la estrella para la latitud de Córdoba.

Sabemos que las estrellas describen diariamente sobre nuestro horizonte un círculo paralelo al ecuador, llamado paralelo de declinación. El arco del paralelo de declinación que va desde el horizonte oriental hasta el occidental descrito por una estrella corresponde a su arco diurno. El recorrido de este paralelo de declinación se completa durante la noche en la que describe su arco nocturno. La suma de ambos será pues de 360° (fig. 2).

Por otra parte, este es un dato que raramente se ofrece en las tablas de estrellas donde, además o en lugar de las coordenadas eclípticas, es bastante más corriente encontrar las coordenadas ecuatoriales. Sin embargo, lo que algunas veces sí se encuentra es la mitad del arco diurno. Esto figura por ejemplo en las tablas de coordenadas del *Zīŷ* de al-Baṭṭānī[10] y en buena parte de las tablas de tradición // ma'mūnī.[11]

9. Cf. Comes, M. (1991), «Deux échos andalous a Ibn al-Bannā' de Marrākush», en *Le Patrimoine Andalous dans la Culture Arabe et Espagnole*, Túnez, págs. 81-94.

10. Cf. la edición y traducción al latín de Nallino, C. (1907), *Al-Battānī sive Albatemii Opus Astronomicum*, 2 vols., Milán (reimpreso en Frankfurt, 1969).

11. Cf. Girke, D. (1999), *Drei Beiträge zu den Frühesten Islamischen Sternkatalogen*, preprint del Institut für Geschichte der Natuwissenschaften, núm. 8, Frankfurt, Universidad Johann Wolfgang Goethe.

Este valor dependerá de la latitud del lugar donde se observe o para el que se calcule la tabla y de la declinación de la estrella, que puede obtenerse conociendo su longitud y la oblicuidad de la eclíptica.

Disponemos, pues, de los datos necesarios para recalcular el arco diurno de cada estrella para la ciudad de Córdoba puesto que la propia lista de Qāsim nos da las longitudes. Como jugamos con el seno de la oblicuidad podemos usar un redondeo a 24° que solo afectará a los minutos y estos no se tienen en cuenta en la tabla.

Las diferencias que encontramos empleando el método de averiguar la declinación en base a la longitud son enormes en todos los casos. Es evidente que el autor no partió para sus cálculos de sus longitudes y, por otra parte, al proceder estas de distintas tablas y épocas los resultados son absolutamente incoherentes.

Un segundo intento consistía en recalcular las tablas de al-Qaṭṭān y las de otros astrónomos para poder compararlas. Calculando las tablas de al-Battānī, para la latitud de Raqqa (36°) y usando los valores de la declinación que nos dan Maslama y el propio al-Battānī, se observa que en el caso de al-Battānī solo resultan correctos los valores recalculados de 9 de las 15 estrellas, dando los 6 restantes diferencias importantes. Lo curioso del caso es que ocurre prácticamente lo mismo con los valores de Qāsim, dando la fórmula valores inexactos precisamente para las mismas estrellas que en el caso de al-Battānī si exceptuamos las 3 últimas de la lista, en las que los valores recalculados para al-Battānī son correctos pero no los recalculados para al-Qaṭṭān, aunque el valor de la última sí resultaría correcto si tenemos en cuenta que mantiene la confusión con α de Andrómeda como en el resto de las tablas.

Al recalcular estos valores con las declinaciones de Maslama, vemos que se producen diferencias mayores aunque con 38° de latitud son menos importantes. Sin embargo, los valores calculados muestran también sus máximas discrepancias en las estrellas que con los valores de la declinación de al-Battānī daban también resultados alejados. Por otra parte las declinaciones en el caso de al-Battānī y Maslama difieren para las dos estrellas, cuyos arcos diurnos resultan correctos en la tabla de al-Battānī pero no en la de al-Qaṭṭān, 3 y 2 minutos respectivamente, lo que no afecta en // absoluto al cálculo. Además, las declinaciones de ambos son muy parecidas a las de Habaš, quien da un arco diurno correcto para las estrellas que coinciden en tenerlo erróneo en las tablas de al-Battānī y al-Qaṭṭān.

Parece pues que el problema no esté en las declinaciones, puesto que con los valores de al-Battānī y Maslama los resultados son muy próximos, sino

que parece que, de alguna manera, al-Qaṭṭān dedujo sus valores directamente de los del arco semidiurno de al-Battānī, donde se encontrarían los errores originales.

La operación para su cálculo, sin embargo, se realiza fácilmente con un astrolabio, pues únicamente hay que colocar el índice de la estrella en cuestión sobre el horizonte oriental y desplazarlo hasta el occidental, los grados de la corona que haya recorrido el índice corresponderán al arco diurno. Es posible que estos valores se hayan calculado con el uso de uno de estos instrumentos.

5. Grado del zodiaco que tiene su orto con cada estrella

Finalmente, el texto proporciona el grado del zodiaco que tiene su orto en Córdoba juntamente con la estrella (fig. 3).

Este es un dato que raramente figura en las tablas de estrellas, tal como ocurría con el anterior y, por otra parte, calcularlo matemáticamente resulta bastante complicado. En el comentario a la columna correspondiente a este dato de las tablas de al-Battānī, en la edición de Nallino, se proporciona la fórmula que he empleado para recalcular la tabla de al-Qaṭṭān.

Como en el caso anterior, se trata de un dato que también se encuentra en el *Zīŷ* de al-Battānī y en las tablas de estrellas de tradición ma'mūnī. Si comparamos los valores que ofrece al-Qaṭṭān con los de las tablas que acabo de mencionar observamos que, con las consiguientes diferencias debidas a las distintas latitudes geográficas donde se computaron estas tablas, los valores son muy aproximados.

Usando las longitudes del propio listado de al-Qaṭṭān nos encontramos con valores que, por lo general, difieren bastante de los de la tabla, a excepción de la estrella número 2, cuyo valor calculado con la longitud de al-Qaṭṭān es bastante más aproximado que con las de al-Battānī o Maslama. Sin embargo, jugando con las longitudes y/o declinaciones tanto de al-Battānī como de Maslama los valores son bastante aceptables. Hay dos datos curiosos que vuelven a señalar a Maslama en el // trasfondo de esta tabla. El primero es que este, en su comentario al *Planisferio* de Ptolomeo,[12] utiliza como ejemplo del modo de colocar las estrellas en la red del astrolabio el caso de la estrella Vega (α de Lyra) usando una latitud redondeada de

12. Cf. Vernet, J., Catalá, M.A. (1979), «Las obras matemáticas de Maslama de Madrid», en Vernet, *Estudios sobre Historia de la Ciencia Medieval*, Barcelona / Bellaterra, Universidad de Barcelona / Universidad Autónoma de Barcelona, págs. 22-45.

39° para la ciudad de Córdoba y proporciona como dato que la estrella tiene su orto con los 12° de Escorpio, dato que coincide exactamente con el que proporciona al-Qaṭṭān para esta estrella. Y el segundo es que el valor para el grado de la eclíptica que tiene su orto con la estrella β de Casiopea está calculado con las coordenadas de α de Andrómeda/γ de Pegaso, siguiendo, como en los demás casos, el error que antes he mencionado y cuyo origen parece encontrarse en Maslama.

Sin embargo, una vez más estos valores se pueden determinar fácilmente con el astrolabio, lo que se consigue simplemente colocando el indicador de la estrella sobre el horizonte oriental y observando el grado de la eclíptica que cae sobre este mismo horizonte, que será el que tiene su orto conjuntamente con la estrella.

6. Problemas de terminología

Cabe finalmente destacar en este texto la cuestión terminológica que presenta diversos puntos a señalar:

1) el origen de los vocablos vuelve a señalar a Maslama en las ocasiones en que este difiere de la terminología ma'mūní.
2) nomenclatura poco común como la denominación *kabš* para Aries, que es muy poco habitual en los listados de estrellas apareciendo así solamente en el *zīŷ* persa de Ulugh Beg, siendo lo corriente denominar a este signo *al-ḥamal*.
3) probables malas lecturas del autor o del copista. Los vocablos erróneos empleados para designar algunas estrellas, o bien son errores de copia o demuestran que el autor de esta obra era una persona que se movía en un campo distinto al científico y que desconocía la terminología estelar. Por ejemplo, a la estrella α de Virgo la denomina *al-Simāk al-awwal* en lugar de *al-Simāk al-a'zal*, y a α de la Corona Boreal, *al-Mizān min al-Fakka* en lugar de *al-Munīr min al-Fakka*. Diversos errores en la denominación de algunas estrellas, en particular de mansiones lunares, se encuentran también en // otros capítulos de este manuscrito.

7. Conclusiones

De todo ello se desprende lo que ya nos decían las fuentes biobibliográficas: es decir que al-Qāsim al-Qaṭṭān al escribir este libro se mueve en un campo que no

es el suyo propio. Aunque, evidentemente, sabe de lo que habla, desconoce a menudo la terminología y ciertos avances. No hay que olvidar que, en su época, pocos conocimientos habrán llegado a al-Ándalus y que, en aquel momento, Maslama y sus discípulos empezaban la labor propia de estudiar los textos que de Oriente llegaban a la Península y realizar sus primeras aportaciones comentando el *Planisferio* de Ptolomeo, componiendo tratados de astrolabio y adaptando las tablas de al-Jwārizmī a las coordenadas de Córdoba, entre otras cosas.

Por lo que respecta a los datos que proporciona el texto sobre las estrellas: es decir, las coordenadas eclípticas, el arco diurno y el grado del zodiaco que tiene su orto con la estrella en Córdoba caben distintas posibilidades. Es posible que nos encontremos ante un texto muy corrupto, que quizá incluso presente interpolaciones posteriores del copista.

Hay que destacar las distintas coincidencias que hemos ido señalando con al-Battānī y muy principalmente con Maslama al-Maŷrīṭī, sobre todo teniendo en cuenta que, en su libro, le cita en una ocasión, a pesar de que Maslama debió ser bastante más joven que al-Qaṭṭān, puesto que las fechas que se conocen de las observaciones del primero se encuentran entre los años 367 y 369, mientras que la tabla de estrellas de al-Qaṭṭān está calculada para el año 300, es decir unos 70 años antes. Por otra parte, de las fechas de muerte de sus maestros se desprende que al-Qaṭṭān debió nacer como muy tarde el mismo año 300.

También es posible que al-Qaṭṭān hubiera usado un astrolabio, tal como ya he apuntado, para calcular con él las coordenadas de los astros que en él se encontraban y que este hubiera sido el origen de la tabla o listado que nos ocupa. Teniendo en cuenta que un astrolabio dispone de láminas para distintos horizontes, y que este instrumento permite reproducir en el plano del ecuador la situación de la esfera celeste, por lo que respecta al movimiento del Sol durante el día y de las estrellas por la noche, para un momento dado y una latitud geográfica concreta.

Esta tabla resulta, en definitiva, una aportación más a los diversos estudios // parciales que sobre este texto se están llevando a cabo en Barcelona. Es de esperar que de ellos salga una visión más amplia de este autor, de sus conocimientos y del papel que desempeñó en su momento, lo que presenta un interés notable puesto que, como ya se ha dicho, se trata del primer texto astronómico compuesto en la Península del que tenemos noticia y que, además, por sus implicaciones con Maslama puede arrojar cierta luz sobre los inicios de la labor astronómica de este último, el fundador de la primera auténtica escuela de astrónomos andalusíes.

Tabla de estrellas de al-Qaṭṭān

N.º	Nombre	Long.	Lat.	Arco D.	G.E/O
1	*Ra's al-Gūl* (β Per)	28	25	248	347
2	*al-Dabarān* (α Tau)	50	-5	200	56
3	*al-'Ayyūq* (α Aur)	58;30	24	276	12
4	*Riŷl al-Ŷawzā'* (β Ori)	64	-32	260	92
5	*Mankib al-Ŷawzā'* (α Ori)	71	-16	—	72
6	*al-Ši'rà al-'Abūr* (α Cma)	85	39	154	105
7	*al-Ši'rà al-Gumayṣā'* (α Cmi)	114	—	190	109
8	*Qalb al-Asad* (α Leo)	130;30	0;06	210	139
9	*al-Simāk al-A'zal* (α Vir)	183	-2	172	186
10	*al-Simāk al-Rāmiḥ* (α Boo)	200	34	224	178
11	*al-Mizān fī-l-Fakka* (α CrB)	220	47	238	188
12	*Qalb al-'Aqrab* (α Sco)	220;30	-4	44	232
13	*al-Nasr al-Wāqi'* (α Lyr)	271	99?	256	222
14	*al-Nasr al-Ṭā'ir* (α Aql)	290	31	194	265
15	*Mankib al-Faras* (β Peg)	323	30	206	293
16	*al-Kaff al-Jaḍīb* (β Cas)	341	29	216	306

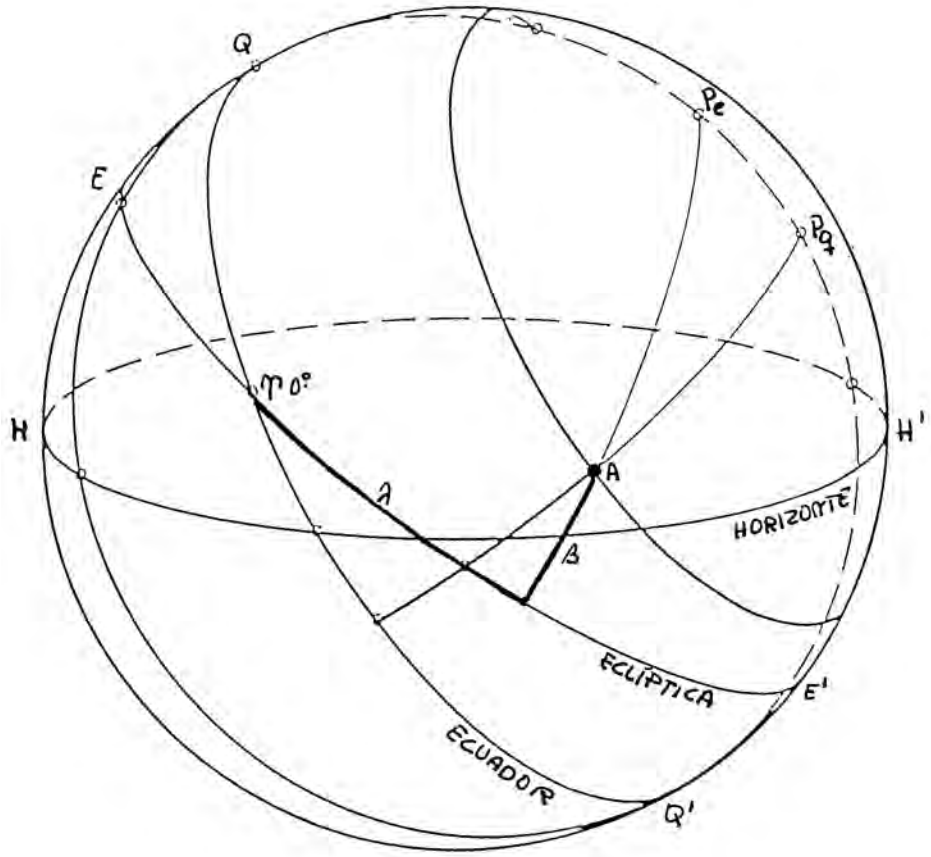


Figura 1

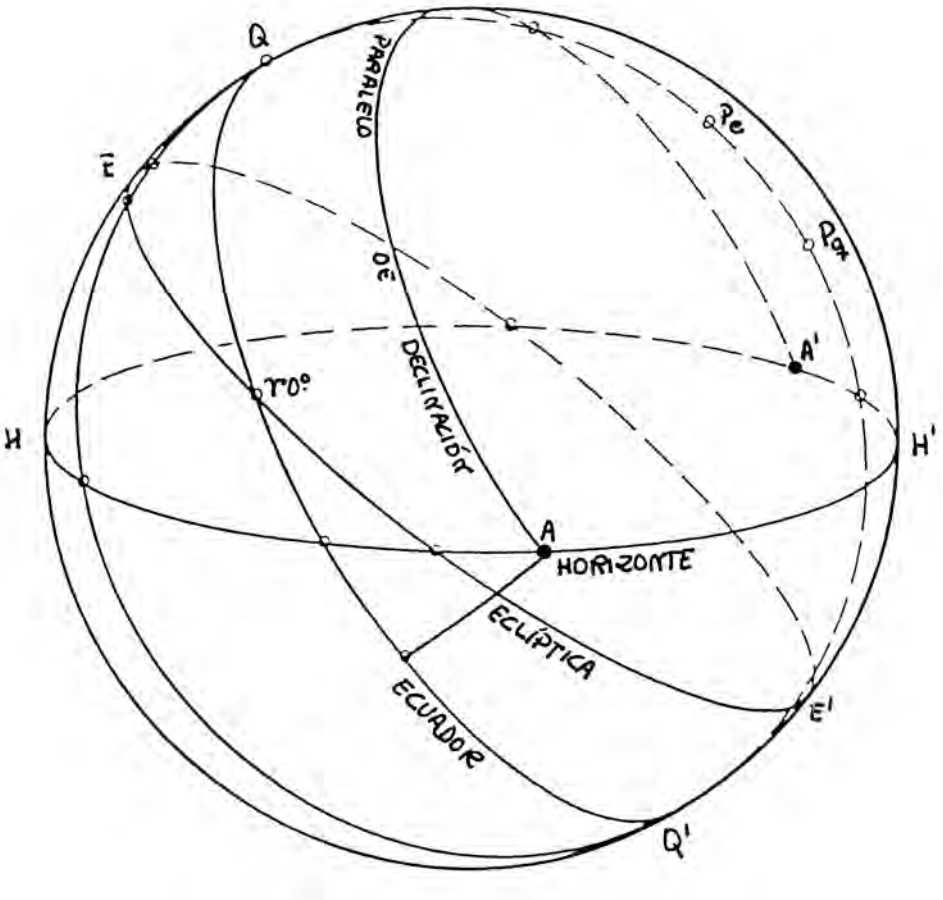

Q
PARALELO
E
Pe
Pq
OE
A'
DECLINACIÓN
H
H'
A
HORIZONTE
ECLÍPTICA
ECUADOR
E'
Q'

Figura 2

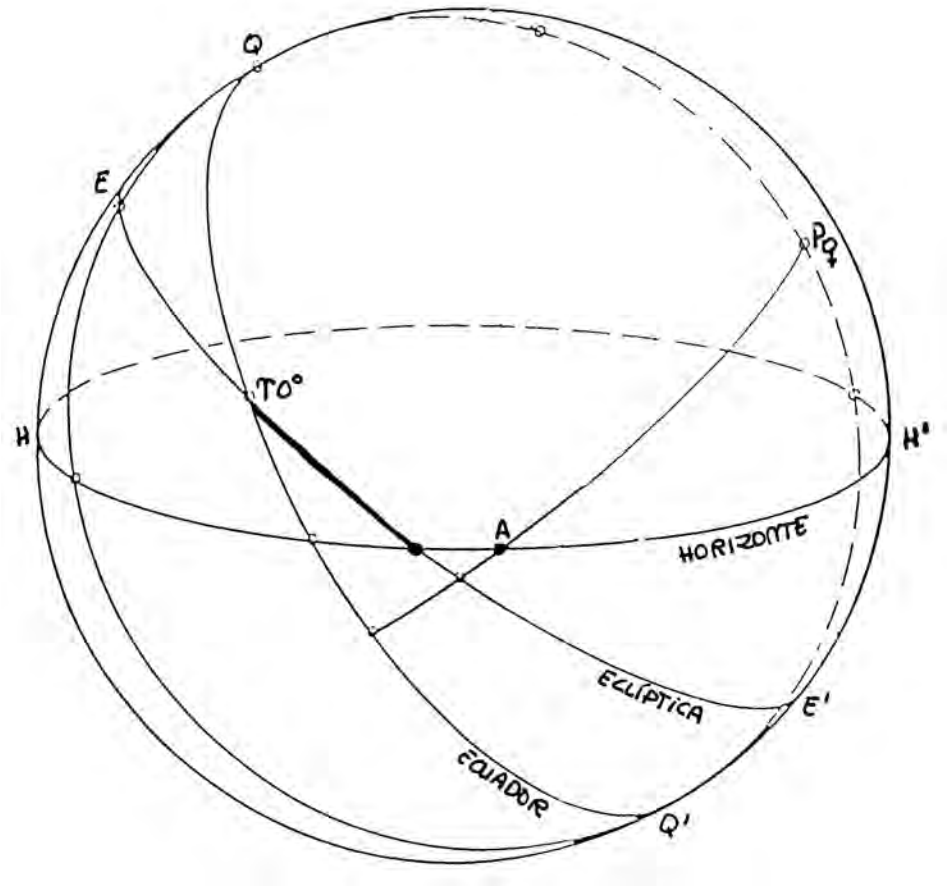


Figura 3

À propos de l'influence d'al-Zarqālluh en Afrique du Nord: l'apogée solaire et l'obliquité de l'écliptique dans le zīdj *d'Ibn Isḥāq*

Abū Isḥāq Ibrahīm b. Yaḥyà al-Naqqāsh, plus connu sous le nom d'al-Zarqālluh, était l'un des astronomes les plus importants d'al-Andalus.[1] Il a vécu au XIe siècle (à peu près entre 1029 et 1087 J. C.) et il a travaillé à Tolède et à Cordoue. Toutes les sources ont reconnu son grand prestige scientifique, prestige qu'il s'est forgé d'abord en tant qu'artisan-constructeur d'instruments astronomiques, et plus tard comme astronome théorique.

Les connaissances qu'il a acquises dans la première étape de sa vie, quand il était célèbre grâce aux instruments qu'il construisait, se sont reflétées, durant la deuxième étape, dans la grande ingéniosité dont il faisait preuve au moment de dessiner des modèles cinématiques pour résoudre des problèmes astronomiques.

Parmi les modèles qui lui ont fait acquérir sa réputation d'homme ingénieux se trouvait précisément celui qu'il a préparé pour rendre indépendantes de la trépidation les variations de la valeur de l'obliquité,[2] permettant ainsi de résoudre facilement le problème du calcul de l'obliquité, qui était mathématiquement long et compliqué avec les méthodes antérieures (*Liber de motu*).[3]

1. Cf. J.M. Millás Vallicrosa, *Estudios sobre Azarquiel*, Madrid / Granada, 1943-1950.

2. J. Samsó, «Sobre el modelo de Azarquiel para determinar la oblicuidad de la eclíptica», *Homenaje al profesor Darío Cabanelas Rodríguez, OFM, con motivo de su LXX aniversario*, II, Granada, 1987, 368-377.

3. Cf. B.R. Goldstein, «On the Theory of Trepidation According to Thābit b. Qurra and al-Zarqālluh and its implications for Homocentric Planetary Theory», *Centaurus* 10 (1964); J. Dobrzycki, «Teoria precesji w astonomii sredniowiecznei», *Studia i Materialy Dziejow Nauki Polskiej*, seria Z, Z 11 (1965); J. North, «Medieval Star Catalogues and the Movement of the Eighth Sphere», *Archives Internationales d'Histoire des Science* 17 (1967); R. Mercier, «Studies in the Medieval Conception of

Le modèle qu'al-Zarqālluh a dessiné (fig. 1) est artificiel mais extrêmement pratique, puisqu'il atteint, comme al-Zarqālluh l'a prévu, les obliquités maximum et minimum déterminées au cours des années par l'observation. Il est composé d'un cercle (parallèle de déclinaison) dont le centre est le pôle de l'équateur et d'un petit épicycle qui se déplace sur le parallèle de déclinaison sur lequel, à son tour, tourne le pôle de l'écliptique, de // façon à ce que la distance entre les deux pôles soit égale à l'obliquité. Le rayon du parallèle de déclinaison sera de 23;43° et celui de l'épicycle de 0;10°. Ainsi, l'obliquité atteindra un minimum de 23;33° à l'époque d'al-Zarqālluh et un maximum de 23;53° à peu près à l'époque de Ptolémée. Al-Zarqālluh a aussi déterminé que le pôle de l'écliptique effectuait une révolution complète en 1.850 années juliennes et a présenté sous forme de table la valeur de l'obliquité en utilisant l'angle «i» comme argument.[4]

Or, l'œuvre d'al-Zarqālluh, aussi bien que celle des astronomes d'al-Andalus, était bien connue en Afrique du Nord, surtout à partir du début du XIIIe siècle. L'un des premiers à refléter ses influences fut probablement Ibn Isḥāq,[5] personnage dont on ne sait pas grande chose si ce n'est qu'il s'agit d'un tunisien qui, semble-t-il, a travaillé au Maroc au début du XIIIe siècle. Ibn Khaldūn nous dit qu'il s'est servi pour composer son *zīdj* de ses observations et de celles d'un juif sicilien et que son œuvre a été très utilisée au XIVe siècle au Maghreb.[6] Effectivement Ibn al-Bannā' al-Marrākushī, lui même, a écrit dans son *Minhādj* qu'il a composé ses tables selon la méthode de l'illustre maître, le sage éminent, l'observateur le plus habile de la ville de Marrākush —que Dieu, soit Il loué, la préserve— Abū-l-'Abbās Aḥmad b. 'Alī b. Isḥāq al-Tūnisī.[7]

Dans le *zīdj* d'Ibn Isḥāq,[8] dont je possède une copie grâce à l'amabilité du prof. David King, on a utilisé, pour calculer les variations de l'obliquité de l'éclip-

---

Precession», *Archives Internationales d'Histoire des Science* 26 (1976), and J. Samsó, *Sobre Azarquiel...*, et J. Samsó, E. Millás, *Ibn Isḥāq. Ibn al-Bannā' and al-Zarqālluh's solar theory*, J. Samsó, *Islamic Astronomy and Medieval Spain*, Variorum, Aldershot, 1994, n. x.

4. J.M. Millás Vallicrosa, *Estudios...*, 332.

5. H. Suter, *Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke*, Leipzig, 1900, 142-143. Cf. aussi E.S. Kennedy and D.A. King, «Indian Astronomy in Fourteenth Century Fez: the Versified Zīj of al-Qusuntīnī», *Journal for the History of Arabic Science* 6 (1982), 6 (réédité dans D.A. King, *Islamic Mathematical Astronomy*, Variorum Reprints, London, 1986).

6. Ibn Khaldūn, *Discours sur l'Histoire Universelle (al-Muqaddima)*, traduction nouvelle, préface, notes et index par Vincent Monteil, t. III, Beyrouth, 1968, 1066-1067.

7. Cf. J. Vernet, *Contribución al estudio de la labor astronómica de Ibn al-Bannā'*, Tetuan, 1952, 22.

8. Ms. Hyderabad Andra Pradesh State Library n. 298, copié ca. 1400.

tique, le modèle dessiné par al-Zarqālluh, mais avec des petites corrections dans les paramètres de façon à ce que les valeurs s'ajustent à celles qui ont été observées et qui donnaient, pour le commencement du XIIIe siècle, une obliquité de 23;32,30º, un peu plus petite que celle d'al-Zarqālluh (23;33º).

Le *zīdj* d'Ibn Isḥāq, tel qu'il nous est parvenu, ne semble pas avoir été écrit par lui même, mais probablement par un de ses disciples, qui a reconnu avoir utilisé pour le compléter des matériaux andalous qui provenaient d'al-Zarqālluh, d'Ibn al-Kammād et d'Ibn Mu'ādh entre autres.

Les observations qu'Ibn Isḥāq a faites et dont Ibn al-Bannā' nous témoigne, les corrections que nous trouvons dans les paramètres du modèle // d'al-Zarqālluh et l'absence dans les canons de l'attribution de ces tables à d'autres astronomes, comme il est habituel le cas échéant, paraissent réaffirmer que les tables qui calculent l'obliquité de l'écliptique appartiennent à Ibn Isḥāq lui-même.

Entre les différentes tables qui composent le *zīdj*, il en existe une extrêmement curieuse. Il s'agit de la table n.º 5. Dans cette table on attribue à des astronomes bien connus et à d'autres encore à identifier, compris entre les années 1090 avant l'Hégire (-453 J. C.) et 599 de l'Hégire (1202 J. C.), des «observations» présumées de la position de l'apogée solaire et de l'obliquité de l'écliptique.

La table intitulée *Djadwal li-asmā' al-ruṣṣād al-mashāhīr li-awdj al-shams wa-miqdār al-mayl al-kullī* présente les colonnes suivantes:

- Première colonne: noms des astronomes qui font les présumées observations.
- Deuxième colonne: lieux des observations.
- Troisième colonne: dates des observations selon le calendrier hégirien.
- Quatrième colonne: longitudes sidérales de l'apogée à partir du signe des Gémeaux. C'est-à-dire qu'il faut ajouter 60º aux valeurs données.
- Cinquième colonne: valeurs de l'obliquité de l'écliptique selon les différentes observations.

Une table de ce genre, qui reprend les valeurs de l'obliquité de l'écliptique et de l'apogée solaire en 24 observations différentes depuis cinq siècles avant J. C. jusqu'à la première moitié du XIIIe siècle, est, en principe, très intéressante. Cependant, une première vue superficielle nous montre rapidement d'importantes incongruités.

Pour commencer, si l'on compare les valeurs de l'apogée solaire de la table avec les déterminations de certains astronomes, valeurs qui sont bien connues, on remarque qu'elles ne s'accordent pas.

Par exemple:

	Table (5)	Valeur connue	Documentée dans
Ptolémée	74;32,08°	65;30,00°	*Almageste*
al-Zarqālluh	77;31,21°	78;30,00°	*Equatoire (usage)*
		77;55,00°	*Equatoire (constr.)*
		77;50,00°	*Tables de Tolède*
Ibn Isḥāq	77;56,32°	78;47,00°	*Zīdj*

D'autre part, on peut voir que les valeurs de l'apogée présentent, depuis la première jusqu'à la dernière, une augmentation progressive. // Cependant, il est bien connu que, jusqu'aux observations réalisées par les astronomes de la cour d'al-Ma'mūn, on croyait que l'apogée solaire était fixe, et par conséquent qu'il était invariable, de sorte que les valeurs antérieures à l'époque d'al-Ma'mūn pouvaient difficilement enregistrer des variations.

En général, les valeurs de l'obliquité de l'écliptique ne coïncident pas non plus avec les valeurs documentées dont nous disposons. Par exemple:

	Table (5)	Valeur connue	Documentée dans
Ptolémée	23;47,19°	23;51,20°	*Almageste*
al-Ma'mūn	23;36,23°	23;33,00°	*Zīdj al-Mumtaḥan*
al-Zarqālluh	23;32,31°	23;33,00°	*Traité des étoiles fixes*
		23;33,30°	*Tables de Tolède*
Ibn Isḥāq	23;30,17°	23;32,30°	*Zīdj*

Alors, s'il ne s'agit pas d'observations, comme on le prétend; il s'agira sans doute de données obtenues grâce au calcul, ce qui corrobore aussi l'exactitude aux secondes qui apparaît dans ces données. Pour le vérifier, une analyse des tables du *zīdj* qui règlent les deux valeurs s'impose.

D'une part, la table qui règle le mouvement de l'apogée solaire, c'est-à-dire la n.° 9. Cette table a une dépendance claire d'al-Zarqālluh, puisque l'astronome de Tolède a été le premier à découvrir que l'apogée solaire avait un mouvement propre. La table, qui présente la structure classique de toutes les tables dédiées à calculer un mouvement uniforme, s'intitule: *Djadwal ḥarakat awdj al-mukawkab wa-l-aṣl li-l-shams wa-l-Zuhra*.

La première colonne est divisée en deux sections: pour les années réunies ou *madjmū'a* et pour les mois. La deuxième c'est pour les années individuelles ou

mabsūṭa, et la trosième, pour les jours. Les années réunies vont de 630[9] à 900, avec des intervalles de 30 ans, et les individuelles de 1 à 30.

Cette table est très intéressante parce qu'elle apparaît aussi dans le *zīdj* d'Ibn al-Bannā'.[10] Sa date radix est celle de l'Hégire et la valeur correspondante à la date radix est celle de 2^s 16;44,17°. La seule différence qu'il y a entre les deux tables c'est que Ibn al-Bannā' présente les années réunies de la façon la plus habituelle, c'est-à-dire en commençant par 30 au // lieu de 630 années. Nous ne conservons pas la table originale d'al-Zarqālluh, puisqu'elle faisait probablement partie de son œuvre perdue sur l'année solaire. Cependant, les données qui apparaissent dans les tables d'Ibn Isḥāq coïncident avec celles que nous donne al-Zarqālluh dans son *Traité des étoiles fixes*.[11]

Al-Zarqālluh, en faisant la comparaison entre les différentes positions signalées par les astronomes précédents, indiens, grecs et arabes, est arrivé le premier à déterminer un mouvement propre de l'apogée solaire, qu'il a fixé en 1° en 279 ans juliens.[12]

Les tables d'Ibn Isḥāq et d'Ibn al-Bannā' nous donnent un mouvement de l'apogée de 3;07,47° en 900 ans arabes, ce qui correspond à 0;0,2,7,10,44° par jour, soit exactement 1° dans 279 ans juliens.[13] La dépendance de cette table d'al-Zarqālluh reste donc claire, puisque aussi bien l'idée du mouvement propre que le paramètre sous-jacent proviennent de lui.

D'autre part, il faut analyser les différentes tables qui nous permettront de calculer l'obliquité de l'écliptique pour une date donnée. Il s'agit des tables n.os 7, 54 et 56. Ces trois tables impliquent l'utilisation du modèle d'al-Zarqālluh dont j'ai parlé avant et qui servait à rendre indépendantes les variations dans la valeur de l'obliquité de l'écliptique de la trépidation des équinoxes.

La première table qu'il nous faut c'est la n.° 54, c'est-à-dire la table qui calcule les valeurs de la déclinaison du soleil pour les premiers 90° de l'écliptique. La déclinaison, comme il est bien connu, est égale à la distance entre le soleil, sur

9. La table commence par l'année 630, probablement parce que le *zīdj* aurait été rédigé entre les années 600 et 630 de l'Hégire (1203-1233 J. C.).

10. C'est le seul ms. arabe conservé dans le Museo Naval de Madrid et il n'a pas de numéro de référence, fol. 13a. Sur ce manuscrit cf. J. Vernet, «La supervivencia de la astronomía de Ibn al-Bannā'», *al-Qanṭara* I (1980), 445-451.

11. J.M. Millás Vallicrosa, *Estudios...*, 239-343.

12. J.M. Millás Vallicrosa, *Estudios...*, 296. Cf. aussi G.J. Toomer, «The Solar Theory of az-Zarqāl. A History of Errors», *Centaurus* 14 (1969), 306-307.

13. Cf. G.J. Toomer, «The solar theory of az-Zarqāl...», 316.

l'écliptique, et l'équateur. Comme l'équateur et l'écliptique se croisent dans deux points diamétralement opposés, correspondant aux équinoxes, quand le soleil aura parcouru 90°, il aura atteint sa plus grande déclinaison et la fonction deviendra décroissante (fig. 2).

La table, intitulée *Djadwal mayl falak al-burūdj wa mayl al-shams,* présente deux colonnes de degrés égaux pour faciliter la localisation des degrés de l'écliptique, et trois autres avec les valeurs de la déclinaison correspondante à chacun de ces degrés, de façon à ce que pour 90° la déclinaison soit de 23;32,30°, donnée qui nous intéresse puisque, comme je l'ai déjà dit, elle est égale à l'obliquité de l'écliptique.

Cette table est extrêmement intéressante pour plusieurs raisons. D'une part, elle est calculée pour des degrés, minutes et secondes, tandis que celles // d'al-Zarqālluh (*Almanaque* et *Tables de Tolède*),[14] d'Ibn al-Kammād (*al-Muqtabis*)[15] et d'Ibn al-Bannā' (*Kitāb minhādj al-ṭālib fī ta'dīl al-kawākib*)[16] étaient arrondies aux minutes, et en conséquence elles sont moins exactes. Mais ce qui la rend plus intéressante c'est que nous trouverons cette table d'Ibn Isḥāq répétée dans le *Libro del relogio de la piedra de la sombra*[17] alphonsin, où se reproduisent même les petites erreurs de calcul d'Ibn Isḥāq, et, recalculée un peu plus exactement, dans le *zīdj* d'al-Sandjūfinī,[18] astronome d'ascendance musulmane qui a composé son œuvre en 1366 au Tibet.

On pourrait penser que cette table de déclinaisons solaires faisait aussi partie du traité perdu sur l'année solaire d'al-Zarqālluh. Cependant, le fait que le titre de la table alphonsine dise qu'elle a été calculée pour son époque parait ne pas faire allusion à al-Zarqālluh, mais plutôt à Ibn Isḥāq, qui a composé son *zīdj* au début du XIIIe siècle.

14. J.M. Millás Vallicrosa, *Estudios...,* 174, et G.J. Toomer, «A Survey of the Toledan tables», *Osiris* 15 (1968), 30.

15. Ms. 10.023. Biblioteca Nacional de Madrid (sans pagination).

16. Ms. arabe du Museo Naval de Madrid, fol. 21a. Cf. note 10.

17. Ms. 156. Biblioteca de la Universidad Complutense de Madrid, fol. 172.

18. Sur al-Sandjūfinī, cf. E.S. Kennedy, «Eclipse Predictions in Arabic Astronomical Tables Prepared for the Mongol Viceroy of Tibet», *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften* 4 (1987-1988), 60-88; et E.S. Kennedy, J. Hogendijk, «Two Tables from an Arabic Astronomical Handbook for the Mongol Viceroy of Tibet», dans *A Scientific Humanist. Studies in Memory of Abraham Sachs,* Philadelphia, 1988, 233-234.

On ne sait pas comment cette table a pu arriver au Tibet. Cependant, l'hypothèse qu'elle le fut à travers de Marāgha semble être plausible.

Al-Sandjūfinī mentionne dans son *zīdj* une table de positions solaires et lunaires calculée selon les observations de Djamālī. Il paraît qu'il fait référence à Djamāl al-Dīn,[19] un astronome persan qui est parti en 1267 pour la Chine, où il à composé un calendrier et acquis une célébrité sous le nom de Cha-ma-lu-ting, transcription chinoise de son nom musulman.

J. Vernet, d'une part, a signalé que l'échange des ambassades entre la cour du roi de Castille Alphonse X le Savant et la cour de Hūlāgu Khan de Marāgha a bien pu avoir comme conséquence un échange culturel, concrètement dans le domaine de l'astronomie, pour lequel les deux monarques avaient un grand intérêt.[20] Et moi-même, j'ai mis en relief // des coïncidences entre les travaux astronomiques des deux cours sur le *Kitāb Ṣuwar al-Kawākib* de l'astronome persan 'Abd al-Raḥmān al-Ṣūfi.[21] Il faut remarquer aussi le fait que l'astronome maghrébin Muḥyī al-Dīn Yaḥyà b. Abī al-Šukr al-Maghribī al-Andalusī al-Qurṭubī (1226-1289)[22] a travaillé à la cour de Marāgha. Cet astronome a composé un *zīdj* où ne sont pas recueillies les caractéristiques du *zīdj* d'Ibn Isḥāq dont j'ai déjà parlé, mais il adopte le «méridien d'eau» pour les longitudes géographiques,[23] trait caractéristique des astronomes d'al-Andalus et du Nord de l'Afrique, particulière-

19. Sur Djamāl al-Dīn, cf. W. Hartner, «The Astronomical Instruments of Cha-ma-lu-ting», *Isis*, vol. 41 (1950); «The Astronomical instruments of Cha-ma-lu-ting, their Identification, and their Relations to the Instruments of the Observatory of Marāgha», *Oriens-Occidents*, 1, Heildeman, 1968, 216-226; A. Sayili, *The Observatory in Islam and its Place in the General History of the Observatory*, Ankara, 1960 (réédition 1988), 187-205; J. Needham, *Science and Civilization in China*, vol. 3, 1959, 373.

20. Cf. J. Vernet, *Alfonso X el Sabio. Mecánica y Astronomía «Conmemoración del Centenario de Alfonso X, el Sabio»*, Madrid, 1981, 23-32 (réédité dans *De 'Abd al-Raḥmān I a Isabel II*, Barcelona, 1989, 341-350); «Europeos en la corte del gran Jan», *Historia 16* (Madrid, 1984), 66-72; «Las traducciones del árabe a las lenguas romances setecientos años después de la muerte de Alfonso X el Sabio» (1284), dans *La diffusione delle scienze islamiche nel Medioevo europeo*, Roma, 1987, 279-397.

21. M. Comes, «Al-Ṣūfī como fuente del libro de la "Ochava Espera" de Alfonso X», *Ochava Espera y Astrofísica. Textos y estudios sobre las fuentes árabes de la astronomía de Alfonso X*, Barcelona, 1990, 11-13.

22. C. Brockelmann, *Geschichte der Arabischen Litteratur*, «Supplementband», I, 868.

23. M. Comes, «Deux échos Andalous à Ibn al-Bannā de Marrakesh», *Le patrimoine andalous dans la culture arabe et espagnole*, Tunis, 1981, 81-94.

ment du groupe d'astronomes auquel appartiennent Al-Zarqālluh, Ibn al-Kammād, Ibn Isḥāq et Ibn al-Bannā'.[24] Il a composé aussi un livre sur l'ordination du temps des Chinois.

D'autre part, la relation entre la Perse et la Chine a cette époque, surtout dans le domaine de l'astronomie, est aussi bien connue. Dans la période mongolique, les descendants de Djenghiz Khan, Khublai Khan (1271) et son frère Hūlāgu Khan (1260), gouvernaient respectivement la Chine et la Perse. C'est de cette manière que les sciences islamiques, provenant de la Perse, furent transmises à la Chine, tandis qu'un certain nombre d'astronomes musulmans voyagèrent à ce pays. Même pendant la dynastie Ming (1368), un certain nombre d'astronomes musulmans continuèrent à travailler en Chine. C'est dans l'*Histoire de la dynastie Ming*, dans le chapitre dédié au *Huihuili* (calendrier islamique), que l'on dit que les astronomes musulmans utilisaient pour leurs calculs des numéraux arabes et consultaient aussi des livres amenés de leur propre pays.[25]

L'intervention possible de Marāgha en ce qui concerne la transmission de la table des déclinaisons solaires d'Ibn Isḥāq au Tibet peut être un autre indice de l'échange de connaissances scientifiques entre la cour d'Alphonse X et celle d'Hūlāgu Khan que j'ai déjà mentionné.

// Maintenant on peut analyser la table n.º 7, qui règle le mouvement de l'axe de l'écliptique correspondant au mouvement uniforme du pôle de l'écliptique sur son épicycle polaire.

Le titre de la table est *Djadwal ḥiṣṣat miḥwār falak al-burūdj*. Comme toute autre table qui calcule un mouvement uniforme, elle est structurée en années *madjmū'a* et *mabsūṭa*, mois et jours. La racine correspond à l'Hégire et sa valeur est de 9^s 11;14,44°. Cette table est basée sur le modèle d'al-Zarqālluh, mais les paramètres sous-jacents sont différents, alors que le mouvement par jour de l'angle «i» est de 0;00,01,55,04,45° pour Azarquiel, et de 0;00,01,18,54,15° pour Ibn Isḥāq. Un mouvement plus lent qui fera que les 1.850 ans juliens que le pôle de l'écliptique met pour parcourir l'épicycle dans le modèle d'al-Zarqālluh deviennent 2.698 dans celui d'Ibn Isḥāq.

24. M. Comes, «The Meridian of Water in the Tables of Geographical Coordinates of al-Andalus and North Africa», *Journal of the History of Arabic Science* 10 (1994), 41-51.

25. K. Yabuuti, «The influence of islamic Astronomy in China», dans *From Deferent to Equant: A Volumen of Studies in the History of Science in the Ancient and Medieval Near East in Honour of E. S. Kennedy*, New York, 1987, 547-559. Cf. aussi J. Needham, *Science and Civilization in China*, vol. 3, 1959, 372-390.

Le changement du paramètre est dû possiblement au fait qu'Ibn Isḥāq ait observé que la valeur de l'obliquité continuait à descendre, en atteignant pour son époque une obliquité de 23;32,30°, de façon à ce que, même si le modèle d'al-Zarqālluh lui avait été encore utile, il avait besoin de lui donner une vélocité plus lente pour que le pôle de l'écliptique mette pour parcourir la première moitié de l'épicycle le temps nécessaire pour justifier la valeur qu'il avait observée.

Finalement, on peut analyser la table n.º 56, qui nous donne les différentes valeurs de l'obliquité pour chaque degré de l'angle «i». La table s'intitule *Djadwal al-mayl al-kullī wa daqā'iq ikhtilāf al-muyūl*. Comme le titré le dit, la table calcule deux choses différentes mais complémentaires.

D'une part, les minutes et les secondes de la valeur de l'obliquité en fonction de l'angle «i». Si l'on prend une autre fois le modèle d'al-Zarqālluh (fig. 1), on voit que pour calculer l'obliquité (OC), on peut employer deux expressions:[26]

– La première, approximative, dans laquelle on considère le triangle OCD comme un triangle plat:

$$OC = (OD^2 + DC^2)^{1/2}$$

où OD = 23;32,30° + 0;10° vers i, et DC = 0;10° sin i.

– La deuxième, exacte, dans laquelle on résout le triangle sphérique OCDA:

$$\cos OC = \cos AC \cos OA + \sin AC \sin OA \cos i$$

où AC = 0;10°

et OA = 23;42,30.

// Cette expression exacte n'est pas documentée dans al-Andalus au XIe siècle. Cependant, en les recalculant, aussi bien la table d'al-Zarqālluh que celle d'Ibn Isḥāq, avec les deux expressions on remarque que même si les valeurs sont très proches, on obtient des résultats plus rapprochés de ceux des tables quand on utilise l'expression exacte, ce qui me fait penser qu'elle était déjà connue dans al-Andalus a l'époque d'al-Zarqālluh.

D'autre part, la table calcule ce qu'Ibn Isḥāq appelle «minutes de la différence». Il s'agit très probablement d'une table pour interpoler, puisque la table

26. J. Samsó, *Sobre el modelo de Azarquiel...*, 370.

principale ne donne des valeurs que de degré en degré. La formule qui calcule cette deuxième partie de la table est:

$$D = 3\ (OC - 23;32,30)$$

La différence oscille entre 0' pour l'obliquité minimale et 20' pour la maximale. Il s'agit donc de réduire la différence à base 60 pour qu'elle oscille entre 0' et 60' de façon à ce qu'on ait les valeurs correspondantes aux minutes pour interpoler entre degré et degré.

Une fois analysées les tables correspondantes et recalculée la table n.º 5, on voit (figs. 3 et 4) dans les graphiques —où la ligne pointillée représente les valeurs recalculées autant que la ligne continue représente les valeurs de la table— que les valeurs ne coïncident pas, ce qui veut dire que la table n'a pas été calculée avec les paramètres sous-jacents dans le *zīdj*.

En tenant compte de l'accumulation des matériaux qui proviennent de différentes sources, et qui, comme on l'a vu au début, se trouvent mélangés dans cette version du *zīdj* d'Ibn Isḥāq, cette table n'a probablement jamais appartenu à cet astronome: elle aurait plutôt été prise d'une autre source par le compilateur du *zīdj* ou bien rédigée par lui-même, sans se soucier d'analyser ni les paramètres ni le modèle sous-jacent et, par conséquent, sans s'apercevoir des incongruités qu'elle entraînait.

En mettant donc cette table à l'écart, on remarque une fois encore la confirmation de l'influence d'al-Zarqālluh chez les astronomes de l'Afrique du Nord, même s'ils sont loin de copier indistinctement les modèles, les paramètres et les tables. Les astronomes maghrébins au contraire les analysent, les recalculent et les corrigent, non seulement pour les adapter a leur époque, mais aussi pour y apporter les améliorations et les innovations découvertes ou observées par eux.

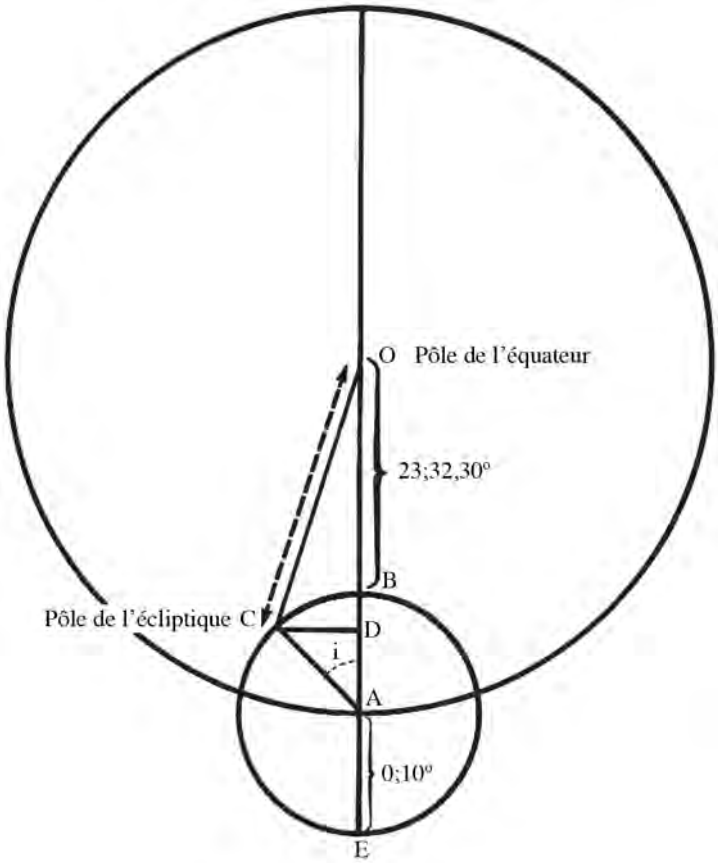


Figura 1

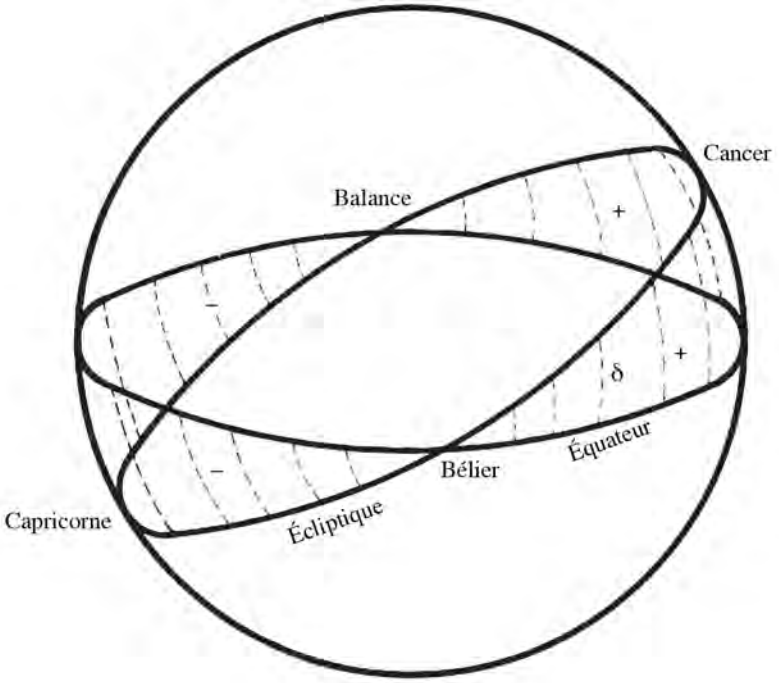


Figura 2

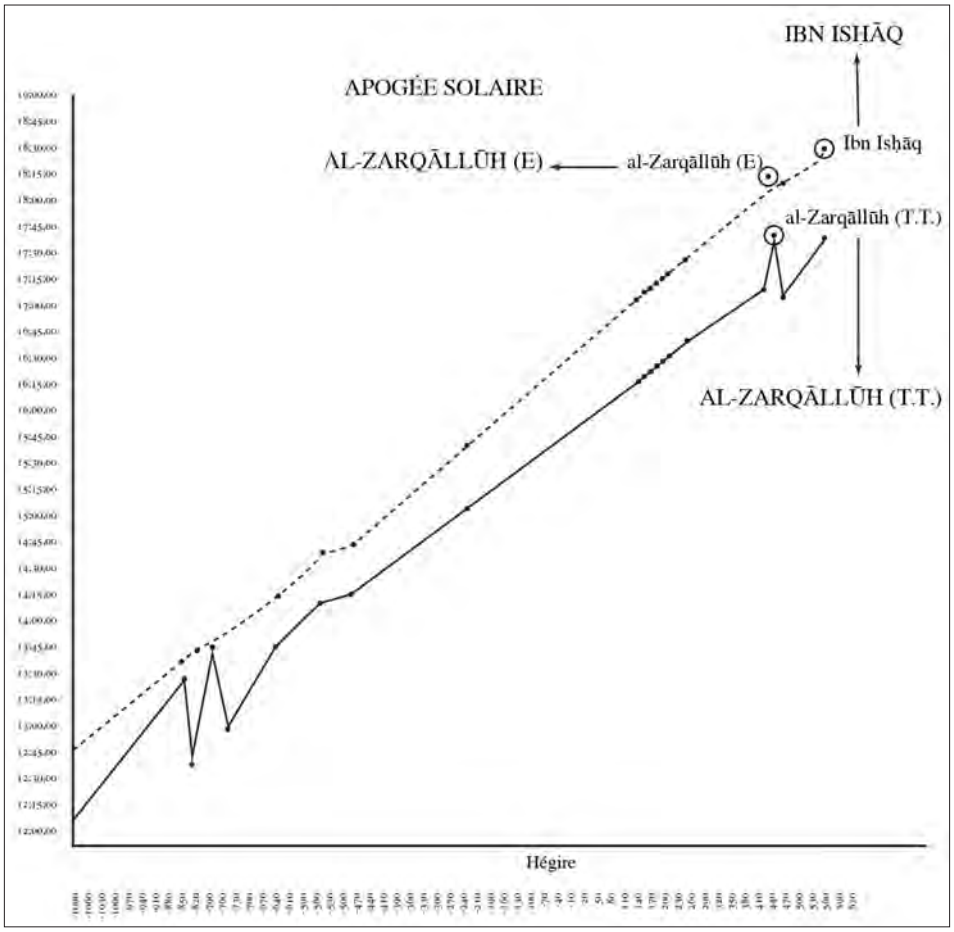

IBN ISḤĀQ
APOGÉE SOLAIRE
AL-ZARQĀLLŪH (E)
al-Zarqāllūh (E)
Ibn Isḥāq
al-Zarqāllūh (T.T.)
AL-ZARQĀLLŪH (T.T.)
Hégire

Figura 3

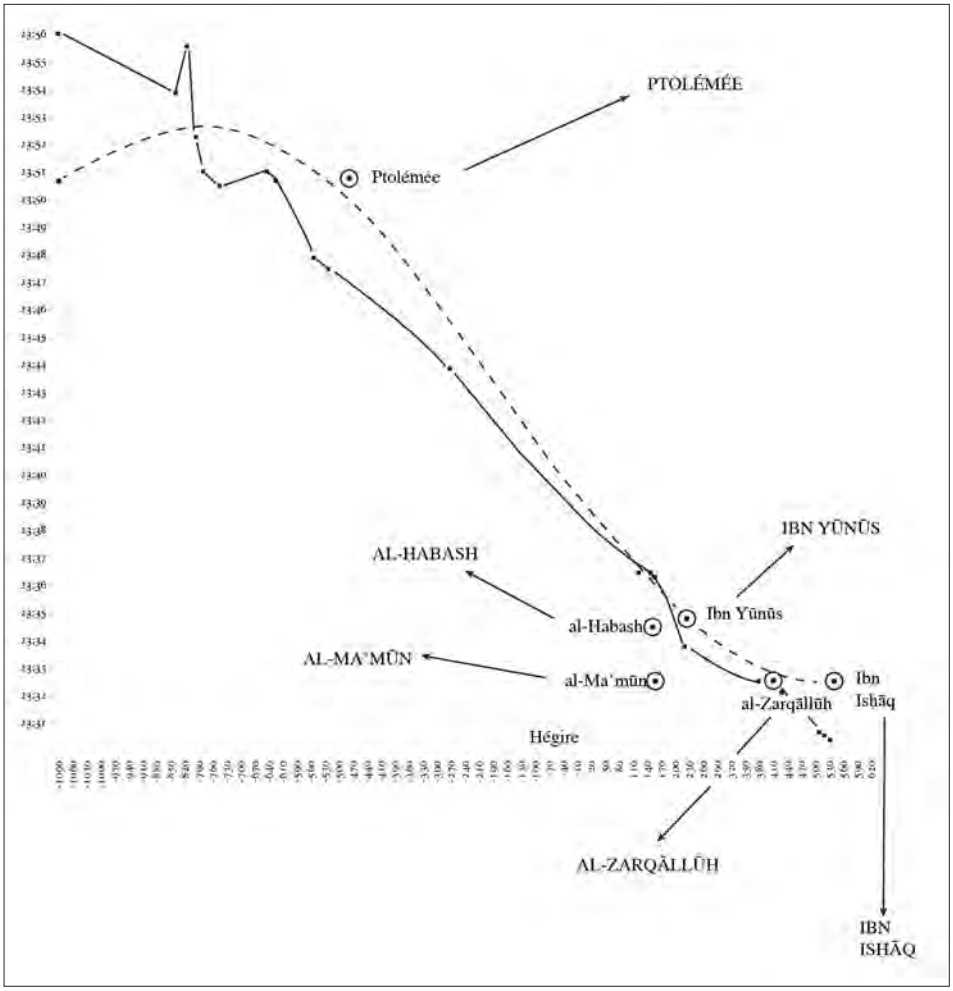

PTOLÉMÉE
Ptolémée
IBN YŪNŪS
AL-HABASH
Ibn Yūnūs
al-Habash
AL-MA'MŪN
al-Ma'mūn
Ibn Ishāq
al-Zarqāllūh
Hégire
AL-ZARQĀLLŪH
IBN ISHĀQ

Figura 4

DEUX ÉCHOS ANDALUS À IBN AL BANNĀ' DE MARRĀKUSH

Abū-l-'Abbās b. Muḥammad b. 'Uthmān al-Azdī al-Marrākushī, connu comme Ibn al Bannā' (1) était, comme son nom l'indique, fils d'un mâçon de Grenade. Né à Qā'at Ibn Nāḥid, quartier de Marrākush, le 9 de Dhu-l-Ḥidjdja de l'année 654 (28 décembre 1256). Il acquit une vaste culture après avoir poursuivi des études de Logique, Médecine, Astronomie, Sciences Occultes et Mathématiques. Il vécut à Marrakush où il est mort le 6 de Rajab de l'année 725 (1er Août 1321).

Parmi ses œuvres de types astronomique, il faut souligner son *Kitāb Minhādj al-Ṭālib fī Ta'dīl al-Kawākib.* Cette œuvre, dont les canons ont été étudiés par J. Vernet (2), appartient au genre des azyādj. L'œuvre présente, comme d'habitude, une première partie, les canons, où l'on donne les instructions pour l'utilisation des tables, et une seconde qui comprend les tables proprement dites.

A présent, je vais m'occuper concrètement des sources andalouses sous-jacentes à deux tables de cette seconde partie, celle des coordonnées géographiques et celle des étoiles.

Il est très difficile de prouver les sources d'une œuvre de ce type car en général il ne s'agit pas d'une seule source et les données provenant de plusieurs d'entre elles apparaissent mélangées et, souvent, simplement implicites, comme c'est le cas des paramètres et des modèles sous-jacents aux les tables, mais dont on ne fait pas mention.

Cependant, Ibn al-Bannā', lui-même, nous parle d'Ibn Isḥāq al-Tūnisī (3) comme l'une de ses sources principales. Cet auteur est en train d'être étudié par David King et nous attendons ses conclusions avec grand intérêt, même si dans son "zīdj", il n'y a pas de tables ni géographiques ni d'étoiles (4). Vernet, Samsó et Millás (5) ont souligné la dépendance d'Ibn al-Bannā' par rapport à al-Zarqālluh dans les sujets qu'ils ont étudiés. Cette influence a été probablement exercé à travérs Ibn al-Kammād (6), auteur dont on ne connait pas la biographie mais qui semble avoir été disciple d'al-Zarqālluh. D'autre part il est évident qu'Ibn al-Bannā' a connu l'œuvre de l'astronome andalous comme le montre son résumé du traité de la ṣafīḥa (7).

Le titre de la première de ces tables que je viens de nommer est *Djadwal al-Aṭawāl wa-l-'Urūḍ li Mawāḍi' ba'ḍ al-bilād al-mash hūra* (Table n°1). Elle comprend une liste de 32 villes avec leurs coordonnées géographiques correspondantes. Une grande partie de ses toponymes appartient à l'Afrique du Nord, le Maroc principalement, comme l'on peut s'y attendre dans les tables d'un astronome du Maghreb. Cette table incorpore aussi quelques villes de la côte sud d'al-Andalus, ainsi que les plus importantes de l'Orient Musulman.

A la tête de la table on peut lire le titre et, en dessous, les alinéas suivants : "al Aqalim", c'est à dire le climat auquel la ville appartient; "Asmā' al-Bilād"; "al-Ṭūl" et "al-'Arḍ" avec ses "darāj" et "daqā'iq" et finalement "Ṭawāli' al-buldān", c'est-à-dire l'ascendant de l'horoscope de la ville. La numération est exprimée dans le système abjadi, comme il est d'habitude dans ce type de tables.

Pour faire un petit peu d'histoire on peut dire que les débuts des descriptions géographiques correspondent à la Grèce qu'il y a environ quatre siècles avant Jésus-Christ, bien que les positions des divers lieux s'obtenaient presque exclusivement d'après les mesures itinéraires fournies par les voyageurs.

Hiparque, deux siècles avant l'ère chrétienne, fut le premier qui proposa d'appliquer les coordonnées célestes à la Terre, avec le but de déterminer la situation des lieux terrestres par leur longitude et latitude obtenues par des procédés astronomiques : des observations gnomoniques et simultanées d'éclipses lunaires pour les latitudes et les longitudes respectivement.

Ptolémée, deux siècles après Jésus-Christ, composa sa Géographie qui consiste en une liste de 8.000 toponymes accompagnés de leurs coordonnées géographiques respectives, dont 400 latitudes seulement

correspondent aux observations gnomoniques, toutes les autres étant le fruit de la transformation de mesures itinéraires en valeurs angulaires. D'autre part, Ptolémée n'a pas disposé d'observations astronomiques pour ses longitudes. Cependant, il représente la consolidation de la géographie de position et la totalité des géographes arabes se sont inspirés de lui.

En Orient, les premiers furent les membres de la "Bayt al-Ḥikma" à la cour d'al-Ma'mūn (813-833). Ensuite, al-Khuwārizmī (850) corrigea l'excès de la longitude de la Méditerranée dans la Géographie de Ptolémée. Al-Battānī (929) Ibn Yūnus (m.c. 940) et al-Bīrūnī (1048) furent aussi très importants par leur grande influence postérieure. Toutes ces tables composées en l'Orient contiennent presque uniquement des localités de l'Asie, le nombre de noms de lieu correspondant à l'Afrique et surtout à l'Europe est d'habitude très limité. D'autre part, elles contiennent un nombre très élevé de toponymes, à peu près entre 250 et 800.

Cependant, des le XIème siècle, les arabes d'Occident, d'abord en al-Andalus et postérieurement au Maghreb, prennent le flambeau de la Science, et par conséquent de la Géographie, et des listes de toponymes où prédominent les villes d'al-Andalus, du Nord de l'Afrique et aussi de l'Europe commencent à apparaître. La caractéristique principale de ces tables occidentales est d'être beaucoup plus réduites que les orientales. Les plus étendues dépassent de peu les 100 toponymes, mais elles en contiennent normalement entre 30 et 40.

L'un des premiers exposants de la science arabe andalouse qui surgit peu avant la chute du Califat fut Maslama al-Majrīṭī (m.c. - 1007) (8). Lui et ses disciples peuvent être considérés comme les précurseurs du premier grand noyau scientifique andalous qui se groupa, dans la Ṭā'ifa de Tolède, autour du Qāḍī et mécène Abū-l-Qāsim Ṣā'id al-Andalusī (m. 1070) (9). Parmi les composants de ce premier noyau scientifique andalous il faut souligner surtout Abū Isḥāq al-Zarqālluh (m. 1100) (10). Le fruit de ses observations astronomiques est constitué par ce qu'on appelle les "Tables de Toléde".

Les canons des "Tables de Tolède" apportent une nouveauté important en ce qui concerne le méridien de base employé. Les astronomes indiens utilisaient le méridien d'Arin (Udjdjayn) situé à 90° du méridien des Iles Canaries (employé par Ptolémée) et à 80° du méridien de la côte africaine utilisé aussi par quelques géographes et astonomes musulmans. Al-Zarqālluh nous dit que la différence horaire entre Arin et Tolède est de 4 heures et 6 minutes, ce qui implique une

différence en longitude de 61°30'. Si l'on soustrait 61°30' de 90° (différence en longitude entre Arin et le premier méridien occidenal) l'on obtient, pour Tolède, une longitude géographique de 28°30' par rapport au méridien occidental. Etant donne que la longitude de Tolède par rapport à ce dernier méridien est de 11° chez Ptolémée, on doit conclure, avec Millas (11), qu'Al-Zarqālluh a deplacé le méridien de base de 17°30' vers l'occident. Malgré cela, la table géographique conservé dans les manuscrits des "Tables de Tolède" emploie, comme Ptolémée, le méridien des Iles Canaries. On peut croire, donc, que cette table ne fait pas partie du corpus original des "Tables de Tolède".

Ce nouveau méridien, qui serait appelé "Méridien d'eau" en considérant qu'il tombait en plein Océan Atlantique, fut utilisé, avant Ibn al-Bannā', par Ibn al-Kammād, le disciple d'al-Zarqālluh, et aussi par les maghrebins Abū-l-Ḥasan 'Alī al-Marrākushī (c.1250) et Muḥammad b. Abī al-Shukr al-Maghribī (1276) (12).

Ce méridien d'eau, qui sera recueilli par une grande partie de la tradition postérieure aussi bien arabe qu'hébraïque et européenne, sera employe, par Ibn al-Kammād et par les auteurs maghrébins cités, pour les villes d'al-Andalus et le maghreb occidental. Ces mêmes auteurs adoptent pour le maghreb moyen les valeurs ptolémaïques. A partir de l'Egypte, cependant, l'échelle de valeurs change à nouveau et cette fois-ci, l'on soustrait 10° aux longitudes ptolémaïques en suivant le courant entamé par al-Khuwārizmī.

Parmi les trois grands groupes de familles de tables que distingue Kennedy dans ses *Geographical Coordinates of Localities from Islamic Sources,* la table d'Ibn al-Bannā', même si elle a une certaine indépendance, s'accorde assez bien avec la famille des tables que Kennedy appelle "ma'mūnies", dont l'origine remonte au *Kitāb Ṣūrat al-Arḍ* d'al-Khuwārizmī.

Le premier exemple d'une géographie de cette famille en al-Andalus, nous le trouvons dans le *Kitāb Akām al-Mardjān* du géographe andalous Abū-l-Ḥusayn al-Zayyāt (1058). Le cas de cet auteur est bien curieux car si, comme il est probable (12), il vécut vers la fin du Xème siècle et le commencement du XIème, il est le premier auteur connu qui déplace le méridien de base vers l'occident même s'il ne le fait que de 7°30' à différence des 17°30' d'Al-Zarqālluh. Il y a aussi la possibilité que cet auteur eût connu ce nouveau méridien et qu'il se soit limité à soustraire des valeurs de les tables avec méridien d'eau les 10° qui séparent les Iles Canaries de la côte d'Afrique, en méprenant le méridien d'eau pour celui des Iles Fortunées et en prétendant accomoder toute la table et

pas seulement les localités orientales, comme nous trouvons dans Ibn al-Kammād et Ibn al-Bannā', au méridien de la côte d'Afrique.

Les tables suivantes appartenant à cette famille, dans l'Occident Musulman et précédant la table d'Ibn al-Bannā', seront celles du Abū-l-Ḥasan 'Alī al-Marrākushī (c.1250) et Muḥammad b. Abi al-Shukr al Maghribī (1276).

La table géographique des "Tables de Tolède" et celle d'Ibn al-Kammād, même si elles appartiennent à la même famille, présentent très peu de villes du maghreb occidental, les toponymes d'al-Andalus y sont nombreux, et le nombre des villes commence à être important dès la Tunisie vers l'orient.

Les "Table de Tolède", en concret, donnent uniquement les coordonées de trois villes marocaines comparées aux 12 de la table d'Ibn al-Bannā' et d'autre part, aucune des villes andalouses des "Tables de Tolède" ne coïncide avec les quatre de cette région que cite notre auteur. En ce qui concerne Ibn al-Kammād, il présente trois toponymes marocains dont les coordonnées coïncident en lignes générales avec celles d'Ibn al-Bannā', et parmi ses dix toponymes andalous on trouve les trois de notre auteur avec les mêmes coordonnées.

Malgré tout ce mélange de sources qui semblent se refléter sur la table d'Ibn al-Banna' il est certain que celle-ci recueille le méridien d'eau établi par al-Zarqālluh et que la ligne de transmission est suffisamment claire.

La seconde table dont je vais m'occuper est la table d'étoiles nommée *Djadwal mawāḍi' al-kawākib al-thābita min al-mabdā' al-dhātī* (Table n°2), qui consiste en une liste de 28 étoiles avec leurs coordonnées écliptiques correspondantes, en suivant l'ordre croissant de leurs longitudes.

La connaissance des étoiles, comme il est bien connu, s'est transmise depuis Ptolémée, et à travers le monde islamique, moyennant une série de listes sous forme de catalogues complets ou de tables partielles.

Basiquement, les catalogues consistent, à l'image de celui qu'introduit Ptolémée dans son *Almageste*, en une liste complète des étoiles fixes observables à vue d'œil, qui sont environ 1025 distribuées en 48 constellations, avec la description de leur situation dans la figure correspondante, leurs coordonnées écliptiques ou équatoriales et leurs

magnitudes. Les tables, pour leur part, sont des listes beaucoup plus courtes qui contiennent entre 25 et 40 étoiles en général , il n'y a pas de constellations, ni description de la situation des étoiles mais uniquement leur nom -bien que souvent il se rapporte à la situation de l'étoile dans la figure de la constellation- et leur coordonnées et magnitudes. Habituellement elles ont une finalité pratique immédiate, souvent en rapport avec l'usage d'un instrument astronomique spécialement des astrolabes et globes célestes, et présentent les étoiles les plus grandes de la 1ère et 2ème magnitude. Ils font souvent aussi partie de l'ensemble des tables astronomiques d'un "zīdj".

Ce type de tables d'étoiles auquel appartient celle d'Ibn al-Bannā', a été très fréquent aussi bien en Orient qu'en Occident.

Comme le propre titre *Djadwal mawāḍj' al-kawākib al-thābita min al-mabdā al-dhātī* l'indique, il ne s'agit pas d'une table calculée pour une date déterminée, comme c'est la norme générale dans le reste des tables, mais, en suivant le modèle de trépidation du *Liber de Motu,* al-Zarqālluh et d'Ibn al-Bannā' lui même (14), elle a été calculée pour le moment précis où les longitudes tropiques et sidérées coïncident, c'est-à-dire, pour le début du mouvement de la tête du Bélier autour de l'épicycle équatorial qui eut lieu le 25 janvier de l'année 581 de J.C., à peu près 41 ans avant l'Hégire, date pour laquelle le valeur de la précession est d'environ 43 minutes. C'est al-Zarqālluh lui-même qui dans son *Traité sur le mouvement des étoiles fixes* (15) nous dit que, pour son premier modèle, la tête du Bélier était retardé à l'époque de Ptolémées 6°38', ce qui est exactement la valeur qu'Ibn al-Kammād, Abū 'Alī al-Marrākushī et Ibn al-Bannā' ajoutent aux longitudes ptolémaïques (16).

En insistant sur la table, nous voyons qu'elle présente un schéma classique. Sur la première colonne, sous le sous-titre de "al-'iẓam" apparaissent les magnitudes des étoiles lesquelles appartiennent à la première et la deuxième magnitude. Ensuite sur la seconde colonne on peut lire les noms des étoiles. Le signe du zodiaque se trouve dans la troisième colonne. Comme il est bien connu, la sphère à 360° et elle est divisée en 12 signes qui correspondent à 30° chacun, de façon que Bélier vaut 0°, Taureau 30°; Gémeaux 60° et ainsi successivement. Ensuite vient "al-Ṭūl", c'est-à-dire la longitude à laquelle on ajoutera la valeur du signe du zodiaque qui le précède. La latitude accompagnée de son signe septentrional ou méridional se trouve dans les deux dernières colonnes.

Cette table appartiendrait à la tradition de tables que Kunitzsch dans

ses Typen (17) groupe sous le titre XV, bien qu'il ne l'ait pas considérée dans son étude. Elle montre une influence andalouse certaine, puisque elle est basée sur la table qu'Ibn al-Kammād fait apparaître dans son œuvre Al-Muqtabis, résumé de ses deux "zīdjes" *Al-Amad' alā al-Abad* et *Al-kawr 'alā al-Dawr.*

La table d'Ibn al-Kammād est identique à une table attribuée à Thabit (?), Al-Zarqālluh et les "Tables de Tolède" (18), possiblement parce qu'elle implique le mouvement de trépidation, avec la particularité que cette dernière ne présente pas les erreurs en latitude que nous trouvons répétées chez Ibn al-Kammād et Ibn al-Bannā' et qui procèdent d'une autre table d'al-Zarqālluh de 37 étoiles qui accompagne son traité sur la saphea (19) mais qui n'est pas calculée comme les précédentes pour une valeur 0° de la précession. Dans cette table, la constante de précession est de 14°20', valeur habituelle pour l'époque d'al-Zarqālluh.

Les erreurs fréquentes de copie qui apparaissent en général sur toutes les tables et qui rendent souvent difficile leur étude, ont leur partie positive. Elles servent à déterminer la voie de transmission ou bien les sources employées. Ainsi, dans le tableau adjoint, ou l'on présente les erreurs les plus significatives, nous voyons que dans la table d'al-Zarqālluh, qui accompagne son traité sur la saphea, se trouvent plusieurs erreurs de latitude par rapport au catalogue de Ptolémée qui se répéteront à Ibn al-Kammād et Ibn al-Bannā'.

Dans ce tableau nous voyons aussi que Maslama donne une latitude erronée pour l'étoile n°28, cette erreur ne se trouve pas à al-Zarqālluh. D'autre part, dans la table d'étoiles de Maslama qui se trouve dans son commentaire au Planisphère de Ptolémée (20), cette étoile apparaît avec un nom qui ne correspond pas aux coordonnées qu'on lui attribue. Le nom "al-kaff al-khaḍīb" concerne l'étoile dont la dénomination correspond aujourd'hui à ß Cassiopienne tandis que ses coordonnées correspondent à une étoile qui fait partie de deux constellations et que l'on appelle @ d'Andromède et ∂ de Pegase.

Avant Maslama, nous trouvons déjà une certaine confusion sur cette étoile dans une table d'al-Battānī de 75 étoiles dont les coordonnées ne sont pas écliptiques mais équatoriales, mais où, curieusement, les coordonnées de @ d'Andromède s'attribuent à "Caput Orionis", et l'étoile qui lui suit immédiatement on lui donne les coordonnées de @ Ophiuco mais on lui attribue le nom de "Femme dont le nom est al-Kaff-al-khaḍīb (main teinte). Cette erreur apparait aussi dans une autre table de Maslama qui se trouve par erreur dans un

traité d'al-Zarqālluh sur la saphea (21).

Cependant, dans le manuscrit de la saphea d'al-Zarqālluh, dont les erreurs de latitude se reflètent chez notre auteur, @ d'Andromeda apparait avec ses coordonnées et non corrects, mais cela n'est pas le cas dans le manuscrit de Vienne qui, comme nous avons vu, ne recueille pas les erreurs de latitude indiqués avant, mais qui recueille cette confusion.

Ibn al-Kammād répètera cette erreur ainsi qu'Ibn al-Bannā', en confirmant une fois de plus d'étroite interdépendance de ces deux tables et par conséquent l'influence andalouse à Ibn al-Bannā'.

Il y a beaucoup d'autres détails, aussi bien dans la table de coordonnées géographiques que dans celle des étoiles, cependant, il serait trop long de les énumérer tous, et en plus je crois qu'avec ce qui a été exposé j'ai suffisamment démontré l'influence du premier noyau scientifique andalous chez certains auteurs du Maghreb, spécialement chez Ibn al-Bannā' de Marrākush.

n° étoile	Ptolémée	Maslama	Al-Zarqālluh (ms vienne)	Al-Zarqāl-luh	Ibn al-Kammād	Abū 'Alī al-Marrā-kushī	Ibn al-Bannā'
1ø Eri	-53;30	—	-53;30	—	-13;30	-13;20	-13;30
12 x Car	69;40	—	49;40	—	24;40	—	49;40
18 ß Lib	8;50	—	8;50	8;30	8;30	8;50	8;30
21 @ Sco	-4;00	-4;00/3;00	-4;00	-3;00	-3;00	-4;00	-3;00
25 @ PsA	-20;20	—	-23,00	-23;00	-23;00	-23;00	-23;00
28 ß Cas ∂ Peg/@ And	26;00	29;00	26;00	26;00	29;00	26;00	29;00

NOTES

(1) Cf. BROCKELMANN, K. *Geschichte der Arabischen Litteratur II.* -Berlin, 1902. - pp.255 et 710. *Supplementband II.* - Leiden, 1938. - pp.363-364. SUTER, H, *Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke.* - Leipzig, 1900. - pp. 162-164; 220y 227. SANCHEZ PEREZ, J.A., *Biografés de matemáticos árabes que florecieron en España.* Madrid, 1921. - pp.51-54. SARTON G. *Introduction to the History of Science II.* - Baltimore, 1931. - pp.998-1000. VERNET, *J. Ibn al-Bannā' al-Marrākushī.* - "Dictionnary of Scientific Biographies. vol I (New-York, 1970) pp.437-438. et *La supervivencia de la astronoméa de Ibn al-Bannā'.* -All-Qanṭara, vol I (1980) pp.447-451. RENAUD, *Ibn al-Bannā' de Marrakech sufi et mathématicien.* - "Hesperis", 25 (1938). BENCHEKROUN, M. B.A., *La vie intellectuelle marocaine sous les Mérinides et les Waṭṭāssides.* - Rabat, 1974.

(2) VERNET, *J. Contribución al estudio de la labor astronómica de Ibn al-Bannā',* - Madrid 1951.

(3) Cf. KING, *D, Some Early Islamic Tables for Determining Lunar Crescent Visibility.* - "From Deferent to Equant : a Volume of Studies in the History of Science in the Ancient and Medieval Near East in Honor of E.S. Kennedy". - New York 1987. - pp. 194 et 203. KING, D. and KENNEDY, E.S. *Indian Astronomy in Fourteenth Century Fez : The versified zīj of al-Qusunṭīnī.* -"Islamic Mathematical Astronomy" VIII. - London, 1986. p.6.

(4) De toute façon, il nous donne les longitudes de Tunis et Tolède, ville pour laquelle les tables de mouvements moyens sont calculées. Pour ces longitudes Ibn Isḥāq, comme Ibn al-Kammād e Ibn al-Bannā', emploie le "Méridien d'eau" dont je parlerai plus tard.

(5) VERNET, J. *Contribucion...,* et SAMSO, J., MILLAS, E.. *Ibn al-Bannā' and al-Zarqalluh's solar theory.* Sous presse, SAMSO, J, Azarquiel e *Ibn al-Bannā'.* - Relaciones de la Peninsula Iberia con el Magreb (siglos XIII-XVI). - Madrid, 1988.

(6) Cf. VERNET, J. *Un tractat d'obstetrécia astrologica.* - "Estudios sobre Historia de la Ciencia Medieval". - Barcelona-Bellaterra, 1979. pp. 237-300. LUTZ RICHTER-BERNBURG, *ṣā'id, The Toledan Tables and Andalusī Science.*- "From Deferent to Equant..." p. 373-401.

(7) PUIG, R, *El taqbīl 'alā risālat al-ṣafīḥa al-Zarqāliyya de Ibn al-Bannā' de Marrākush.* Al-Qanṭara, vol. VIII. - Madrid, 1987.

(8) VERNET, J. et CATALA, M.A., *Las obras matematicas de Maslama de Madrid* - "Al-Andalus" XXX, 1965.

(9) BLACHERE, R., *Ṣā'id al-Andalusī Kitāb Tabaqāt al-Umam (Livre du Catégories des Nations).* - Paris, 1935, LUTZ RICHTER-BERNBURG, Ṣā'id, *The Toledan Tables and Andalusī Science...*

(10) MILLAS VALLICROSA, J.M., *Estudios sobre Azarquiel.* - Madrid-Granada, 1943-1950.

(11) MILLAS VALLICROSA, J.M., *Estudios sobre Azarquiel.* p.49.

(12) J'ai déduit cela des valeurs pour les coordonnées géographiques attribuées à ces deux auteurs par E.S. & M.H. KENNEDY, *Geographical Coordinates of Localities from Islamic Sources.* - Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften. - Frankfurt am Main 1987. D'autres auteurs maghrebins de la même époque continuent à utiliser les coordonnées géographiques de Ptolémée.

(13) CASTELLO MOXO, F. *Estudios sobre un tratado de Geografía Arabe : el Ḏikr al-aqālīm wa ijtilafuha de Ishaq Ibn al-Hasan Ibn Abi- al Husayn al-Zayyat.* Barcelona, 1989., Kennedy, dans *ses Geographical Coordinates,* utilise un manuscrit inédit, méconnu au moment de la préparation de la thèse de Castello, où figure une table qui compte 298 localités. Le manuscrit édité par Castelló ne contient pas de tables de coordonnées géographiques mais il les présente au fur et à mesure qu'il décrit les villes.

(14) GOLDSTEIN, B.R., *On the Theory of Trepidation According to Thabit b. Qurra and al-Zarqalluh and its Implications for Homocentric Planetary Theory*. "Centaurus" 10 (1964) pp. 232-247. Le modèle de trépidation d'Ibn al-Bannā', de même que celui d'al-Zarqālluh, découle du Liber de Motu octave spere, dont l'attribution à Thābit ben Qurra a été depuis de quelques années mise en doute. Dernièrement, on a tendance à croire qu'il s'est développé sous le mécénat de Sāʿid al-Andalusī. Dans ce modèle, la tête mobile du Bilier se déplace dans un petit épycicle équatorial. L'écliptique mobile se déplace en suivant le mouvement de la tête du Bélier autour de l'épicycle, et c'est l'intersection de l'écliptique mobile avec l'équateur qui détermine la position de l'équinoxe. La distance entre la tête mobile du Bélier et l'équinoxe sera la variable due au mouvement de trépidation qui s'ajoutera ou se soustraira à la longitude si elle est positive ou négative. Lorsque la tête du Bélier mobile coïncide avec le point équinoxial, les longitudes tropiques et sidérées coïncidirant aussi.

(15) MILLAS VALLICROSA, J.M., *Estudios sobre Azarquiel, p. 316*

(16) A ce qu'il semble, il est le premier essai connu pour mettre en pratique un modèle qui paraît être simplement théorique. Bien que Neugebauer décrit ce premier modèle dans *The Astronomical Tables of al-Khwārizmī*, p.183, par rapport à son usage dans une table qui est dans une note marginale du folio 123v, il faut dire que Neugebauer a emploié pour ses calculs les paramètres de ce premier modèle d'al-Zarqālluh. D'autre part, c'est étonnant que trois siècles après al-Zarqālluh l'on continue a employer ce premier modèle, ou bien ses paramètres, autant que dans son traité al-Zarqālluh lui même le considère surpassé par le troisième .

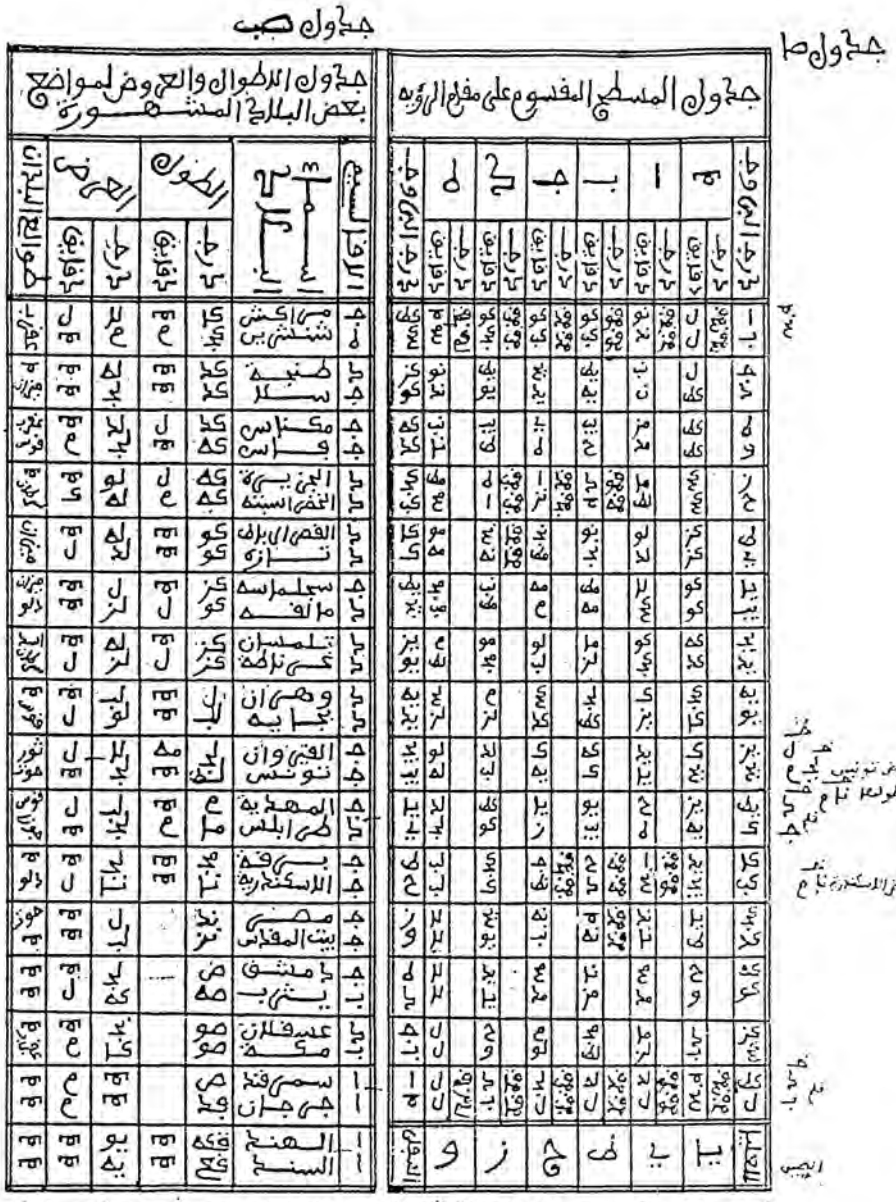
(17) KUNITZSCH, P. *Typen von Sternverzeichnissen in astronomischen handschriften des zehnten bis vierzehnten jahrhunderts.* - Wiesbaden, 1966. - pp. 99-102.

(18) Ms. n° 5311 Bibliothèque *National* de Vienne.

(19) Ms n° 4824. Bibliothèque National de Paris.

(20) VERNET, J. y CATALA; M.A. - *Las obras matematicas de Maslama de Madrid.* - pp.241-271.

(21) Ms. n° 4821 Bibliothèque National de Paris et ms. 2671 Aya Sofya Istamboul. See KUNITZSCH, p. *Two Star Tables from Muslim Spain,* J.H.A., XI (1980) pp.192-196 et *Typen von Sternverzeichnissen...* (Type I et II) pp. 14-22.



جدول صب

جدول صا

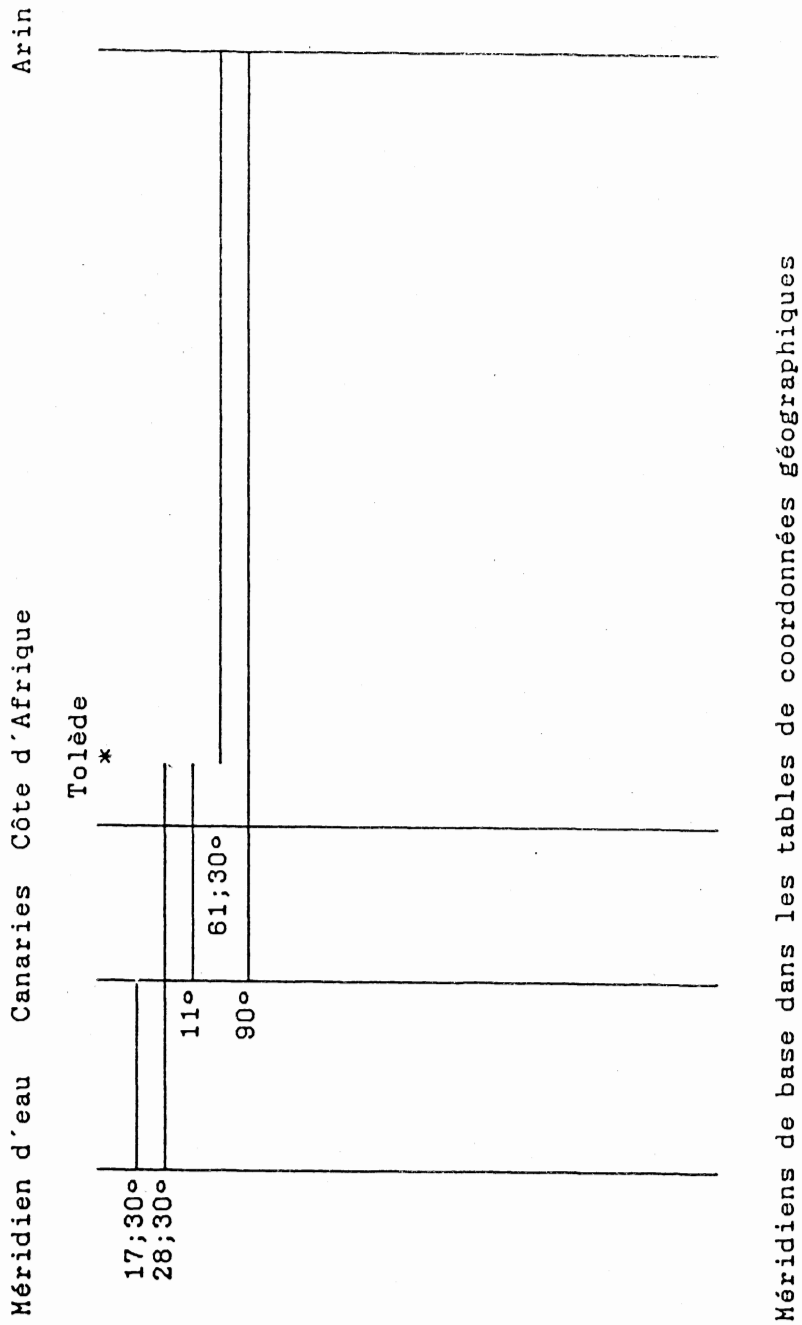
جدول المسطح المقسوم على مقام الرؤية

درج البروج	ه		ا		ب		ج		د		ه		درج البروج
	درج	دقائق	درج	دقائق	درج	دقائق	درج	دقائق	درج	دقائق	درج	دقائق	
ا	ل	ل	نو	نو	كو	كو	كو	كو	كو	كو	ه	ه	كط
ب	ل	ل	نو	نو	كو	كو	كو	كو	كو	كو	ه	ه	كح
ج	ل		ن	ن	يط	يط	يج	يج	يط	يو	نو	نو	كز
د	كط		ن	ن	يه	يه	يد	يد	يو	يو	نو	نو	كو
ه	كط		مز	مز	يب	يب	ي	ي	يب	يط	نب	نب	كه
و	كط		مز	مز	ح	ح	ه	ه	ط	ط	نب	نب	كد
ز	كح		ما	ما	ه	ه	ا	ا	ه	ه	مط	مط	كج
ح	كح		لط	لط	ه	ه	نز	نز	ا	ا	مح	مح	كب
ط	كز		لو	لو	نو	نو	نج	نج	نج	نج	مو	مو	كا
ي	كز		لد	لد	نج	نج	مط	مط	نه	نه	مه	مه	كا
يا	كو		لا	لا	مط	مط	مه	مه	مط	مط	مج	مج	يط
يب	كو		كح	كح	مه	مه	م	م	مه	مه	مب	مب	يج
يج	كه		كو	كو	ما	ما	لو	لو	مو	مو	م	م	يز
يد	كد		كج	كج	لز	لز	لب	لب	مج	مج	لط	لط	يو
يه	كج		ك	ك	لج	لج	كح	كح	م	م	لح	لح	يه
يو	كا		يز	يز	كط	كط	كد	كد	لز	لز	لز	لز	يد
يز	ك		يد	يد	كه	كه	ك	ك	لد	لد	لو	لو	يج
يح	يج		يا	يا	ك	ك	يه	يه	لب	لب	له	له	يب
يط	يز		ح	ح	يو	يو	يا	يا	كط	كط	لد	لد	يا
ك	يه		ه	ه	يب	يب	ز	ز	كو	كو	لج	لج	ي
كا	يد		ا	ا	ح	ح	ج	ج	كج	كج	لب	لب	ط
كب	يج		يح	يح	ه	ه	نط	نط	ك	ك	لب	لب	ح
كج	يا		ند	ند	ه	ه	نه	نه	يج	يج	لا	لا	ز
كد	ط		نا	نا	نه	نه	نب	نب	يو	يو	لا	لا	و
كه	ح		مح	مح	نا	نا	مح	مح	يد	يد	لا	لا	ه
كو	و		مد	مد	مز	مز	مد	مد	يا	يا	لا	لا	د
كز	د		ما	ما	مج	مج	م	م	ح	ح	ل	ل	ج
كح	ب		لز	لز	لط	لط	لو	لو	و	و	ل	ل	ب
كط	ه		لد	لد	لد	لد	لج	لج	د	د	ل	ل	ا
ل	ه		ل	ل	ل	ل	ل	ل	ب	ب	ل	ل	ه
العليا	يا		ي		ط		ح		ز		و		السفلى

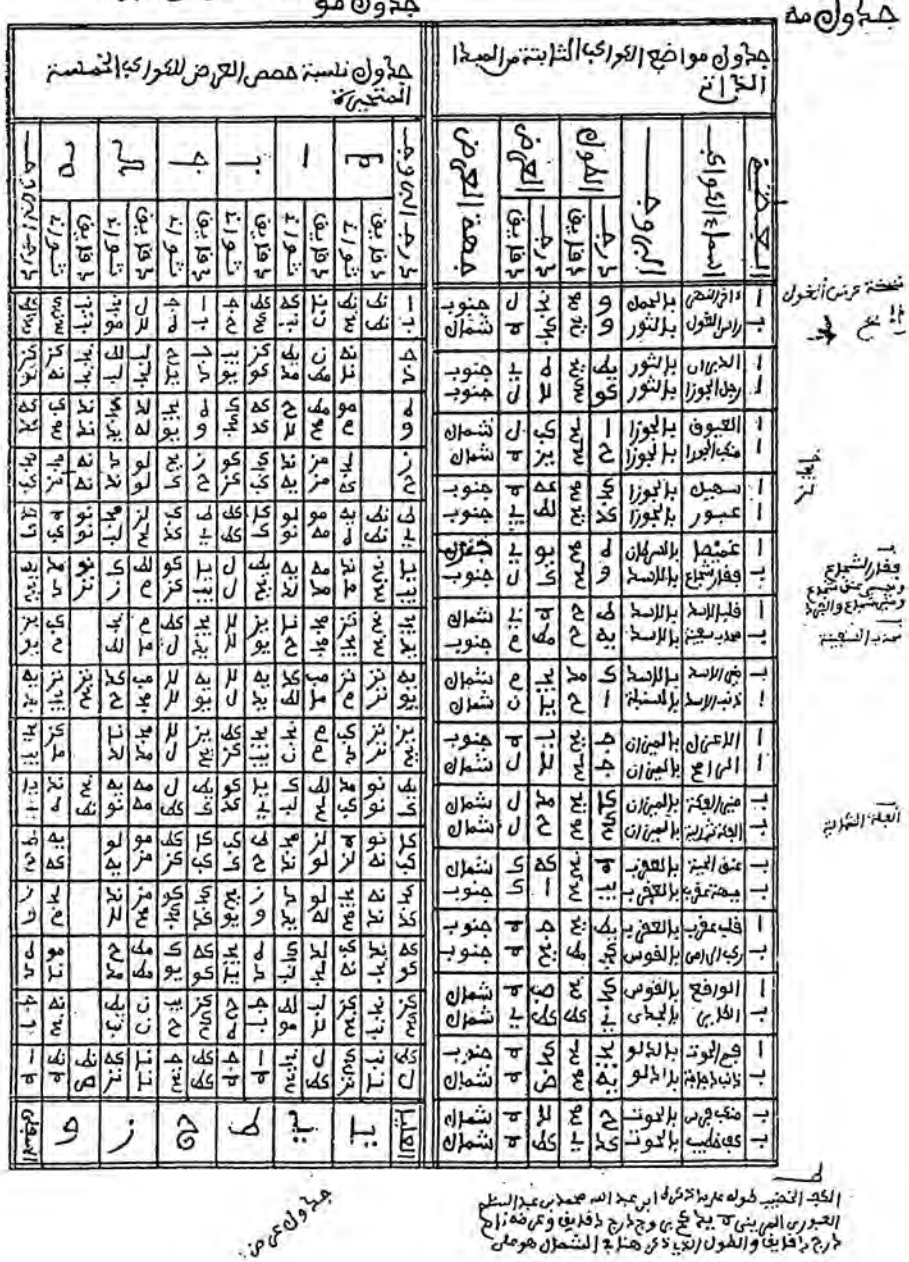
جدول الاطوال والعروض لمواضع بعض البلاد المشهورة

الاقاليم	اسماء البلاد	الطول		العرض		طوالع البلدان
		درج	دقائق	درج	دقائق	
ج	مراكش	كا	ه	لا	ل	عقرب
ه	شنشرين	كج	ه	م	ه	
د	طنجة	كد	ه	له	ه	ه
ج	سلا	كد	ه	لج	ه	ميزان
ج	مكناس	كد	ل	لد	ه	عقرب
ج	فاس	كه	ه	لج	م	قوس
د	الجزيرة	كه	ل	لو	ه	ه
د	الخضراء سبتة	كه	ع	له	ك	كرطان
د	القصر الرباط	كو	ه	له	ه	ميزان
د	تازه	كو	ه	لد	ل	
ج	سجلماسة	كز	ه	ل	ه	ميزان
د	مالقة	كو	ل	لز	ه	دلو
د	تلمسان	كز	ه	له	ه	اسد
د	غرناطة	كز	ل	لز	ل	كرطان
د	وهران	ل	ه	لب	ه	قوس
د	بجاية	لب	ه	لو	ل	
ج	القيروان	لج	مه	لا	ل	ثور
ج	تونس	له	ه	لج	ه	حوت
ج	المهدية	م	ه	لب	ل	قوس
د	طرابلس	ما	ع	لج	ه	جوزا
ج	برقة	مج	ه	لج	ه	ه
ج	الاسكندرية	نا	ه	نا	ل	دلو
ج	مصر	ند		ل	ه	حوت
ج	بيت المقدس	نز		لب	ه	ه
ج	دمشق	ض	...	لج	ه	ه
ب	يثرب	صه		كه	ل	ه
د	عسقلان	صو		نج	ه	عقرب
ب	مكة	صو		كا	ع	
ا	سمرقند	ص		ه	م	ه
ا	جرجان	فد		ه	ع	ه
ا	الهند	قكه	ه	يو	ه	ه
ا	السند	قع	ه	يه	ه	ه

نجز منهاج الطالب في تعديل الكواكب للشيخ الامام العالم العلامة ابي العباس احمد بن محمد بن عثمان الازدي المعروف بابن البنا رحمه الله وقدس روحه وفرغ من نقله مقيدا بالخط ما نقله محمدا ابن احمد المكنى بالطويل من خوز طنجة السوسي الاصيل من شعبان في عام تسع وثلثين وثمانمائة من تاريخ لب وشرع في وقت البداية بنقله في الثاني من رجب من تاريخه بحساب العلامة للشهر والانتهاء منه قبل الظهر كذا الصلاة والسلام ابدا على النبي العربي المعظم احمدا وسلام على المرسلين والحمد لله رب العالمين



Méridiens de base dans les tables de coordonnées géographiques



Transmisión de errores en las latitudes estelares.

Estrella nº		Ptolomeo	Maslama	Azarquiel (ms. Viena)	Azarquiel (azafea)	Ibn al-Kammād	Abū ºAlī al-Marrākushī	Ibn al-Bannā´
1	θ Eri	-53;30	----	-53;30	----	-13;30	-13;20	-13;30
12	χ Car	69;40	----	49;40	----	24;40	----	49;40
18	β Lib	8;50	----	8;50	8;30	8;30	8;50	8;30
21	α Sco	-4;00	-4;00/-3;00	-4;00	-3;00	-3;00	-4;00	-3;00
25	α PsA	-20;20	----	-23;00	-23;00	-23;00	-23;00	-23;00
28	β Cas δ Peg/α And	26;00	29;00	26;00	26;00	29;00	26;00	2[illegible];00

The accession and recession theory in al-Andalus and the north of Africa[1]

This paper attempts to give an account of the 'accession and recession' models developed in al-Andalus and their influence on the later astronomers in al-Andalus and the north of Africa.

According to the accession and recession theory, which had its origins in the Classical world and had had an influence on Indian astronomy, throughout the course of history the equinoctial points had shown a very slow backward and forward movement due to which the precession value could be sometimes negative and sometimes positive.

This theory had been described qualitatively on several occasions before the first half of the tenth century, when Ibrāhīm b. Sinān (908-946) devised the first geometrical model of it in his *Kitāb fī ḥarakāt al-shams*.[2]

The first significant reference in al-Andalus appears to be a statement in the *Ṭabaqāt al-umam* by qāḍī Ṣā'id al-Andalusī (d. 1070).[3] According to him, a model involving the accession and recession theory (*iqbāl wa-idbār*) was introduced in al-Andalus through the *Kitāb naẓm al-'iqd* by Ibn al-Adamī (949).

Ṣā'id states that he studied the subject, as did Abū Marwān al-Istijī, another astronomer belonging to his group. Ibn al-Hā'im (fl. ca. 1205)[4] also tells us that

1. This paper has been written as part of a research programme on 'Astronomía teórica y tablas astronómicas en al-Andalus en los siglos X y XI' sponsored by the (Spanish) Dirección General de Investigación Científica y Técnica (project no. P. B91-0246)

2. Sa'idan, A.S., *Rasā'il Ibn Sinān*, Kuwait, 1993, pp. 274-304.

3. Ṣā'id al-Andalusí, *Kitāb Ṭabaqāt al-umam*, translation by R. Blachère (*Livre des Catégories des Nations*), Paris, 1935, p. 114. Edition by H. Bū'alwān, Beirut, 1985, pp. 146-147.

4. Ms. Bodleian Library (Oxford), II, 2 n. 285 (Marsh 618), fol. 8v.

Abū Marwān al-Istijī had written a *Risālat al-iqbāl wa-l-idbār*, which, as far as we know, has been lost.

// For his part, al-Bīrūnī, in his *Kitāb al-athār al-bāqiya*,[5] states that a good description of the accession and recession model can also be found in the *Zīj al-ṣafā'iḥ* by al-Khāzin.[6] This book, until now believed lost, seems also to have included the first description of the equatorium. If it indeed reached al-Andalus, this would also explain the introduction of this astronomical instrument in the Iberian Peninsula.

The first documentation that we know of the Toledan astronomers' work on this subject are the tables found in the *Toledan Tables*[7] which are also found in some of the manuscripts of the *Liber de motu octave spere*,[8] probably the result of the Toledan astronomers' work.[9]

The model (fig. 1) is already well known and has been studied by R. Mercier.[10] I will describe it briefly in order to introduce the different tables implied in this model. On the small equatorial epicycle BB_1B_2 whose center is (*A*) point (*B*) rotates with a uniform motion producing an angle with the equator called (*i*). When point (*B*) called 'the moving head of Aries', rotates, it carries with it a moving ecliptic which always passes // by point (*C*). The intersections of this moving ecliptic with the equator are the equinoctial points (*E*) and the accession or recession produced by the accession and recession movement are the corresponding arcs (*BE*) between the different points (*B*) and the corresponding points (*E*). The problem is to compute arc (*BE*) for any value of angle (*i*). Obviously, there is another equatorial epicycle distant 180º from *A*, around which the moving head of Libra rotates.

5. *Chronologie orientalischer Völker von Alberuni*, Ed. E. Sachau, Leipzig, 1923, p. 326 .

6. There is recent news pointing to the existence of a copy in India.

7. Toomer, G.J., 'A Survey of the Toledan Tables', *Osiris* 15 (1968), pp. 15-174, esp. 118-122.

8. Neugebauer, O., 'Thābīt ben Qurra, "On The solar Year" and "On the Motion of the Eighth Sphere"', *Proceedings of the American Philosophical Society* 106 (1962), pp. 290-299 and Millás Vallicrosa, J.M., *Estudios sobre Azarquiel*, Madrid-Granada, 1943-50, pp. 496-509; Goldstein, B.R, 'On the Theory of Trepidation According to Thābit b. Qurra and al-Zarqālluh and its Implications for Homocentric Planetary Theory', *Centaurus* 10 (1964), pp. 232-247; Dobrzycki, J., 'Teoria precesji w astronomii sredniowiecznei', *Studia i Materialy Dziejow Nauki Polskiej*, Seria Z. Z. 11 (1965), pp. 3-47; North, J., 'Medieval Star Catalogues and The Movement of the Eighth Sphere', *Archives Internationales d'Histoire des Sciences* 17 (1967), pp. 73-83; Mercier, R., 'Studies in the Medieval Conception of Precession', *Archives Internationales d'Histoire des Sciences* 26 (1976), pp. 197-220 and 27 (1977), pp. 33-71.

9. Samsó, J., *Las Ciencias de los Antiguos en al-Andalus*, Madrid, 1992, pp. 222-225, 239-240.

10. Cf. note 8.

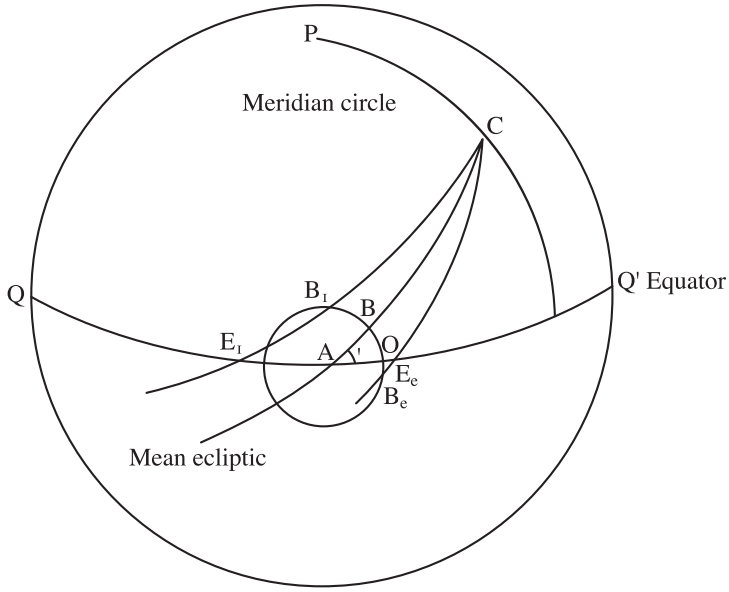


Figura 1

The *Toledan Tables* and the *Liber* present the following three tables:

1) A table allowing the calculation of the value of angle (*i*) for a specific moment.

2-3) Two tables which allow the calculation of the increase of longitude (*P*) corresponding to a determined (*i*) by two different // procedures: The first gives directly the increase of longitude as a function of (*i*) and the maximum value of the increase of longitude, and the second calculates the declination of point (*B*) as a function of (*i*) and of the radius of the small epicycle. This table should be used in combination with a declination table.[11]

This model has two objectives. It tries to justify the different values of the precession of the equinoxes as well as the secular decrease of the obliquity of the ecliptic.

Azarquiel, in his treatise on the motion of the fixed stars,[12] written around 1085, devises three different models, which have recently been studied by J. Samsó.[13]

Azarquiel's third model is basically similar to that of the *Liber* although, from a practical point of view, it introduces some important changes. Apart from the

11. Goldstein explains both procedures in this paper *On the theory of trepidation*.

12. Cf. Millás Vallicrosa, J.M., *Estudios sobre Azarquiel*, pp. 250-343

13. 'Trepidation in al-Andalus in the 11th Century' —Islamic Astronomy and Medieval Spain—. Variorum Reprints (Aldershot, 1994), viii.

fact that the parameters are not the same, the most important difference is that in his model Azarquiel considers the movements of accession and recession and obliquity of the ecliptic to be independent although related.

Thus two different kinematic models are required, one for accession and recession and another for obliquity.

Azarquiel gives only indirect evidence (presence of tables, results obtained) about which of the three models is the best. Ibn al-Hā'im,[14] however, explains that the Toledan astronomers devised three different models which account for this theory, but that all of them agree that only one of these models is consistent with the observations. Then he explains Azarquiel's third model in detail, including the model which accounts for the different obliquities of the ecliptic.

Azarquiel gives tables only for his third model:

1) Mean motion of the head of Aries.
2) // Second access or equation of the diameter ($BG = r$ - cos i).
3) Inclination of the beginning of Aries (δ).

In order to calculate the distance (*BE*), that is to say, the increase or decrease in longitude due to the accession and recession movement, Azarquiel does not use a table, as the author of the *Liber* does, but an indirect method described in his Book on the Fixed Stars and established by B.R. Goldstein.[15]

Once the value of angle (i) has been established using a first table like that in the Toledan Tables, another table allows the calculation of the declination of point (*B*), and after that the following formula must be employed:

$$\sin \Delta\lambda = \sin \delta / \sin \varepsilon$$

So, in order to calculate the accession and recession value, the value of the obliquity must first be determined.

Azarquiel's model for the obliquity of the ecliptic (fig. 2) consists of:

a) a deferent circle, with radius 23;43°
b) a small epicycle, with radius 0;10°, and its center on the deferent circle.

14. F. 24r.
15. Cf. note 8.

The center of the epicycle moves, according to Goldstein, along a limited arc of its deferent. At the same time, a point of the epicycle (*C*), corresponding to the pole of the ecliptic, rotates about its center with a uniform motion.

In this model, obliquity is easily determined because it is equal to the distance between the pole of the equator and the pole of the ecliptic, that is to say (*OC*).

Since the radii are 23;43° and 0;10°, obliquity will vary between 23;33° for Azarquiel's time and 23:53° for a moment before Ptolemy's time.

Then, in stark contrast to the cumbersome calculations that the model of the *Liber* entails, the obliquity of the ecliptic is determined simply in Azarquiel's model using the following tables:

1) Mean motion of the pole of the ecliptic.
2) // Table giving the different values for the obliquity of the ecliptic for any position of the pole of the ecliptic.

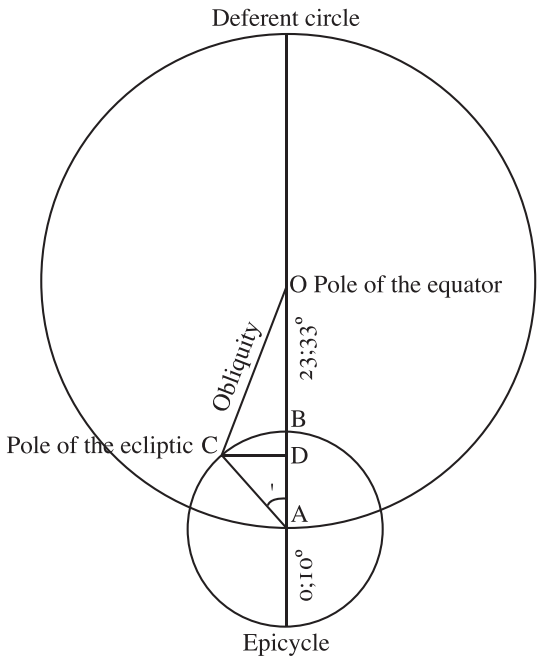


Figura 2

In order to examine the influence of these models on subsequent astronomers in al-Andalus and North Africa, I have studied the fallowing *zījes* produced in these areas.

From the Iberian Peninsula:

- // *al-Zīj al-Muqtabis* by Ibn al-Kammād (c. 1116-1 1117).[16] Although Ibn al-Kammād, probably a direct disciple of Azarquiel, wrote three *zījes*, only a Latin translation of *al-Muqtabis*, a compilation of his two previous *zījes*, *al-Kawr 'alā-l-dawr* and *al-Amad 'alā-l-abad*, is still extant.
- *al-Zīj al-Kāmil fī-l-ta'ālīm* by Ibn al-Hā'im al-Ishbīlī (c. 1205).[17] It contains a detailed analysis of the observations and theoretical achievements of the Toledan astronomers of the eleventh century, although it has no tables.
- The two *zījes* by Ibn al-Raqqām (1315): *al-Zīj al-Shāmil fī tahdhīb al-Kāmil*[18] and *al-Zīj al-Qawīm fī funūn al-ta'dīl wa-l-taqwīm*.[19] This astronomer, probably born in Murcia (al-Andalus), lived in Tunis and Bejaia and died in Granada. According to him, his *al-Zīj al-Shāmil* is an attempt to provide tables for *al-Zīj al-Kāmil* by Ibn al-Hā'im, which apparently has none.[20]
- The *Tables of Barcelona*, by two Christian astronomers, Pere Gilbert and Dalmau Ses Planes and one Jew, Jacob Corsino, all of whom worked for King Peter the Ceremonious (14th c.).[21]

From the North of Africa:

- // The *zīj* by Ibn Isḥāq al-Tunisī (c. 1203).[22] This astronomer was born in Tunis, but worked in Morocco. Ibn Khaldūn says that his *zīj* was extremely popular during the fourteenth century in the Maghrib. The extant copy is a compilation which includes different materials from al-Andalus astronomers such as Azarquiel, Ibn al-Kammād, etc.

16. Ms. 10023 National Library (Madrid). Cf. Chabás, J., Goldstein, B.R., 'Andalusian astronomy: al-Zīj al-Muqtabis of Ibn al-Kammād', *Archive for History of Exact Sciences*, V, 48, n. 1 (1994), pp. 1-41.

17. Cf. note 4.

18. Ms. 249 Kandilli Museum (Istanbul).

19. Ms. 260 General Library (Rabat).

20. Cf. M. Abdulrahman's paper in this volume entitled 'Ibn al-Hā'im's zīŷ did have numerical tables'.

21. Millás Vallicrosa, J.M., *Las Tablas astronómicas del rey D. Pedro el Ceremonioso*, Madrid-Barcelona, 1962, pp. 190-195.

22. Ms. Hyderabad Andra Pradesh State Library n. 298. We owe a photocopy of this manuscript to the kindness of Prof. D. King. Cf. A. Mestres' paper in this volume entitled 'Maghribī Astronomy in the 13th Century: a Description of Manuscript Hyderadad Andra Pradesh State Library 298'.

- The *Minhāj al-ṭālib fī ta'dīl al-kawākib* by Ibn al-Bannā' al-Marrākushī (1256-1321).[23] Ibn al-Bannā' himself says that he wrote this *zīj* following Ibn Isḥāq al-Tūnisī's method.
- The *Kitāb Jāmi' al-mabādi' wa-l-ghayāt* by Abū'l-Ḥasan al-Marrākushī (end of the thirteenth century).[24] The very same author says that he followed the work or Azarquiel and Ibn al-Kammād.
- The versified *zīj* by Abū'l-Ḥasan 'Alī b. Abī 'Alī al-Qusunṭīnī, written in Fes around the middle of the fourteenth century.[25]
- The *zīj al-Muwāfiq*, written in Fez, probably by Ibn 'Azzūz al-Qusunṭīnī (d. 1354).[26]

Although the influence of Azarquiel can be seen in other astronomers from al-Andalus and the North of Africa, the ones that I have just mentioned are the most important, in particular as far as the transmission of his kinematic models is concerned. However, the method that these astronomers use to calculate the accession and recession value is different from Azarquiel's, though the parameters often derive directly from him.

// The tables, according to this new method, are the following:

1) a table which calculates the motion of point B on its epicycle, like the one in Azarquiel's book.
2) a table which computes the distance between the moving head of Aries and the equinox, that is to say, the increase or decrease of the longitude due to accession and recession.

As we can see, using these tables, we can obtain the different values of accession and recession directly, without having to carry out any of the calculations needed in Azarquiel's method.

As far as the first table is concerned, the parameters used by the different astronomers derive from Azarquiel's tables, although there are some differences.

23. Arabic ms. without number, Naval Museum (Madrid).

24. Sédillot, J.J. and L.A., *Traité des instruments astronomiques des Arabes*, translation of the *Jāmi' al-mabādi' wa-l-ghāyāt*, Paris, 1834 (facsimile edition, Frankfurt, 1984).

25. Kennedy, E.S. and King, D.A., 'Indian Astronomy in Fourteenth Century Fez; The versified *zīj* of al-Qusunṭīnī', reprint in King, *Islamic Mathematical Astronomy*, London, 1986, viii.

26. General Library D2461/6 and Ḥasaniyya 10276 (Rabat).

For instance, the values for the radix position, corresponding to the beginning of the *Hijra*, have been slightly modified.

Azarquiel and Ibn al-Kammād	3;51,11°
al-Marrākushī	3;51°
Ibn'Azzūz al-Qusunṭīnī	3;51.21°
Ibn al-Bannā', Ibn Isḥāq, Ibn al-Raqqām (al-Shāmil), Ibn al-Raqqām (al-Qawīm)[27] and Abū'l-Ḥasan al-Qusunṭīnī	3;53,55°

However, as H. Mielgo[28] has shown, what is surprising is that in his Book on the Fixed Stars Azarquiel seems to use two different parameters simultaneously: 0;0.0,54,56,59,24,2°/day for Arabic years and // 0:0,0,54,57,17,38,4°/day for Persian and Julian years, and also that this originated two different traditions among his followers. Ibn al-Hā'im, for his part, also uses a couple of slightly different parameters; 0;0,0,54,57,2,43° /day for Arabic years and 0;0,0,54,57,2,41°/day for Persian and Julian years. However, the difference in Azarquiel's parameters could be due to computation. For instance, if we use an Arabic year of 354 10/30 instead of 354 11/30 we achieve a daily value for Arabic years of 0:0,0,54,57,18,0°, equal to the daily value for Persian and Julian years if we round them up to five fractions. And, as we can see if we round up Ibn al-Hā'im's values to five fractions, the daily value for Arabic year also equals the daily value for Persian and Julian years The fact that the tables for *mabsūṭa* Arabic years are calculated for mean years and do not use any of the intercalation systems also shows that we are dealing with tables which are not extremely accurate.

27. In spite of the fact that the values stated in the table are 3;53,59° and 3;53,46°, the value added to the years *majmū'a* is 3;53,55°.

28. Cf. his paper in this volume entitled 'A Method of Analysis for Mean Motion Astronomical Tables'.

The following table gives the recalculated interval estimation of the daily parameter computed using H. Mielgo's program, except for the case of Ibn al-Hā'im, where the parameter stated in the text is used.

Azarquiel (Arabic years)	0;0,0,54,56,59,24,2,50,40° 0;0,0,54,56,59,24,2,50,44°
Ibn al-Kammād	0;0,0,54,56,57,42,10° 0;0,0,54,56,57,59,6°
al-Marrākushī	0;0,0,54,56,57° 0;0,0,54,57,1°
Barcelona Tables[29]	0;0,0,54,56,55° 0;0,0,54,59,52°
Ibn al-Hā'im (Arabic years)	0;0,0,54,57,2,43°
Ibn al-Hā'im (Julian & Persian years)	0;0,0,54,57,2,41°
// Azarquiel (Julian & Persian years)	0;0,0,54,57,17,38,4,6° 0;0,0,54,57,17,38,4,15°
Ibn Isḥāq	0;0,0,54,57,17,27° 0;0,0,54,57,17,34°
Ibn al-Bannā'	0;0,0,54,57,17,43° 0;0,0,54,57,17,47°
Ibn al-Raqqām	0;0,0,54,57,17,27° 0;0,0,54,57,18,23°
Ibn 'Azzūz al-Qusunṭīnī	0;0,0,5,54,57,12° 0;0,0,5,54,57,18°

29. The values of this table are for Julian Years and rounded up to minutes.

There are several small differences, mainly in the arrangement of the table, the rounding off of the values, the inclusion or not of the radix position, etc. However, leaving aside the *Barcelona Tables*, where the values rounded off to minutes do not allow for any exactitude, and Abū'l-Ḥasan al-Qusunṭīnī. whose table is completely different,[30] it can be said that Ibn al-Kammād, al-Marrākushī and Ibn al-Hā'im follow Azarquiel's table for Arabic years, while Ibn Isḥāq, Ibn al-Bannā', Ibn al-Raqqām and Ibn 'Azzūz al-Qusunṭīnī follow his table for Persian and Julian years, although adapted to Arabic years.

The second table is not found in Azarquiel's book. As we have seen, he determines the accession and recession value using a formula involving the obliquity of the ecliptic.

If we compare the values for the maximum distance between points B and E obtained using Azarquiel's method with the ones stated in the tables, we can see the following:

Liber de Motu	10:45°
// Azarquiel (1st model/A)[31] Azarquiel (1st model/B)	9;46,54° 10;56°
Azarquiel (2nd model/A) Azarquiel (2nd model/B) Azarquiel (3rd model)	10:26,10° 9;53,10° 10;23,29°
Ibn al-Kammād, al-Marrākushī, Barcelona Tables and Ibn 'Azzūz al-Qusunṭīnī	9;59°
Ibn Isḥāq, Ibn al-Bannā' and Ibn al-Raqqām (al-Shāmil)	10;24°
Ibn al-Raqqām (*al-Qawīm*)[32] and Abū'l-Ḥasan al-Qusunṭīn	10;40°

30. In this table, the daily value is around 0;0,0,53,10° instead of 0;0,0,54,57°.

31. Azarquiel gives his first and second model two different set of parameters represented here by letters A and B.

32. A correction to 10;40,13° or 10;40,43° appears in *al-Qawīm*, p. 86.

Ibn al-Kammād, al-Marrākushī, the *Barcelona Tables* and Ibn ʻAzzūz al-Qusunṭīnī thus share the same parameter, although it is not clear which formula it implies nor from which of Azarquiel's models it derives. On the other hand. Ibn Isḥāq. Ibn al-Bannā' and Ibn al-Raqqām. in his al-*zīj al-Shāmil*, follow Azarquiel's third model; however, the same Ibn al-Raqqām in his *al-Qawīm* and Abū'l-Ḥasan al-Qusunṭīnī use a different value. These differences may be due to the use of different models or different parameters.

What is more, Ibn al-Raqqām's *al-Zīj al-Shāmil*, besides the abovementioned table giving the distance between *B* and *E* directly, has another table allowing the calculation of the value of the declination, which is equal to Azarquiel's table and has the same values.

// The fact that Ibn al-Raqqām sets the obliquity at 23;32,30° in some of the tables of *al-Shāmil* —for instance in the table giving the different values for the obliquity of the ecliptic for any position of the pole of the ecliptic (a value which was already found in Ibn Isḥāq's *zīj*) instead of 23;33° (Azarquiel's value)— implies that the maximum distance between *B* and *E* will be 10;23,42°, using the table found in Azarquiel's book, which is still closer to the 10;24° given using the new method. However, in his *al-Zīj al-Qawīm* and in some tables of the al-*Zīj al-Shāmil*, as in the table for the solar declination, the obliquity for Ibn al-Raqqām is 23;32,40°;[33] this new value may account tor the difference found in the maximum distance between points *B* and *E*.

Ibn al-Hā'im, in his *al-Zīj al-Kāmil*,[34] states that he is of the opinion that it is impossible to prepare a table that is valid for any time, and gives the distance between *B* and *E* directly, due to the different velocities of the moving head of Aries and of the pole of the ecliptic. But he also says that some later astronomers have done it, and mentions Ibn al-Kammād and his followers, adding that Ibn al-Kammād's error is to think that the two periods coincide.

Therefore, it seems that the first astronomer to prepare this table was Ibn al-Kammād; Ibn Isḥāq, following him, probably prepared another table based on the third model.

Nonetheless, Ibn al-Hā'im[35] explains how to use a table giving directly $\Delta\lambda$, but argues that if the mean motion surpasses 180°, the result will only be approximate; he explains later on[36] how to calculate it exactly, using the same formula as Azarquiel.

33. A value which is also found in Ibn al-Raqqām's *Risāla fī ʻilm al-ẓilāl*. Cf. the edition and study by Carandell, J., Barcelona, 1988, pp. 57, 113, 132 and 214.

34. F. 27r-28r.

35. F. 35v-36r.

36. F. 82r-v.

As far as the obliquity of the ecliptic is concerned, as we know, in the *Liber de motu* there are no tables to calculate it, cumbersome calculations are required to obtain it.

We have also seen that Azarquiel devised a new model which // makes this value independent of accession and recession. As we have seen, the tables involved in Azarquiel's model are two. However, we find these tables only in the *zījes* by Ibn Isḥāq, al-Marrākushī, Ibn al-Raqqām (al-*Zīj al Shāmil*) and they are also mentioned in Ibn al-Hā'im's *al-Zīj al-Kāmil*.

In fact, as I have mentioned before, Ibn al-Hā'im criticized Ibn al-Kammād, amongst other things, for believing that the movement in the two epicycles (accession and recession and obliquity) was the same and, for this reason, he only calculated one table for both movements.

Maybe this is why this table is not found in some of the *zīj*es. Another reason could be that with the new method, it is not necessary to know the value of the obliquity in order to determine the increase or decrease of the longitude due to the accession and recession movement.

As far as Ibn al-Kammād's error is concerned (the motion in the two epicycles being the same), I have to say that, up to this moment, it has not been confirmed either in the canons of *al-Muqtabis* or in the quotations in Ibn Isḥāq's *zīj*. Although, from both sources it is also impossible to deduce the contrary, as Ibn al-Kammād only says that the two movements cannot be separated. Unfortunately, at least for the moment, no more information is available, and so this question will remain unanswered.

Concerning the tables used for the computation of the obliquity of the ecliptic, the first table, which accounts for the uniform motion of the ecliptic pole, shows a number of differences between the above mentioned *zījes*. First of all, and once again, the radix value for the Hijra is different, although it can he explained, at least in the case of Ibn Isḥāq and Ibn al-Raqqām, by the fact that for them, the movement is slower than for Azarquiel:

Azarquiel	9^s 25;14,13°
Ibn Isḥāq and Ibn al-Raqqām	9^s 11;14,44°
al-Marrākushī	9^s 8;6°

Secondly, the table by al-Marrākushī corresponds to that of Azarquiel, but the values have been rounded off to minutes.

// Finally, Ibn Isḥāq and Ibn al-Raqqām have the same table, but the parameter implicit in this table is different from Azarquiel's. The daily velocity of the pole of the ecliptic is:

Azarquiel and al-Marrākushī	0;0,1,55,4,45°
Ibn al-Hā'im	0;0,1,44,49°
Ibn Isḥāq and Ibn al-Raqqām	0;0,1,18,54,15°

A consequence of this gradual deceleration is that to make a complete revolution, the ecliptic pole needs:

1850 Julian years for Azarquiel and al-Marrākushī
2032 Julian years for Ibn al-Hā'im
2698 Julian years for Ibn Isḥāq and Ibn al-Raqqām

This is probably due to the fact that the observed value of the obliquity was still decreasing and so, although the model was still valid, the velocity must be slower in order to justify the new values, found, for instance, in Ibn Isḥāq's *zīj*, and in some tables of Ibn al-Raqqām, where the obliquity is 23;32,30°.

The second table, which allows the computation of the obliquity of the ecliptic, could have been calculated exactly by solving a spherical triangle *OCA* (fig. 2) where:

$$\cos OC = \cos AC + \cos OA + \sin AC \sin OA \cos i \quad |1|$$

$$AC = 0{:}10^\circ$$
$$OA = 23;43^\circ$$

Or, approximately, by solving the plane triangle *OCD*, where:

$$OC = (OD^2 + CD^2)^{1/2} \quad |2|$$
$$OD = OB - BD = 23{:}43^\circ - 0;10^\circ \cos i \quad |3|$$
$$// \; CD = 0;10^\circ \sin i$$

However, if we analyze the tables, we see that all of them, in spite of the different parameters used, calculate [3] —that is to say not the different positions of the pole of the ecliptic in the small epicycle, but these positions projected in the radius of the epicycle— perhaps because the difference is very small (a maximum of 2").

Ibn al-Hā'im,[37] however, gives a theoretical demonstration of how the real distance between the two poles can he determined.

In addition, Ibn Isḥāq calculates what he calls 'minutes of the difference', which seem to be an interpolation table, whose implied formula must be:

$$d = (OC - 23;32,30^{o})3$$

The difference varies from 0' for the minimum obliquity (ε = 23:32.30°) and 20' for the maximum (ε = 23;52,30°) and the aim is to convert this difference into base 60 so that the function oscillates between 0' and 60'. for the minimum and maximum obliquity, having then the values corresponding to the minutes to interpolate between degrees.

In conclusion, as far as accession and recession and obliquity of the ecliptic are concerned, Azarquiel's influence on the later astronomers of al-Andalus and North Africa has two different branches: on the one hand, Ibn al-Kammād, al-Marrākushī and the *Tables of Barcelona*, and on the other, Ibn Isḥāq, Ibn al-Bannā', Ibn al-Raqqām and Abū'l Ḥasan al-Qusunṭīnī. Ibn 'Azzūz al-Qusunṭīnī and Ibn al-Hā'im share features with both groups, although Ibn al-Hā'im seems to he more critical and more than once modifies the parameters in order to achieve better results according to the observations.

37. F. 81r-v.

Ibn al-Hā'im's Trepidation Model[1]

Table of contents

I Introduction 293

1. Generalities. 293
2. Aim of the paper. 297
3. Structure of the paper. 298
3.1 Edition of the text. 298
3.2. Commentary. 298
3.3. Sections of the book edited and commented. 299

II Commentary 300

1. Ibn al-Hā'im's sources on trepidation and obliquity of the ecliptic: the "Liber de Motu" and Azarquiel's "Book on the Fixed Stars". 300
2. On the errors detected by Ibn al-Hā'im in Ibn al-Kammād's "al-Kawr ᶜalā al-Dawr" and "al-Muqtabas". 306
2.1. A further commentary on the errors that Ibn al-Hā'im attributes to Ibn al-Kammad. 315

[1] This paper was written as part of a research programme, entitled *Astronomical Theory and Tables in al-Andalus and al-Maghrib between the twelfth and fourteenth centuries,* funded by the "Dirección General de Investigación Científica y Técnica" of the Spanish "Ministerio de Educación y Ciencia".

3. On the errors detected by Ibn al-Hā'im in "al-Zīj al-Muntakhab". 318
4. On the construction of correct tables for this motion. 323
5. On the description of the accession and recession and obliquity models. 329
6. On the parameters of the motion of the Head of Aries and the Pole of the Ecliptic. 337
7. On the impossibility of constructing an everlasting table to determine $\Delta\lambda$. 344
8. On how to determine ϵ *using the corresponding tables.* 346
9. On how to determine $\Delta\lambda$ *using the corresponding tables.* 347
10. On how to determine the minimum obliquity from an observed obliquity. 348
11. On how to determine the obliquity (ϵ) *corresponding to a given moment.* 351
12. On the knowledge of "al-iqbāl al-awwal". 352
13. On the knowledge of "al-iqbāl al-thānī". 356
14. On the knowledge of "al-iqbāl al-thānī" between two given positions of the Head of Aries. 359

III Conclusions 360

1. General conclusions. 360
2. Ibn al-Hā'im and Azarquiel. 361
3. Ibn al-Hā'im and Ibn al-Kammād. 362
4. Ibn al-Hā'im and the anonymous version of Ibn Isḥāq al-Tūnisī's "zīj". 363
5. Ibn al-Hā'im and Ibn al-Raqqām. 364

IV Appendix 366

1. Edition of the sections of the text dealing with trepidation of the equinoxes and obliquity of the ecliptic. 366

V References 399

I Introduction

1. Generalities.

The aim of trepidation models was to account for two phenomena that puzzled medieval astronomers: the secular decrease of the obliquity of the ecliptic, and the apparent changes in the velocity of precession over the years[2].

As far as we know, the first theory that attempts to explain the phenomena is found in the *Small Commentary to the Handy Tables* by Theon of Alexandria (4th c.)[3]. Theon's simple original theory, which later on developed into much more complicated models, was based on the belief in a backward and forward motion of the equinoctial points along an arc of 8° at a rate of 1°/80 years, due to which the value of the precession of the equinoxes was sometimes negative and sometimes positive. It seems that the origins of these 8° and of the theory of a linear zig-zag function are to be found in ancient Babylon. Theon attributes the theory to the "ancient astrologers", a term that was translated in Arabic works as "Ahl al-ṭilasmāt". Theon's words were often reproduced, in various ways, by the Arabic sources in which the theory was developed.

According to J. Ragep[4], al-Battānī played a central role in its development. Following earlier Islamic authors of the 9th century, he made a reinterpretation of the theory described by Theon and provided the framework within which later models would develop.

We can identify two different approaches: the Eastern approach due to Ibrāhīm b. Sinān b. Thābit b. Qurra (*Kitāb Ḥarakāt al-Shams*) and Abū Jaᶜfar al-Khāzin (*al-Zīj al-Ṣafā'iḥ*), both from the 10th century, and the Western one, mainly represented by the *Liber de Motu Octave Spere*, whose date of composition is not known; the trepidation tables found in the

[2] A full account of the most recent bibliography on this subject is to be found in J. Samsó [1992:219-225] and [1994:VIII,1-31], J. Ragep [1996:267-298], R. Mercier [1996:299-347], and M. Comes [1996:349-364].

[3] See A. Tihon [1978:236-237/319].

[4] See J. Ragep [1996:271-295].

Toledan Tables[5]; and the work of Azarquiel[6] and his followers, from 11th century onwards[7]. The main difference is that while in the *Kitāb Ḥarakāt al-shams* and in *al-zīj al-Ṣafā'iḥ* we find just purely geometrical demonstrations without parameters, in the Western authors there is a complete set of parameters as well as tables to compute the position of the Head of Aries and the obliquity of the ecliptic for any desired moment.

To this, it should be added that in the trepidation theories of the Ancients, the solstitial points are the fixed reference. The same occurs in the aforementioned works of Sinān b. Thābit[8] and al-Khāzin[9]. In Zarqāllian and Andalusian models, the reference system is defined by the equinoctial points.

Andalusian models were probably reelaborations of these earlier Eastern models with the attribution of parameters that accounted for the differences found by the observations. In fact there is a paragraph in Azarquiel's introduction to his *Book on the Fixed Stars* where there seems to be an indirect reference to Thābit. Azarquiel[10] states that the previous authors did not pursue the subject of the motion of the fixed stars further because reliable observations of earlier astronomers were not available to them.

According to J. Ragep, presumably "one of Thābit's reasons for writing Isḥāq[11] was to ascertain if he knew of any observation of the sun between

[5] See G.J. Toomer [1968:118-122].

[6] Following J.M. Millás [1943-1950], I use the Spanish form *Azarquiel*, deriving from the Arabic *walad al-Zarqiyāl*, documented by Ṣāᶜid al-Andalusī [2:138-139/3:180-181].

[7] See chapter 1 of the following commentary.

[8] See Saᶜidān [1983].

[9] Ms. Asrinagar, 314. We owe a photocopy of the manuscript to the kindness of Professors Ansari and King. This *Zīj al-Ṣafā'iḥ* is mentioned by al-Bīrūnī in his *Kitāb al-Athār al-Bāqiya* [1:326] as containing a good description of an accession and recession model.

[10] J.M. Millás [1943-1950:278].

[11] He is referring to a scientific epistle that Thābit wrote to Isḥāq b. Ḥunayn, the well-known physician and translator from Greek into Arabic, kept in Ibn Yūnus's *al-Zīj al-Ḥākimī*.

Ptolemy and their own time" in order to test whether trepidation could account for "the differences between the *Mumtaḥan* results and those of Ptolemy to a generalized phenomenon affecting all the stars"[12]. Furthermore, Thābit ends the letter saying that he has not communicated his studies on that respect to anyone "even if many have asked me for it, particularly because they are not found on something precise, but I establish now the point to which the question has evolved, from Ptolemy to this time epoch which is ours"[13].

Azarquiel also criticizes the efforts of previous Andalusian astronomers, especially Ibn al-Samḥ (d. 1035)[14]. Indeed he seems to feel a particular animosity towards Ibn al-Samḥ, because similar negative judgements are also found in an indirect reference in his book on the use of the equatorium[15].

However, the fact that we find here a statement affirming that Ibn al-Samḥ had reached an understanding of the motion of the fixed stars, albeit incomplete, raises the possibility that he was the author of the model of the *Liber de Motu*, on which Azarquiel based his own models. Moreover, in Ṣāᶜid's *Ṭabaqāt*[16], Ibn al-Samḥ is described as a specialist in mathematics and geometry[17], as well as in the motion of the stars and the configuration of the celestial spheres.

Another possibility is Ṣāᶜid himself for in his *Ṭabaqāt*[18] he states that after reading Ibn al-Ādamī's treatise on trepidation, he was able to understand trepidation motion and to expound it in his book on the motion

[12] J. Ragep [1996:282-283]. See also R. Morelon [1994:131-132].

[13] R. Morelon [1994:132].

[14] J.M. Millás [1943-1950:278].

[15] See M. Comes [1990:225].

[16] Abū l'Qāsim Ṣāᶜid al-Andalusī's *Ṭabaqāt al-Umam*. See Ṣāᶜid al-Andalusī [3:169-170].

[17] Ibn al-Samḥ's skill as mathematician and geometer, especially as far as his study on the sections of the cylinder is concerned, has been confirmed by R.Rashed's outstanding study [1996].

[18] Ṣāᶜid al-Andalusī [2:114] and [3:146-47].

of the celestial bodies. This might explain the presence in the *Toledan Tables*, also attributed to Ṣāᶜid and his group, of the same trepidation tables we find in several manuscripts of the *Liber*.

Finally, other possibilities are: Ibn Barghūth, whose observations of the star *Qalb al-Asad* (441H/1049-1050AD) are quoted by Azarquiel[19]; or, better still, al-Istijjī[20], who according to Ibn al-Hā'im wrote a *Risālat al-iqbāl wa-l-idbār* (c. 1050) and seems to have devised his own trepidation model.

There is no doubt, however, that Azarquiel remains one of the most likely candidates as author of this book. Of course, the fact that Ibrāhīm b. Sinān does not attribute any observations or theoretical work on that subject to his grandfather is for me conclusive evidence that the *Liber* was not due to Thābit b. Qurra. Be that as it may, it is beyond question that the *Liber* is intimately linked with the *Toledan Tables*[21].

Some other authors describe a combination of constant precession and variable trepidation, a combination well known in al-Andalus. In fact, the authors of the *Alfonsine Tables* used a procedure in which a constant precession is combined with a trepidation model, placing themselves in the Andalusian tradition, which is probably derived from al-Battānī's reinterpretation of Theon's statement in this respect[22].

J. Ragep, in his notable study of Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī's *Tadhkira*[23], shows that al-Ṭūsī evokes this hybrid model in his book and adds that Shīrāzī and other commentators raised objections. Al-Ṭūsī, as we shall see, presents other features which are basically Andalusī[24].

[19] J.M. Millás [1943-1950:309].

[20] *Qāḍī* Ṣāᶜid al-Andalusī in his *Ṭabaqāt al-Umam* also states that Abū Marwān al-Istijjī had studied the subject of trepidation. See H. Būᶜalwān's edition (Ṣāᶜid al-Andalusī [3:196-7]).

[21] On the authorship of the *Liber de Motu*, see the account in J. Samsó [1992:225/1994a:2-3]; J. Ragep [1993-400-403] and R. Mercier [1996:321-325].

[22] See J. Samsó [1987a:IXI/175-183], and J. Ragep [1996:267-298].

[23] J. Ragep [1993].

[24] See the commentary introduced after II.4.[5].

We also have the writings of some Maghribī authors of the 15th and 17th centuries, which provide information about some astronomical activity in al-Maghrib between the 12th and the 14th centuries. In the light of the disagreements between computation and observation, they consider that trepidation theories are no longer applicable or at least that another motion should be added to accession and recession[25]. Even Copernicus was to propose superimposed motions of this kind in Book III of *De Revolutionibus*[26].

2. Aim of the paper.

The aim of this paper is to study the trepidation models described in *al-Zīj al-Kāmil fī 'l-Taᶜālīm* by Abū Muḥammad ᶜAbd al-Ḥaqq al-Gāfiqī al-Ishbīlī, known as Ibn al-Hā'im[27].

The only copy of this *zīj* is MS. Arab 285 (Marsh 618), kept in the Bodleian Library. It consists of 170 pages and appears to have no tables, only the canons divided into seven books (*maqālāt*), after quite a long introduction. *Al-Zīj al-Kāmil* was composed ca. year 601 *Hijra* (1204-5), probably in al-Maghrib or al-Andalus, and was dedicated to the Almohad caliph Abū ᶜAbd Allāh Muḥammad al-Nāṣir (1199-1213).

In this book, Ibn al-Hā'im seems to describe all he knows of the trepidation and obliquity of the ecliptic models developed in al-Andalus, especially Azarquiel's third model. He provides not only the description of the model, the geometrical demonstrations, and the use of the tables, already found in Azarquiel's *Book on the Fixed Stars*, but also the spherical trigonometrical formulae involved.

[25] See J. Samsó [1998] and M. Comes [1997].

[26] See in the respect W. Hartner [1984:277]. On Copernicus's trepidation and its relationship with the Arabic tradition see Swerdlow and Neugebauer [1984:1:42-43;61, 72-74 and 127-172]

[27] On this author see: E.S. Kennedy [1956:132(n.48)]; J. Samsó [1992:320-325]; M. Abdulrahman [1996a:365-381]; E. Calvo [1998:51-111 and [1997]; and R. Puig [2000:71-72].

3. Structure of the paper.

3.1 Edition of the text.

An edition of the sections of the text dealing with the trepidation of the equinoxes and the obliquity of the ecliptic appears as an appendix at the end of the paper. Each chapter has been divided into paragraphs, numbered in square brackets. The change of folio is noted in parentheses.
As the manuscript is a *unicum*, there are no variant readings. I have standardized the spelling of *hamza* and added the corresponding *shadda* and punctuation marks. Mistakes have been corrected and the manuscript readings indicated in the critical apparatus.
The last lines of all the folios have been badly damaged by humidity. Some of them are almost completely erased, while others have been repaired with patches which hide the last two or three lines of the page completely. The guessed words appear in the edition between angle brackets. Most of the reconstructed text has been taken from similar sentences in other parts of the book; from the *Book on the Fixed Stars* by Azarquiel, on which Ibn al-Hā'im based some sections of his book; or from Ibn al-Raqqām's *al-Zīj al-Shāmil*, which reproduces verbatim some parts of our text[28]. In the last case, I have used square brackets to distinguish them. The source is indicated in the critical apparatus. Three dots between angle brackets indicate a missing or unreadable passage and between square brackets a passage dealing with unrelated subjects.

3.2. Commentary.

The commentary of the text is organized under headings dealing with the different subjects. Each comment is numbered as follows: Roman numeral of the *maqāla* (the introduction is numbered 0); number of the *bāb*; and a square bracketed number of the paragraph corresponding to the annexed edition.

[28] Ibn al-Raqqām and Ibn al-Hā'im's text are the only sources in Arabic.

The figures of the manuscript have been reproduced and extra figures have been added. Below the reproduced figures, the number identifying the folio is specified inside parentheses. As the lettering in text and figures does not always coincide, I have chosen the first ones for the reworked figures and the commentary; the figures of the text are incomplete and the lettering is often misleading.

The mathematical symbols used throughout this commentary are the following:

$\Delta\lambda$ Increase of longitude due to the trepidation motion
P_{max} Maximum accession or recession value
i Angle of rotation around the equatorial epicycle
δ Declination of a point of the equatorial epicycle
R Radius of the great circle
r Radius of the epicycles
ϵ Obliquity of the ecliptic
ϵ_{min} Minimum obliquity of the ecliptic
ϵ_{mean} Mean obiquity of the ecliptic
ϵ_{max} Maximum obliquity of the ecliptic
j Angle of rotation around the polar epicycle

3.3. Sections of the book edited and commented.

Muqaddima (fols. 3v-5v and 8v-9v), mainly on the criticisms of two of Ibn al-Kammād's books: *al-Kawr ᶜalā al-dawr* and *al-Muqtabas*.

Maqāla II

Bāb 1 (fols. 23v-25v), on the accession and recession model.
Bāb 2 (fols. 26r-27r), on the parameters of the different motions.
Bāb 3 (fols. 27r-28r), on the impossibility of constructing an everlasting table for both motions.
Bāb 4 (fols. 28r-29v), on the errors found in Ibn al-Kammād's trepidation model.

Maqāla III

Bāb 1 (fol. 35v), on how to determine ϵ with the use of the tables.

Bāb 2 (fols. 35v-36r), on how to determine $\Delta\lambda$ with the use of the tables.

Maqala VII

Bāb 1 (fols. 80r-81r), on how to determine the minimum obliquity of the ecliptic from an observed obliquity.

Bāb 2 (fols. 81r-81v), on how to determine the obliquity of the ecliptic from the already known maximum and minimum obliquities.

Bāb 3 (fols. 82r-82v), on how to determine the distance between the Head of Aries and the spring equinoctial point, that is the first accession (*al-maḥsūs*).

Bāb 4 (fols. 82v-83v), on how to determine the right ascension of the degrees of the equatorial epicycle with respect to the meridian, that is the second accession (*al-maᶜqūl*).

II Commentary

1. Ibn al-Hā'im's sources on trepidation and obliquity of the ecliptic: the "Liber de Motu" and Azarquiel's "Book on the Fixed Stars"

To understand Ibn al-Hā'im's criticisms and models, it seemed to me worthwhile to start with a brief description of the most important Andalusian models previous to Ibn al-Hā'im.

The tables found in the *Toledan Tables*[29], as well as in some of the manuscripts of the *Liber de motu octave spere*[30], are the first documentation we have of the Toledan astronomers' work on this subject.

[29] In this regard, see G.J. Toomer [1968:118-122].

[30] On the *Liber de Motu,* see the Latin text edited by J.M. Millás [1943-1950:496-509]; an English translation and commentary by O. Neugebauer [1962-290-299]; as well as the following studies: B.R. Goldstein [1964:232-247]; J. Dobrzycki [1965:3-47]; J.D. North [1967:73-83] and [1976:155-158]; and R. Mercier [1976:197-200] and [1977:33-71].

The model of the *Liber*, whose authorship is unknown although, as we have seen, it seems to have an Andalusian origin, is well known and has been studied in depth by R. Mercier [1976] and [1997].

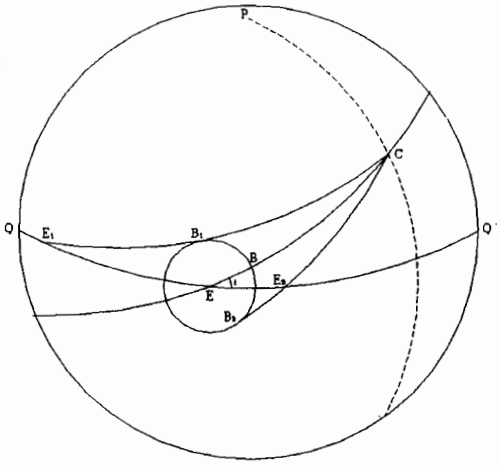


Fig. 1

In this model (Fig. 1):

QQ'	Equator.
P	Pole of the equator.
E	Intersection between the Equator and the mean Ecliptic (mean Equinox).
B, B_1, B_2, etc	Moving Head of Aries.
PC	Section of a meridian circle, the pole of which is E (EC = 90°), so that the distance between C and the equator will correspond to the mean obliquity of the ecliptic (ϵ_{mean}).
CE	Section of the Mean Ecliptic.
CB_1E_1, etc	Ecliptic, which is the great circle determined by point C and points B, B_1, B_2, etc. reaching the Equator at points E, E_1, E_2, etc.
E_1, E_2, etc	Equinoctial points, where the Ecliptic cuts the Equator.

E_1B_1, E_2B_2, etc Arcs of the Ecliptic, which determine the increase or decrease in longitude due to the accession and recession motion ($\Delta\lambda$).

The model works as follows: on the small equatorial epicycle BB_1B_2, whose centre is E, the Head of Aries (B, B_1, B_2, etc.) moves with a uniform motion producing an angle with the equator called *i*. When point B rotates, it carries with it a moving ecliptic which always passes by point C. The intersections of this moving ecliptic with the equator are the equinoctial points (E, E_1, E_2, etc.). The increase or decrease in longitude produced by the accession and recession movement are the corresponding arcs (BE) between the different positions of the Head of Aries (B, B_1, B_2, etc.) and the corresponding equinoxes (E, E_1, E_2, etc.). The objective is to compute arc BE ($\Delta\lambda$) for any value of angle *i*. Obviously, there is another equatorial epicycle at 180° around which the moving Head of Libra rotates.

The *Toledan Tables* and the *Liber de Motu* present three tables to account for the different values of precession: a mean motion table allowing calculation of the value of angle *i* for a specific moment; and two tables which allow calculation of the increase of longitude ($\Delta\lambda$) corresponding to a particular *i* by two different procedures. The first gives directly the increase of longitude as a function of *i* while the second calculates the declination of point B, as a function of *i* and of the radius of the small epicycle, and should be used in combination with a declination table. Goldstein [1964] explains both procedures.

Azarquiel, for his part, devised three models, but concluded that the correct one was the third. This third model (Fig. 2) is basically similar to that of the *Liber* although, from a practical point of view, it introduces some important changes.

First of all, the parameters are different. Second, in the model of the *Liber* there is a fixed point, placed in a meridian at 90° from the centre of the small epicycle carrying the moving Head of Aries, through which all the different ecliptics will pass.

In contrast, in Azarquiel's third model the 90° are to be found between the moving Heads of Aries and Libra and the also moving pole of the ecliptic. And finally, the most important difference is that in his model

Azarquiel considers the movements of accession and recession and obliquity of the ecliptic to be independent, though related. This involves two different kinematic models, one for obliquity and another for accession and recession (Figs. 3 and 9).

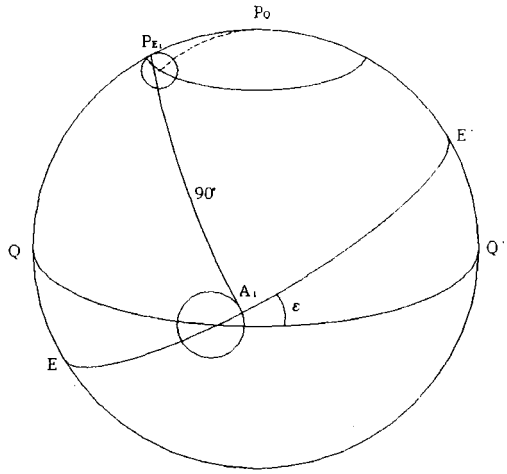


Fig. 2

Azarquiel gives three tables: the first for the mean motion of the Head of Aries (*i*); the second for the second accession (ZG in Fig. 9)[31]; and the third for the declination of the Head of Aries (*δ*).

In order to calculate the increase or decrease in longitude due to the accession and recession motion (Δλ), Azarquiel does not use a table like the *Liber*, but an indirect method described in his *Book on the Fixed Stars* and established by B. Goldstein[32].

[31] Called by Azarquiel the "equation of the diameter" and by Ibn al-Bannā' the "accession of the perpendicular of the diameter". On the second accession see B. Goldstein [1964:242-244] as well as chapters 12, 13 and 14 of this commentary.

[32] Goldstein [1964].

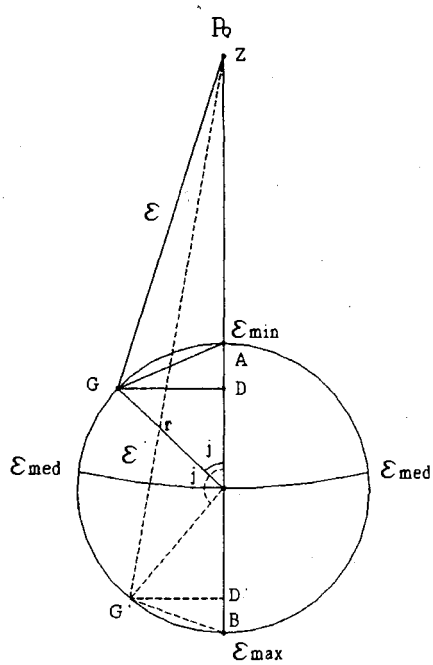


Fig. 3

Once the value of angle *i* has been determined, using the first table, similar to that in the *Toledan Tables*, a second table allows calculation of the declination of point (B, Fig. 9); then, the following formula must be used:

$$\sin \Delta\lambda = \sin \delta / \sin \epsilon$$

This means that in order to calculate the precession, the value of the obliquity must be determined beforehand.

Azarquiel's model for the obliquity of the ecliptic (fig. 3) seems to have been influenced by a model proposed by Ibrāhīm b. Sinān, involving an ecliptic, controled by an epicycle. The aim of Ibn Sinān's model was to account for the decrease in the value of the obliquity and the increase in the

longitude of the apogee of the Sun[33].

Azarquiel's model (Fig. 2) consists of a deferent circle, the centre of which is the pole of the equator (P_q) with radius 23;43°, corresponding to the mean obliquity (ϵ_{mean}); and a small epicycle with radius 0;10°, the centre of which is placed on the deferent circle, around which the pole of the ecliptic (P_E) moves.

According to Goldstein, the centre of the epicycle moves along a limited arc of its deferent. Neither Azarquiel nor Ibn al-Hā'im say a single word about this specific motion, unless we consider that they are talking about it when saying that "The orb advances 8° **and then retreats the same amount and the poles of** the ecliptic orb elevate and depress 8° alternatively"[34].

At the same time (Fig. 3), the pole of the ecliptic (G), rotates about its centre with a uniform motion (*j*).

In addition, in the model of Azarquiel and Ibn al-Hā'im, the pole of the ecliptic and the Head of Aries keep a constant distance of 90°.

Since the radii are 23;43° and 0;10°, the obliquity will vary between 23;33° for Azarquiel's time and 23;53° for a moment before Ptolemy's time.

So in this model (Fig. 3) the obliquity is easily determined because it is equal to the distance between the pole of the equator and the pole of the ecliptic: that is to say GZ. So, in Azarquiel's book, the obliquity of the ecliptic is simply determined from a table rather than by the calculations that the use of the *Liber* entails[35]. This table gives the values of the obliquity as a function of angle *j* reckoned on the polar epicycle.

The revolutions in both epicycles, equatorial and polar, are in the opposite direction. Furthermore, while the Head of Aries needs 3874 Julian years to complete a revolution, the pole of the ecliptic needs only 1850 Julian years.

[33] R. Mercier [1987:106].

[34] See II.1.[1].

[35] On the procedure for calculating the obliquity according to the parameters of the *Liber*, see R. Mercier [1976:212 & 1977:39]; See also J. Samsó [1987b:367-377 & 1992:224-225] and K.P. Moesgaard [1975:97].

Later astronomers in the Iberian peninsula and the Maghrib, such as Ibn al-Kammād, Ibn Isḥāq al-Tūnisī, Ibn al-Bannā', Abū 'l-Ḥasan al-Marrākushī, Ibn al-Raqqām, Abū 'l-Ḥasan al-Qusanṭīnī, Ibn ᶜAzzūz al-Qusanṭīnī, or the astronomers of King Peter the Ceremonious, followed Azarquiel's third model. However, all of them introduced a table, similar to that of the *Toledan Tables* and the *Liber de Motu*, giving the accession or recession value ($\Delta\lambda$) corresponding to any value of angle i. The use of this kind of table is criticized by Ibn al-Hā'im.

The model presented by Ibn al-Hā'im when dealing with Ibn al-Kammād's errors is described in *Bāb* 4 of *Maqāla* II and analysed in chapter 2 of this commentary. Although the lines immediately before the description correspond to a damaged end of page and are illegible, there is no doubt that the model depicted by Ibn al-Hā'im is Ibn al-Kammād's model.

The model followed by Ibn al-Ha'im is depicted in *Bāb* 1 of *Maqāla* II and analysed in chapter 5 of this commentary.

2. On the errors detected by Ibn al-Hā'im in Ibn al-Kammād's "al-Kawr ᶜalā al-dawr" and "al-Muqtabas"

Within the rhetorical introduction, which goes from fol. 2r to fol. 10r, the author makes his first criticisms of Ibn al-Kammād. In fols. 3v to 4r the errors found in Ibn al-Kammād's trepidation model are expounded. From fol 5r to 8r, Ibn al-Hā'im describes up to 25 errors he detected in two books by Ibn al-Kammād, *al-Kawr ᶜalā al-dawr* and *al-Muqtabas*, introduced by the formula *wa-min dhālika*.

The errors are ordered and numbered at the edge of the page. Amongst them, there is the error referring to Ibn al-Kammād's model for the trepidation motion[36]. The model is compared by the author with what he calls the "Toledan observations" (*al-arṣād al-ṭulayṭuliyya)* and the works

[36] See in this respect E. Calvo [1997]; J. Chabás & B.R. Goldstein [1994] and [1996]; and J.L. Mancha [1998:1-11].

on the subject by Abū Isḥāq al-Zarqālla[37], Abū Marwān al-Istijjī[38] and Abū ᶜAbd Allah b. Barghūth[39].

As the subject is also dealt with in *Bāb* 4 of *Maqāla* II, here I will comment on the two chapters together.

0.[1] As far as the introduction is concerned, after a short foreword on the differences found between observations and calculations of the various

[37] The name of this author is spelt al-Zarqāla in the manuscript, written in Maghribī script. According to J. Samsó, this seems to be a classicised Eastern form, not documented in Andalusian sources. This information is to appear, under the entry al-Zarkālī by J. Samsó, in a forthcoming volume of the *Encyclopédie de l'Islam*. However, al-Zarqāla is also the spelling in Ibn al-Baqqār's *Kitāb al-Adwār fī Tasyīr al-Anwār* (Escorial, ms. 418, fol 238r).

[38] Abū Marwān ᶜAbd Allah b. Khalaf al-Istijjī, according to Ibn al-Baqqār's *Kitāb al-Adwār fī Tasyīr al-Anwār* (Escorial, ms. 418, f. 242r. See also Samsó, Berrani [1999]). Abū Marwān ᶜAbd Allāh (or ᶜUbayd Allāh) b. Jalaf al-Istijī, according to Ṣāᶜid's *Ṭabaqāt*, although L. Cheikho read "al-Astuhī". Consequently, I have adopted the spelling *al-Istijjī* in spite of the fact that in the manuscript this name appears as *al-Istijibī*.

[39] This name is found as al-Faqīh al-Qāḍī Abū ᶜAbd Allāh b. Barghūt in fol. 4r and al-Faqīh Abū ᶜAbd Allāh b. Barghūth in 9v. The spelling also varies in the different editions or translations of Ṣāᶜid's *Ṭabaqāt*. Ḥayāt Bū ᶜAlwān in Ṣāᶜid al-Andalusī [3:173-6) calls him Muḥammad b. ᶜUmar b. Muhammad (b. ᶜUmar in some mss.) known as Ibn Barghūt, reading accepted by Maíllo without any explanation (Ṣāᶜid al-Andalusī [5:130], while according to R. Blachère's translation (Ṣāᶜid al-Andalusī [2:135-5]), based on Cheikho's edition (Ṣāᶜid al-Andalusī [1]), his name is Ibn Barghuth. The most recent edition of Tehran (Ṣaᶜid al-Andalusī [4]) points again to Ibn Barghuth, placing Bū ᶜAlwān's reading amongst the various errors that the author of Tehran's edition found in Bū ᶜAlwān's edition. According to Suter [1986:n. 221] the name is Muḥammad b. ᶜUmar b. Muḥammad, Abū ᶜAbd Allāh, known as Ibn Burghūth. Although Ibn Barghūth seems to be the most common spelling, in the Hebrew ms. of the *Book on the Fixed Stars* the name appears once again as Ibn Barghut. In fact, I have my suspicions about the spelling Ibn Barghūth (son of a flea). I wonder if this name, spelt as Ibn Barghūt, could be derived from the name of a well known tribe in al-Maghrib, the Barghawāṭa. We know that there was a certain relationship between this tribe and the Andalusian caliph al-Ḥakam II. Some time before the flourishing of our Ibn Barghūth (c.1050), the Barghawāṭa had sent one of its members to Cordova on a political mission (352H/963AD). Cf. R. le Tourneau [1960]. On the possible develarization of /ṭ/ in the Spanish Arabic dialect see F. Corriente [1977:40] and [1992:45-47].

motions, Ibn al-Hā'im starts his criticisms of Ibn al-Kammād's theory of trepidation found in his two books, *al-Kawr ᶜalā al-dawr* and *al-Muqtabas*, particularly the first. Ibn al-Kammād's errors led people to criticise and reject the Toledan observations after having accepted them. A group of astronomers, however, were interested in this book (*al-Kawr*) and they paid no attention to its mistakes.

Several coincidences suggest that the model attributed by Ibn al-Hā'im to Ibn al-Kammād was either Azarquiel's first model or Azarquiel's second model. First of all, according to Chabás and Goldstein[40], Ibn al-Kammād's table for the motion of the first point of Aries in *al-Muqtabas* fits fairly well with the formula underlying Azarquiel's second model. Furthermore, in the star table of the same *zīj* a precessional value for Ptolemy's epoch, found in Azarquiel's description of his first model, is used[41]. In fact, we know that these previous models were indeed used. Azarquiel himself in his two treatises on the construction and use of the equatorium, used his first model to adapt al-Battānī's planetary apogees to his epoch[42].

However, the fact that Ibn al-Kammād's model, as described by Ibn al-Hā'im, presents the polar and equatorial epicycles, like Azarquiel's third model, rules out the abovementioned possibility. In my opinion, Ibn al-Kammad's model is just a misinterpretation of Azarquiel's third model.

0.[2] Ibn al-Hā'im goes on to say that he has seen a copy of the book (*al/Kawr*) with a note written in one of the aforementioned astronomers own hand, in which he proves his ignorance by praising Ibn al-Kammād's trepidation table with the argument that it is Azarquiel's table, although in fact it is not. Ibn al-Hā'im marveles at the ignorance showed by this man.

0.[3] In fact, we find here a quotation from Azarquiel's *Book on the Fixed Stars* about the impossibility of constructing a table that gives

[40] J. Chabás & B. Goldstein [1994:24].

[41] See M. Comes [1991].

[42] M. Comes [1990:88-92].

directly the value for $\Delta\lambda$ because of the changing obliquity. The quotation corresponds word for word with the last paragraph of Azarquiel's 8th chapter[43]. Ibn al-Hā'im expands his criticisms on the use of such a table in 0.[13] and II.3.[4].

0.[4] According to Ibn al-Hā'im, an otherwise unknown astronomer, a contemporary of his, prepared a *zīj* named *al-Zīj al-Muntakhab*, which reproduced Abū Marwān al-Istijjī's mean motion tables and al-Battānī's equation tables. In this *zīj*, Ibn al-Hā'im also finds the bulk of errors he criticized in Ibn al-Kammād's *al-Kawr ᶜalā al-dawr*. However, as we will see[44], the parameters implied in *al-Kawr ᶜalā āl-dawr* and in the *Muntakhab zīj*, at least as far as the trepidation tables are concerned, seem to be unrelated. This *zīj* appears also mentioned in 0.[11]. Unfortunately, we have no references to the author of this *zīj* nor to the *zīj* itself.

Following this, there is an excursus, not edited here, on the errors found in the *Muntakhab zīj* related to the motion of the sun. In it we find another quotation on the solar motion from Abū Marwān's *Risālat al-Iqbāl wa-l-idbār*, which has not survived. Since this book is lost, and given the exactitude of the previous quotation of Azarquiel, I think that this quotation deserves to be studied within the framework of the Andalusian models for the motion of the sun[45].

0.[5] The next step will be to discuss the errors in the trepidation motion: firstly, Ibn al-Kammad's errors in *al-Kawr ᶜalā al-dawr*; and secondly, the mistakes found in the *Muntakhab zīj*[46].

0.[6] Ibn al-Kammād's errors on this subject, appearing in fols. 5r to 8r, are divided into four aspects (*jihāt*).

[43] J.M. Millás [1943-1950:335].

[44] See the commentary to 0.[10].

[45] On this see E. Calvo [1998].

[46] The errors in *al-Zīj al-Muntakhab* will be discussed in chapter 3 of this commentary.

First: Ibn al-Kammād's premises are two: that the motion of the pole of the ecliptic starts from one of its mean values, while the motion of the Head of Aries starts from the equator, and that the two motions are equal. See Fig. 4 described in II.4.[2].

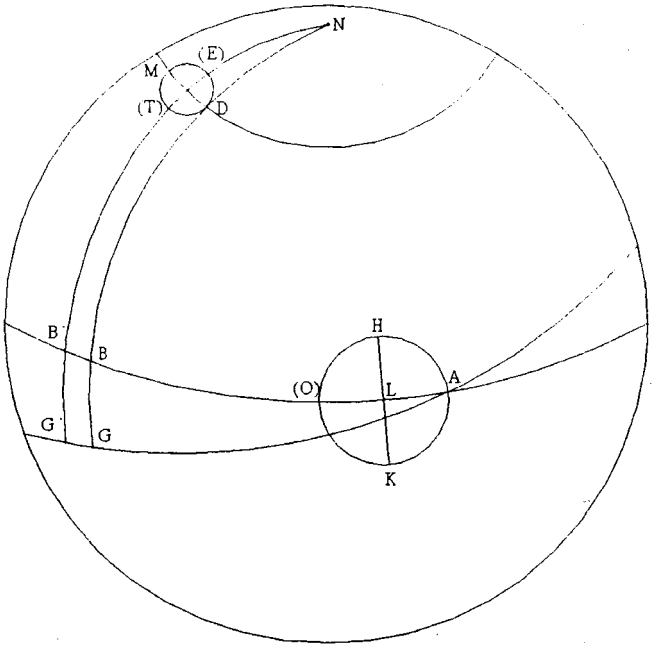


Fig. 4

0.[7] Second: Ibn al-Kammād devised a table for the two motions, which he considered valid for any time, and structured as an equation table for arguments between 1° and 90°. According to Ibn al-Hā'im this was not correct, because for this range of arguments of the motion of the pole of the ecliptic around the polar epicycle the pole does not achieve all of its obliquities. To go from the maximum to the minimum obliquity, the pole needs not only to cover 180° but also to meet the conditions explained in 0.[8].

0.[8] Third: The problem posed by Ibn al-Hā'im in this rather obscure paragraph is that even if the table was symmetrical for 180°, the problem remains. The pole of the ecliptic should not be placed at ϵ_{mean}, because in this case, from one to the other ϵ_{mean}, the pole would not complete all its possible obliquities, from maximum to minimum. To achieve this, the pole should be placed at its minimum or maximum distance from the pole of the equator (ϵ_{min} or ϵ_{max}), but, in this case, the Head of Aries would be at the Northern or Southern limits of the equatorial epicycle and not at the intersection with the equator, where $\Delta\lambda$ is 0° and the Head of Aries coincides with the vernal equinox, as proposed by Ibn al-Kammād.

0.[9] Fourth: Finally, Ibn al-Hā'im's last criticism is that the values attributed to trepidation by Ibn al-Kammād do not coincide with the values observed, which are the starting point (*aṣl*) used by the Toledan school to determine the parameters of the trepidation model.

Table 1

		Azarquiel	Ibn al-Hā'im's *uṣūl*
Hipparchus	$\Delta\lambda$ i	9;28,30° 9^s 22;32,12°	9;29° 9^s 22;32,40°
Ptolemy	$\Delta\lambda$ i	6;42,45° 10^s 19;1,30°	6;42° 10^s 19;2°

Table 1 summarizes the values of the $\Delta\lambda$ and the argument for the Head of Aries (i) for the times of Hipparchus and Ptolemy, as reported by Azarquiel in his *Book on the Fixed Stars*, and the values mentioned by Ibn al-Hā'im.

As we can see in this table, Ibn al-Hā'im's values are very close to those of Azarquiel's third model.

Entering with these values of i Ibn al-Kammād's equation table, Ibn al-Hā'im obtains the following results:

	$\Delta\lambda$	dif. with the *uṣūl*
Hipparchus	9;19°	- 0;10°
Ptolemy	6;57°	0;15°

That is to say, a difference of up to fifteen minutes between the stated[47] values (*aṣl*) and the ones obtained using Ibn al-Kammād's tables in his *zīj al-Kawr ʿalā al-dawr*. Using the tables in the *Muqtabas zīj*[48], I obtained the same values, that is 9;19° for Hipparchus and 6;57°[49] for Ptolemy.

II.4.[1] *Bāb* 4 of *maqala* II is also devoted to Ibn al-Kammād's errors on this subject. In the first paragraph -hard to read because it coincides with the damaged end of the page- Ibn al-Hā'im just states his two main criticisms of Ibn al-Kammād's trepidation model: the similarity of the two motions, and the errors in the construction of the table.

II.4.[2] The model is depicted in fol. 29v and reproduced in Fig. 4. Ibn al-Kammād's model corresponds roughly to Azarquiel's third model and that of the *Liber de Motu*[50]. The description in the text is as follows:

AB	arc of the equator (90°)
AG	arc of the ecliptic (90°)
AHK	equatorial epicycle
D<T>M<E>[51]	polar epicycle
NDBG	solstitial colure

[47] In the text, these values are quoted as "observed".

[48] Biblioteca Nacional de Madrid, ms. n. 10023.

[49] In the manuscript the value is 7;57°. However, this value should be corrected to 6;57° because 7° has to end at 10ˢ 18° and not at 10ˢ 20° as it appears in the manuscript due to a displacement in the column of the degrees. In fact displacement errors are fairly common in this manuscript. This value is found corrected by Samsó in [1997:109], as it appears in the *Muwāfiq Zīj*, which offers the same table. In the table reproduced by Chabás & Goldstein [1994:25], the value is not corrected, although the correct value appears in the variant readings taken from the *Barcelona Tables* (Ms. Ripoll 21, fol. 137r).

[50] See chapter 1 of this commentary.

[51] Points T and E are not mentioned in the description of the model, although they are used in the rest of the text. See II.4.[4].

N	pole of the equator
D	pole of the ecliptic

In this model, the figure of 90°, which has created many problems of interpretation from the very beginning, is to be taken on the equator and the ecliptic, between the Head of Aries and Libra at the beginning of their motions and the colure. In both Azarquiel's third model and Ibn al-Hā'im's, the 90° are taken between the moving Head of Aries and the moving Pole of the ecliptic. In the *Liber de Motu* they are considered to be between the centre of the equatorial epicycle (mean first point of Aries) and a fixed point in the colure, which corresponds with the intersection between the moving and fixed ecliptics. This was the assumption made by North[52], followed by Samsó[53], and afterwards accepted by Mercier as the best one. Regiomontanus' model, however, coincides with Ibn al-Hā'im's description of Ibn al-Kammād's model[54].

II.4.[3] We find here the repetition of Ibn al-Kammād's opinion. The Head of Aries and the pole of the ecliptic would cover equal arcs in equal times. The Head of Aries starts from the point corresponding to the intersection between the ecliptic and the equator and the pole of the ecliptic starts from its mean distance from the pole of the equator (ϵ_{mean}).

II.4.[4] This paragraph aims to show once again that a table for 90° would be enough for the motion of the Head of Aries, because the variable used to compute the table is the declination of the Head of Aries (δ), which

[52] See J. North [1967:71-83] and [1976:155-158]. In the first paper, North presents the constraint, afterwards accepted by Mercier [1996:305], according to which the 90° should be taken between the centre of the equatorial epicycle and the solsticial colure. In the second, he seems to accept Mercier's previous and subsequently abandoned opinion, according to which the Head of Aries should be considered instead of mean Aries. In this case, the model would have been similar to that used by Ibn al-Kammād.

[53] See J. Samsó [1992:222-224].

[54] See R. Mercier's account [1996;305-6] and J. Samsó [1992:222].

goes from a minimum value for $i=0^{o}$ to a maximum value for $i=90^{o}$[55].

However, to compute a table for obliquities, we need 180° because the minimum and maximum values are for $j=0^{o}$ and $j=180^{o}$. But, even if the table was designed for 180°, the error of starting the motion of the pole from its ϵ_{mean} remains, because from first to second ϵ_{mean}, the pole does not pass through both ϵ_{max} and ϵ_{min}, but only through one of them. The text considers that computing a table using the arc TM to complete the arc DT has no utility (*fā'ida*) because TM is not an adequate couple (*zawj*) for DT due to the fact that the values for the obliquity in both arcs are symmetrical. To calculate a table for the obliquity of the ecliptic for a range of arguments of 180°, a second condition is necessary: to add arc ED (instead of TM) to arc DT.

II.4.[5] Then, the Head of Aries will go back to the place from which the motion was initiated and reach point K, while the pole of the ecliptic will have moved to point E, which corresponds to the minimum obliquity of the ecliptic (ϵ_{min}).

II.4.[6-7] To deal with this problem Ibn al-Hā'im suggests a solution that he had already proposed in the introduction: to place the beginning of the motion of the Head of Aries at its maximum southern declination and, therefore, the beginning of the motion of the pole of the ecliptic at its ϵ_{min}, i.e. to compute a table either from E to T and from K to H or from T to E and H to K (Fig. 4). However, this would be correct only if the two motions were the same, which, according to Ibn al-Hā'im is not the case, as he has already shown in II.1 to 3.

[55] The terminology is, apparently, confusing. The text says that after having moved through an arc of 90°, the Head of Aries will have attained "all its maximum declinations from the equator" (*jamīᶜ muyūli-hi al-kulliyya ᶜan muᶜaddil al-nahār*). *Al-mayl al-kullī* is the obliquity of the ecliptic but in this case I assume it to mean the declination of the Head of Aries. There is also the possibility that Ibn al-Ha'im was trying to say that in fact, according to the relationship he will show in II.3, during these 90° the ecliptic would have attained all its values for the obliquity. Certainly the ratio between the revolution period of the pole of the ecliptic and that of the Head of Aries is not 2/1 ($1;54,40^{p}/1^{p}$) but the difference as far as the table is concerned will be negligible.

2.1. A further commentary on the errors that Ibn al-Hā'im attributes to Ibn al-Kammad

The criticisms we have just seen need a more extensive commentary. We know of a reference to the fact that Ibn al-Hā'im had detected various errors in Ibn al-Kammād's trepidation models. This reference is found in the *Natā'ij al-afkār fī sharḥ Rawḍat al-azhār*, one of the commentaries on the *Rawḍat al-azhār fī ᶜilm waqt al-layl wa-l-nahār* (794/1391-92), the *urjūza* on timekeeping written in Fes by Abū Zayd ᶜAbd al-Raḥmān al-Lakhmī al-Jādirī (777-818/1375-1416)[56]. There are two anonymous copies dated 1183/1770, although the *annus praesens* is 920/1515[57], and another copy, undated but probably written around the end of the 16th century, in which the name of the author appears as Abū Zayd ᶜAbd al-Raḥmān al-Jānātī al-Nafāwī[58]. Most of the data in it are expanded on in the *Kanz al-asrār wa-Natā'ij al-afkār fī sharḥ Rawḍat al-azhār* by Abū'l-ᶜAbbās al-Māwāsī al-Fāsī (d. 911H /1505). However, the reference to Ibn al-Hā'im and Ibn al-Kammād is not found in the latter work. These commentaries contain some interesting remarks which indicate that the trepidation theory was no longer applicable[59].

Until recently, we had no documentation that confirmed the error attributed to Ibn al-Kammād by Ibn al-Hā'im. However, in a manuscript in the Cathedral of Segovia[60] there is a medieval Castilian translation of a chapter by Ibn al-Kammād dealing with trepidation, which gives a full

[56] Ms. 80 in the Maktabat al-Zāwiyya al-Ḥamzawiyya (Ayt Ayache), fols. 203-220. This manuscript is partially described in M. Mannūnī [1963], n. 157. A full description of it is to be found in A. Alkuwaifi & M. Rius [1998].

[57] On ms. Cairo K 4311, see D. King [1981];[1986]. See also ms. London British Library Or 411.

[58] Maktaba Ḥamzawiyya 80, 228-334.

[59] See J. Samsó [1998] and M. Comes [1997].

[60] Segovia, Biblioteca de la Catedral ms 115 fols. 218vb-220vb. "Yuçaf Benacomed Libro sobre çircunferençia de moto". See J.L. Mancha [1998], where the edited text appears in pp. 8-10.

explanation of the identity of the two motions. Its title, *Libro sobre çircunferencia de moto sacado por tiempo seculo*, seems to be a translation of *al-Kawr ᶜalā al-dawr* and/or *al-Amād ᶜalā al-abad*.

The idea, stated in the Cathedral of Segovia manuscript, is the one we have seen criticized by Ibn al-Hā'im. The motion of the pole of the ecliptic around its polar epicycle is equal to the motion of the Head of Aries around its equatorial epicycle. Furthermore, the former will start at its mean value (ϵ_{mean} = 23;43°), that is when the pole of the ecliptic is either on M or D, between its nearest distance (T) and farthest distance (E) to the pole of the equator, and the latter will start when the Head of Aries is at the equator (A) and the declination is 0°.

Hence, accession will result from the motion of the Head of Aries in one half of the epicycle, while recession would occur in the other half and, at the same time, the obliquity of the ecliptic will increase as its pole rotates from the midpoint of one half of its epicycle to the other midpoint, and will decrease in the other half.

When talking about the changing obliquity of the ecliptic and the motion of the equinoxes, in his *Tadhkira*, Al-Ṭūsī introduces a difficult to understand paragraph, that and has been edited and translated by J. Ragep[61] as follows:

وذهب بعضهم إلى الاكتفاء بمحرك واحد للاختلافين يحرك فلك البروج فتتحرك كل نقطة منه حول دائرة صغيرة فيكون من الحركة في أحد نصفيه الإقبال ومن الحركة في النصف الآخر الإدبار ومن الحركة من منتصف أحد النصفين إلى منتصف النصف الآخر انتقاص الميل ومن الحركة في النصف الآخر ازدياده.

"One [some?] of them came to be satisfied with one mover for both divergencies. This mover would cause the ecliptic orb to move in such a way that every **point** on it moves about a small circle. Accession would then result from the motion in one of its halves, while recession would occur in the other half. [In

[61] J. Ragep [1993:II.4[5]].

addition], there would occur a decrease in the obliquity during the motion from the midpoint of one of these halves to the midpoint of the other half, while there would be an increase during the motion in the other half".

However if we replace a single word, ***nuqṭa*** (نقطة) "**point**" with ***quṭb*** (قطب) "**pole**", two words that are easily confused in Arabic, and of course reading the verb as masculine instead of femenine, we have exactly the same idea found in Ibn al-Kammād and criticized by Ibn al-Hā'im. It is then clear that al-Ṭūsī is describing Azarquiel's model, but in Ibn al-Kammād's version. Al-Ṭūsī also specifies that this is not his own opinion, but the opinion of other people. This is usual in the *Tadhkira*, where al-Ṭūsī often introduces ideas and opinions that he does not share in an attempt to present everything he knows on a particular subject.

There are some other indications that al-Ṭūsī knew about Azarquiel's trepidation and obliquity of the ecliptic models, and that he had access to materials coming from Ibn al-Kammād. In a recent communication in Tehran[62] I showed the existence of many points of contact between the Marāgha astronomers and those of the court of Alfonso X, amongst them those related to Azarquiel. I will summarize them here:

1) J. Ragep[63] notes that in Theon's theory of trepidation the solstitial points are claimed to move, while al-Ṭūsī modifies the theory as reported by Theon in order to make it compatible with his general cosmological perspective, in which it is the vernal equinox that defines the reference system. To this we should add that, once again, al-Ṭūsī attributes this modification to "some of the practitioners of this discipline". Unlike Eastern trepidation models, such as the models of Ibn Sinān or al-Khāzin[64], in the Andalusī trepidation models derived from Azarquiel's models, the vernal equinox is precisely the reference point.

[62] See M. Comes [1998].

[63] J. Ragep [1993:Commentary II.4 [1]].

[64] See Introduction 1.

2) In his *Tadhkira*[65], al-Ṭūsī refers to a "maximum and minimum" value for the obliquity that immediately recalls Azarquiel's model, especially if we take into account that according to al-Ṭūsī, the maximum should be less than 24° and the minimum not less than 23;33° and Azarquiel's model gives a maximum of 23;53° and a minimum of 23;33° precisely. Other authors defend a decreasing value, but Azarquiel is the first one to give a model with a maximum and minimum parameters.

3) J. Ragep also suggests the possibility that al-Ṭūsī was aware of the work of Azarquiel when he mentions an apparent recognition in the *Tadhkira* that the solar apogee may have its own motion[66]. In fact Ibn al-Shāṭir (Damascus, d. 1375) maintained that according to his observations the solar apogee moved at a different rate from precession, an opinion that coincides with Azarquiel, and is at variance with his own contemporaries who thought that the solar apogee moved at the same speed as precession. He also demonstrates his knowledge of the trepidation theory and the corresponding models although he dismisses them because they do not accord with the observations[67].

3. On the errors detected by Ibn al-Hā'im in the "Muntakhab zīj"

0.[10] Ibn al-Hā'im will show now how to test the errors found in the *Muntakhab zīj*, in which, according to him, Abū Marwān al-Istijjī's mean motions were used some 150 years later by the aforementioned contemporary of Ibn al-Hā'im.

Neither the *Muntakhab zīj* nor Abū Marwān's *zīj* are extant. However, in his *Risālat fī al-Tasyīrāt wa-Maṭāriḥ al-Shuᶜāᶜāt*[68] Abū Marwān suggests the use of a certain *zīju-nā* ("our *zīj*"), which could be either a *zīj* of his own, and the source for the abovementioned *Muntakhab zīj*, or the

[65] J. Ragep [1993:II.4 [1]].

[66] J. Ragep [1993:Commentary II.6 [1]].

[67] See G. Saliba [1994:235] and M. Comes [1997].

[68] Ms. Escorial n. 939, fol. 12r. See J. Samsó & H. Berrani [1999:296-298].

Toledan Tables. However, as we will see in this chapter, Abū Marwān's data, as quoted by Ibn al-Hā'im, do not agree with the trepidation parameters in the *Toledan Tables*.

Ibn al-Hā'im uses the following procedure to determine that the trepidation tables in the *Muntakhab zīj* are not correct.

First, he gives the data on which Abū Marwān based his trepidation model. Although he does not say so explicitly, I assume that Ibn al-Hā'im is referring here to the model described by Abū Marwān in his *Risālat al-Iqbāl wa-l-Idbār*, previously mentioned by Ibn al-Hā'im[69], and which is not extant either.

Abū Marwān's values are different from Azarquiel's and Ibn al-Kammad's and it seems that he probably used his own model, which differs from all of Azarquiel's three models: neither Δλ nor *i* coincide with the data given by Azarquiel for his first and second models[70]. The data are reproduced in Table 2.

Table 2

		Azarquiel[71]	Abū Marwān
Hipparchus	Δλ	9;28,30°	9;38,40°
	i	9^s 22;32,12°	9^s 23;42°
Ptolemy	Δλ	6;42,45°	6;50,40°
	i	10^s 19;01,30°	10^s 19;23°

Entering with i in the tables in the *Muntakhab zīj*, Ibn al-Hā'im obtains a difference of about five minutes between Abū Marwān's precession value and the ones derived from the aforementioned *zīj*. The values and differences are the following:

[69] See 0.[4].

[70] On these parameters see J. Samsó [1994:VIII/9-27].

[71] In Azarquiel's third model.

Δλ	*Muntakhab*	Abū Marwān	dif.
Hipparchus	9;45,30°	9;38,40°	0;6,50°
Ptolemy	6;55,15°	6;50,40°	0;4,35°

This information requires a few comments:

1) The values obtained by Ibn al-Hā'im using the tables in the *Muntakhab zīj* are close to the ones of the second approach in Azarquiel's 2nd model:

Δλ	Azarquiel	*Muntakhab*	dif.
Hipparchus	9;45°	9;45,30°	0;0,30°
Ptolemy	6;57°	6;55,15°	0;1,45°

As Ibn al-Hā'im states that the *Muntakhab zīj* contained the bulk of errors found in Ibn al-Kammad's *al-Kawr ᶜalā al-Dawr*[72], I have also recalculated the Δλ, using the tables in *al-Muqtabas*. The values achieved (c. 9;16,24° for Hipparchus and c. 6;53,9° for Ptolemy) show that the tables in the two *zījes* are different.

2) As regards the increase of precession, determined by the estimated difference between the two positions of *Qalb al-Asad* for Hipparchus and Ptolemy's times, we have the following differences:

	Az. s.p & 1B[73]	Az. 2B[74]	Abū Marwān	*Muntakhab*
Δλ	2;47°	2;48°	2;48°	2;50,25°

[72] See the paragraph 0.[4].

[73] The difference is based on the determination of the longitude of *Qalb al-Asad* used by Azarquiel as starting point (s.p.) for his study of precession. 1B stands for Azarquiel first model, second variant. See Samsó [1994:7, 26].

[74] 2B stands for Azarquiel second model, second variant. See Samsó [1994:26]

According to J. Samsó[75], the fact that for Abū Marwān the increase in the value of precession between Hipparchus' and Ptolemy's times was 2;48°, very close to the difference between the corresponding longitudes of the star *Qalb al-Asad* (2;47°) determined by Azarquiel, also seems to point to a relationship between the two authors. And, in fact, as we can see, the difference between Hipparchus' precession and Ptolemy's in the second approach of the second model gives us exactly 2;48°. However, the difference derived from the values obtained using the tables in the *Muntakhab zīj* is 2;50,25°.

3) As Samsó & Berrani[76] suggested that Abū Marwān could be one of the authors of the *Toledan Tables*, I have tried to enter its trepidation tables with *i* as argument. The result gives precession values which do not agree with the ones that, according to Ibn al-Ha'im, proceed from Abū Marwān.

$\Delta\lambda$	*Toledan Tables*	Abū Marwān	dif.
Hipparchus	9;49,30°	9;38,40°	0;7,52°
Ptolemy	6;58,33°	6;50,40°	0;10,50°

4) As far as P_{max} is concerned and to recompute the table which supplies the increase or decrease of precession in the *Toledan Tables*, I have used the following approximation[77]:

$$\sin P_{max} = \sin \Delta\lambda \,/\, \sin i$$

From Abū Marwān's parameters, I derived a P_{max} of 10;32,53° (from Ptolemy's values) and 10;32,32° (from Hipparchus'). These values are also different from P_{max} = 10;45°, which appears in the *Toledan Tables* and the *Liber de Motu*.

[75] See J. Samsó [1994a:28].

[76] See J. Samsó & H. Berrani [1999:296-298].

[77] See J. Samsó [1994a:4].

From the values Ibn al-Hā'im obtained using the tables in the *Muntakhab zīj*, I derived the following maximum increase of precession:

$$P_{max} = 10;40,0,37^{o}(P) \ / \ 10;40,1,54^{o}(H).$$

Surprisingly enough, 10;40° is the P_{max} found in Ibn al-Raqqām's *al-Zīj al-Qawīm* and in Abū 'l-Ḥasan al-Qusanṭīnī[78].

Using Ibn al-Raqqām's table, the values obtained and the difference between these values and the values obtained by Ibn al-Ha'im using the *Muntakhab zīj* are as follows:

	Δλ Ibn al-Raqqām	Δλ *Muntakhab*	dif.
Hipparchus	9;45,30°	9;45,30°	0;0,0°
Ptolemy	6;55,56°[79]	6;55,15°	0;0,41°

As a conclusion, we can say that Abū Marwān's parameters differ from the other known parameters, although his determination of the increase of precession between Ptolemy and Hipparchus coincides with Azarquiel's.

Furthermore, his parameters are not related to those in the *Toledan Tables* or the *Liber de Motu*, although this does not rule out his intervention in the preparation of the *Toledan Tables*.

The parameters for Hipparchus' and Ptolemy's precession in the *Muntakhab zīj*, however, are very similar to those of Azarquiel's second approach in the second model.

Furthermore, it seems that the table for determining the increase or decrease of precession in this *zīj* may have coincided with the table found in Ibn al-Raqqām's *al-Zīj al-Qawīm* and in Abū 'l-Ḥasan al-Qusanṭīnī, which also differ from the tables found in the rest of Azarquiel's followers.

[78] See M. Comes [1996:360].

[79] It seems that there is a misreading here, either between 56" and 15" or previously in the value of *i*.

4. On the construction of correct tables for this motion[80]

0.[11] Ibn al-Hā'im computed [planetary] positions using al-Battāni's equation tables and the value of precession calculated using the tables in the *Muntakhab zīj*. However, the observations of meridian transits (*al-majāzāt al-istiwā'iyya*) did not agree with the positions calculated. There are major differences between computation and observations in the periods of time between two meridian transits. Such differences cannot be attributed to observational errors. This is the kind of error one finds in modern books on the subject. Ibn al-Hā'im states that somebody, whom I cannot identify, but who according to him was a man who tried to reach truth through both theory and practice, warned him of this.

In fact, Ibn al-Hā'im states that he has checked this trepidation motion by using it in combination with al-Battānī's planetary equations. This appears to be a reference to the *Muntakhab zīj* which, according to 0.[4], contained al-Istijjī's mean motion tables and al-Battānī's planetary equations. It is logical to imagine that al-Istijjī's mean motions were sidereal and that the computation gave sidereal longitudes to which precession should be added, using trepidation tables of some kind. The only information we have on these trepidation tables appears in 0.[10], where, as we have seen, Ibn al-Hā'im states that the values of trepidation obtained with the tables of the *Muntakhab zīj* did not agree with the *uṣūl* used by al-Istijjī. We may wonder whether the mean motion of the Head of Aries in the *Muntakhab zīj* was computed with a mean motion table copied from al-Istijjī. On the other hand, in my commentary to 0.[10] I have also suggested that the table to calculate the equation of trepidation in the *Muntakhab zīj* might be the one we find in Ibn al-Raqqām's *Qawīm Zīj*.

0.[12] Taking all this into account, Ibn al-Hā'im decided to devise his own tables for the trepidation motion, after having studied what the followers of this motion had said before him, as well as the errors made. He creates a table called *Jadwal al-juyūb li-mayl Ra's al-Ḥamal*. The variables used are the following:

[80] On the possibility that the *Kāmil Zīj* had tables, see M. Abdulrahman [1996a].

i Angle of rotation around the epicycle.
δ Declination of a point of the epicycle from the equator.
r Radius of the epicycle.
$\Delta\lambda$ Accession or recession.
ϵ Obliquity of the ecliptic.

This table seems to be similar to the table found in Azarquiel, which gives δ. However, the word *juyūb* appears explicitly in the title and hence this table, which is not extant, would give "sin δ"[81] instead of "δ".

So, Ibn al-Hā'im would have a table giving directly the sine of the declination (sin δ). This table is also found in Ibn al-Raqqām's *al-Zīj al-Shāmil*[82], composed to provide tables for Ibn al-Hā'im's book, as stated by the author himself.

In fact, what he needs is to determine is $\Delta\lambda$ (BD in Fig. 8). Hence, it is not necessary to compute *arcsin (r sin i)* and devise a table for δ, as Azarquiel does. The reason is that to calculate the accession and recession value with the formula $\sin \Delta\lambda = \sin \delta / \sin \epsilon$, he just needs $\sin \delta$, which is calculated according to the formula $\sin \delta = r \sin i$, used by Azarquiel[83] and Ibn al-Hā'im.

0.[13] Once he has determined $\sin \delta$, he devises a table to calculate $\Delta\lambda$ directly, but only for the accession motion, which occurs in the northern side of the equator and between 0^s and 6^s. Ibn al-Hā'im explicitly states that the table can be used for the second half of the equatorial epicycle, that is, for recession, because in that case the errors would amount only to seconds of arc. However, as this table will not be useful for a second revolution, he recommends devising a new table using the sines of the new obliquities.

The explanation given by Ibn al-Hā'im, based on the relationship between the revolution periods of the two motions, the motion of the Pole

[81] This is confirmed by VII.3.[1].

[82] See E.S. Kennedy [1997:56].

[83] M. Comes [1996:349-364].

and that of the Head of Aries, is found in II.3.[1-3][84].

This passage is, then, only apparently contradictory: the motion of the Head of Aries through an arc of 180° will take a long period of time (c. 2000 years) during which there will be important changes in the obliquity of the ecliptic. The only explanation is that Ibn al-Hā'im's equation table takes into account the value of ϵ for each mean position of the Head of Aries on the equatorial epicycle and, hence, using a different ϵ for each value of i and applying an expression of the type:

$$\sin \Delta\lambda = r \sin i / \sin \epsilon$$

In fact, he will establish below (II.3.[1-3]) that while the Head of Aries moves through an arc of 180°, the pole will have moved through 180° × 1;54,40°, that is 344°. This implies that the values for arguments between 180° and 360° will not be symmetrical to those between 0° and 180°. The error will be small, but it will increase considerably when the Head of Aries has completed a revolution, while the pole of the ecliptic will have moved 688°: equivalent to two revolutions minus 32° (see below II.[3].

0.[14] Here there is a rhetorical paragraph, not edited, in which the author acknowledges the indebtedness of his work on this motion to Azarquiel's models. He outlines his exhaustive investigations and praises the skill of Azarquiel and the excellence of his models and books.

Ibn al-Hā'im talks here about *al-ḥarakāt al-mustadraka ᶜalā al-qudamā'*. The term *al-mustadraka*, which also appears when dealing with the lunar model[85], seems to have been used in al-Andalus to refer to the objections made to different assertions of the ancients, mainly Ptolemy. In fact, Saliba[86] has followed the use of this term in al-Andalus. He mentions a lost treatise entitled *Kitāb al-Istidrāk ᶜalā Baṭlamiyūs*, by an unknown contemporary of Azarquiel. This book seems to be devoted to expounding

[84] See chapter 7 of this commentary.

[85] *Al-ziyāda al-mustadraka ᶜalà al qudamā'*. See R. Puig [2000:76,91].

[86] For the implication of this term, see G. Saliba [1996:83-86 & 1999:3-25].

the various problems that Ptolemy's astronomical theories posed.

Ibn al-Hā'im then introduces the observations of different astronomers of the position of *Qalb al-Asad*, the star most used for this purpose, due to its proximity to the ecliptic.

Table 3
Positions of *Qalb al-Asad*

	Ibn al-Hā'im	Azarquiel1	Azarquiel2
Hipparchus	3^s 29;50°	3^s 29;39°[87]	3^s 29;50°
Ptolemy	<4^s>2;30°	4^s 2;26°[88]	4^s 2;35°[89]
al-Battānī	4^s 14;00°	4^s 13;58°[90]	---------
Ibn Barghūth	4^s 16;20°[91]	----------	4^s 16;20°[92]

Table 3 shows the values found in this paragraph and Azarquiel's values from his *Book on the Fixed Stars*.

In this table, *Azarquiel1* corresponds to Azarquiel's calculations based, according to Azarquiel himself, on Thābit b. Qurra's "observed"[93] values,

[87] Probably this value should read 3^s 29;49°, and the error comes from taking 3;30° instead of 3;40° as the basis for calculation for the solar apogee position related to the position of *Qalb al-Asad*, between Hipparchus' and Thabit's epochs. In fact 3^s 29;50° is a well known value.

[88] The value in the *Almagest* 2;30°. See Toomer [1984:367] and Kunitzsch [1986:94-95;266-267].

[89] This position is approximate and comes from deducting fom Azarquiel's position (c. 136;35) a difference established between Azarquiel and Ptolemy of 14°.

[90] The value in al-Battānī's star table is 14°. See Nallino [1899:258].

[91] 16° in words and 16;20° in *abjad*.

[92] Ibn Yūnus (1032) determined a value of 4^s 16;19°.

[93] If Azarquiel took this value from Thābit's *Tract on the Solar Year*, we are dealing here with Ma'mūnī's observations, as stated by Morelon [1994:132-133] and Samsó [1994:VIII,8]. However the source is not explicitly stated in Azarquiel's *Book on the*

and taking into account the position of the solar apogee[94]. *Azarquiel2* corresponds to the supposed observations of the different astronomers as quoted by Azarquiel[95].

Table 4 shows the increase in time between the various attested or calculated observations.

Table 4
Δ of time between the various attested positions of *Qalb al-Asad*

	Δt acc. Ibn al-Hā'im	Δt acc. Azarquiel
Hipparchus	-----	-----
Ptolemy	287 from Hipparchus	285 id.
al-Battānī	741[96] from Ptolemy	744 id.
Ibn Barghūth	171 from al-Battānī	167 id.

In this table, the increase in time between the supposed observations quoted by Azarquiel in his *Book on the Fixed Stars* is not explicitly stated and has been deduced by researchers[97].

According to Azarquiel, the dates of the observation were the following: Hipparchus 150 BC; Ptolemy 137 AD; al-Battanī 883 AD; Ibn Barghūth 1049-1050 AD. However, Azarquiel is confusing. He gives the data in Arabic years but the increase in time between observations in Julian years,

Fixed Stars, and Azarquiel not only adds a paragraph praising Thābit's skill and method as an observer but also gives a value (4^s 13;13°) that is different from the value found in Thābit's *Tract* (4^s 13;2°) and from that of Ḥabash and al-Farghānī (4^s 13;15°) (Girke [1988]). All this suggests that Azarquiel may have been using a different source.

[94] J.M. Millás [1943-1950:297-8].

[95] J.M. Millás [1943-1950:305,309-314].

[96] In the text the value is 941, which most probably corresponds to a confusion between 700 and 900, which is very usual in Arabic script.

[97] I have used J. Samsó [1992:236]. R. Mercier [1996:328] calculates the following observation times: Hipparchus 145BC; Ptolemy 140AD and al-Battanī 884AD, which gives intervals of 285 years and 744 years between the aforementioned astronomers.

although this is not always stated in the text.

To devise the third model in the *Book on the Fixed Stars*[98], Azarquiel used the positions of *Qalb al-Asad* for different times, deduced from Thābit b. Qurra's values[99], taking into account the motion of the solar apogee, as was studied in chapter one of his lost solar treatise. According to him, these deduced values are more reliable that the observed ones, because he hold Thābit to be more reliable than anyone else.

As we can see, Ibn al-Hā'im's values are exactly the values attributed by Azarquiel to the different astronomers, except for al-Battanī's, which is not in *Azarquiel2* but is a rounding off of *Azarquiel1*. The small differences in the intervals of time probably correspond to the data from which the calculations had been deduced.

At the end of chapter 5, Azarquiel determines that the star *Qalb al-Asad* was at Leo 9;8° at the moment when $\Delta\lambda = 0°$. This is the value found in all the following Andalusī and Maghribī star tables entitled *jadwāl al-kawākib min al-mabdā' al-dhātī* and calculated for that moment. The difference between this position (Leo 9;8°) and the position of *Qalb al-Asad* determined by Ptolemy (Leo 2;30°) will give us the increase of 6;38° on Ptolemy's star positions found in all these tables[100].

0.[15] The motion affecting this star is what is called motion of accession. The positions of the star indicate that the orb was in accession (*muqbila*) at these times. Finally, there is a long excursus, not edited in the appendix, on the difficulties the other astronomers had found in understanding this motion correctly, which ends with the explanations of the different reasons why the author entitled his book *al-Zīj al-Kāmil*.

[98] J.M. Millás [1943-1950:295-300].

[99] On this see J. Samsó [1994:7-8].

[100] Goldstein & Chabás disagree with this; they maintain that these tables are calculated for the beginning of Hijra and are not related to Azarquiel's trepidation models. See Goldstein & Chabás [1994:34-35] and [1996:325-330]. For other argumentations in favour of a calculation for the moment at which the precession is 0°, see J. Samsó [1997:107-110] and M. Comes [1991] and [1997].

5. On the description of the accession and recession and obliquity models

The first *bāb* of the second *maqāla* deals with the description of the model for the motion of the Heads of Aries and Libra in their equatorial epicycles as well as that of the Pole of the ecliptic in its polar epicycle.

II.1.[1] The description begins with an introduction in which it is stated that the group of Toledan astronomers (*al-jamāᶜa al-ṭulayṭuliyya*) reached the conclusion - based on the information available to them about ancient observations - that the difference between tropical year and sidereal year (calculated using a *zīj* based on the Indian astronomical tradition) corresponds to the precession of the stars. There follows an ancient version of the theory of trepidation, attributed to the Babylonians as in al-Bīrūnī's *Tafhīm*[101].

In the introduction to his *Book on the Fixed Stars*[102], Azarquiel attributes this theory to Hermes and his followers, and differentiates it from Theon's theory, which he takes as a combination of precession and trepidation, as did al-Battānī in his *al-Zīj al-Ṣābi'*[103]. However, in chapter 6[104], Azarquiel attributes the theory to the "Hatelesmat" and says that this was stated by Hermes in a book called *Book on the Longitude*. In chapter 4[105] he states that the opinion of the authors of the "Hind"[106] was closer to the truth than the opinion maintained by Hermes and the authors of the "Hatelesmat".

The last two lines of the page are badly damaged and impossible to read. The parts of the missing sentence that can be read are the beginning: "The

[101] On this version see J. Ragep [1993:397-398, 404].

[102] J.M. Millas [1943-1950:277].

[103] See J. Ragep [1996:271-272].

[104] J.M. Millás [1943-1950:320].

[105] J.M. Millás [1943-1950:304].

[106] See Pingree [1972].

orb advances 8°..."; and the end "... the ecliptic orb elevates and depresses approximately the same quantity in this time". The whole sentence appears in Azarquiel's *Book on the Fixed Stars* (p. 277) as follows: "The orb advances 8° **and then goes backwards the same amount and the poles of** the ecliptic orb elevate and depress 8° alternatively"[107].

It is worth stating here that Ibn al-Hā'im is using the verbs *irtafaᶜa wa-inkhafaḍa*, also used by al-Hāshimī (c.890) in his *Kitāb fī ᶜIlal al-Zījāt*. This confirms the opinion of E.S. Kennedy and D. Pingree that al-Hāshimī is referring to trepidation, although, as J. Ragep states, he cannot be referring to the model of the *Liber de Motu*[108]. Of course, al-Hāshimī, like Azarquiel and Ibn al-Hā'im, is talking about a simpler and older model in which the 8° apply not only for the trepidation motion but also for the motion of the pole of the ecliptic[109].

II.1.[2] The group of Toledan astronomers, through the differences found and the observations made, conjectured that the position of the ecliptic related to the equator was changing and that the beginning of the signs (*mabda' al-burūj*, i.e, the Head of Aries) moved around the equator, sometimes north of it and sometimes south of it, with equal motions in equal times. This, according to the author, explains the changes observed in the velocity of the precession, which affects the fixed stars and the different lengths of the tropical year, which in turn produce time differences in the passage of the Sun through the equinoxes. After working in this direction together and reaching complete agreement, the group of Toledan astronomers devised three different models, although all of them

[107] Also on pages 280 ("the fixed stars advance 8° and then retreat the same quantity ... and the same quantity corresponds to the elevation and depression of the poles of the ecliptic orb") and 321 ("The poles of the ecliptic orb move up and down 8° and the beginning of Aries advances 8° and retreat 8°"). Maybe this could be related to the fact that although neither Ibn Sinān nor al-Khāzin give any parameter for their models, a 4° radius for the path of the ecliptic pole appears quoted by the commentators of al-Ṭūsī's *Tadhkira*. See J. Ragep [1993:404].

[108] Ragep [1996:279].

[109] Al-Hāshimī [1:f.97r and p.225].

agree that only one offers a perfect fit for the conditions provided by the observations.

In the introduction to his *Book on the Fixed Stars*[110], Azarquiel confirms Ibn al-Hā'im's reference to the group of Toledan astronomers working together on this subject. In chapter 6 of the same book[111], he also affirms that the third hypothesis offers all the conditions required for the motion stated above.

II.1.[3] Therefore, the description of the model devised and accepted by the group of Toledan astronomers starts with the celestial sphere as it was some 50 years before the Hijra, coinciding, according to Ibn al-Hā'im, with the birth of the Prophet. At this time, the Head of Aries was on the equator and tropical and sidereal longitudes were equal; so the two schools, that of *al-Hind* and *al-Mumtaḥan*, coincide[112].

Ibn al-Hā'im is thus correcting Azarquiel[113], according to whom the date of the birth of the Prophet, in which $\Delta\lambda = 0^{\circ}$, would be some 40 years before the Hijra, a date also maintained by al-Marrākushī[114].

Here begins the description of the model properly speaking. The radius of the equatorial epicycle will be approximately 4;8°, a rounding off of Azarquiel's third model radius (4;7,58°[115]), which appears in the tables of the *Book on the Fixed Stars* for the second accession and for the declination of the Head of Aries (δ)[116]. In fact, it is the related angle

[110] J.M. Millás [1943-1950:278].

[111] J.M. Millás [1943-1950:321].

[112] This paragraph is a summary of Azarquiel's beginning of section 2. See Millás [1943-1950:338].

[113] J.M. Millás [1943-1950:338].

[114] On the different opinions about the presumed date of the birth of the Prophet, in which $\Delta\lambda = 0^{\circ}$, cf. J. Samsó [1997:108 -109] and M. Comes [1997]. According to the Toledan Tables $\Delta\lambda = 0^{\circ}$ for year 604. See Mercier [1996:306-307].

[115] In Ibn al-Raqqām's *al-Zīj al-Shāmil* the value for the radius is 4;7,57°.

[116] J.M. Millás [1943-1950:336].

arcsin of 0;4,19,26°[117], a value also found in the corpus of *Book on the Fixed Stars*[118], attributed to Azarquiel by Ibn al-Hā'im in II.2.[1] (as 4;19,26,8°[119]), and used in VII.4.[1] (0;4,19,26 as r/60). This parameter is similar to the one used in the *Liber de Motu* (4;18,43°).

The model, as it was some 50 lunar years before the Hijra, is depicted in fol. 26r and Fig. 5. It consists of[120]:

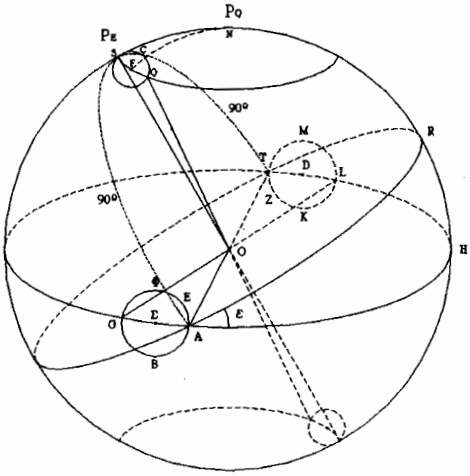


Fig. 5

ART	Ecliptic.
AHT	Equator.
O	Centre of the Universe.

[117] sin 4;7,58° = 0;4,19,26,42°, r = 4;19,26° for R = 60 in the Hebrew text edited by Millás.

[118] According to R. Mercier [1996:328], this is the value as quoted in text. J.M. Millás [1943-1950:318], states 4;19,26° on the basis of R = 60. This is also the value found in the Hebrew manuscript.

[119] Arcsin 0;4,19,26,8° = 4;7,57,27°.

[120] For the transcription of the Arabic letters I have used E.S. Kennedy [1991-1992:21-22].

A	Point at which the Head of Aries and the equator coincide.
Σ	A point at c. 4;08° from A, centre of the Aries equatorial epicycle.
AΣ	Radius of the equatorial epicycle.
ABGΦ	Aries equatorial epicycle.
TKLM	Libra equatorial epicycle.
GL & TA	Straight lines crossing at the centre of the Universe.
N	Pole of the equator.
HRNS	Solstitial colure.
HR	Angle corresponding to the obliquity of the ecliptic at that moment.
SFQ	Polar epicycle called in the text "Circle of the differences of the obliquity"[121].
<F	Centre of the polar epicycle (r = 0;10,20°), at 23;43° from N, which is ϵ_{mean}.
S	Pole of the ecliptic at its first ϵ_{mean}.
C	Pole of the ecliptic at ϵ_{min}.
Q	Pole of the ecliptic at its second ϵ_{mean}.
SCQ	Also called "circle of the differences of the obliquity" >[122].
NS	Obliquity of the ecliptic at that moment.
SA and ST	90°
R	Summer solstice.

From this initial position, at which the Head of Aries coincides with the equator and the Pole of the ecliptic is at its medium distance from the pole of the equator (ϵ_{mean}) in direction to the minimum distance (ϵ_{min}), the motion in the equatorial epicycle will take place around the equator: first, on the North side, eastwards (with regard to the equinox), and then, on the South

[121] It seems that a number of lines are missing here, because there is no mention of the polar epicycle, nor of the value of its radius. It looks like a "saut du même à même". A suggested text appears inside angle brackets in the edition of the Arabic text.

[122] The lettering and values appearing in the following paragraphs of the text but missing in this section are shown inside angle brackets.

side, westwards (with regard to the equinox)[123]. The East is identified in the text with the place from where the *Qabūl* wind blows, and the West from where the *Dabūr* wind blows[124]. Obviously, he uses the names of the winds in connection with the names of the motions *al-iqbal* and *al-idbār*. The description of the motion coincides with Azarquiel's[125].

A similar reference can also be found in *maqala* 5 *bab* 1, were Ibn al-Hā'im states that when the sphere is *mudbir*, the equinox goes forward towards the East, and when the sphere is *muqbil*, the equinox goes backward towards the West[126].

II.1.[4] Let us now consider that the two equatorial epicycles move carrying the Head of Aries and Libra respectively. The Head of Aries in arc AEΦ is on the northern side of the equator and to the east of the equinoctial point, and the Head of Libra in TZK is on the southern side of the equator and to the west of the equinoctial point. The pole of the ecliptic will also have moved eastwards in the arc SC. Then the different positions change, and the situation will be the following (Fig. 6):

E	Head of Aries
Z	Head of Libra
C	Pole of the ecliptic at that moment
NC	Obliquity of the ecliptic at that moment, corresponding to ϵ_{min}
HNC	Solstitial colure
Θ	Spring equinox

[123] This interpretation is based on what the author says below in II.1.[4] and II.1.[7].

[124] On the Cardinal Winds, see M. Forcada [1994] and D.A. King [1989].

[125] See J.M. Millás [1943-1950:289-294].

[126] See E. Calvo, [1998:[29]66]. The use of "accession" (*muqbil*) and "recession" (*mudbir*) both for the equinox and the Head of Aries is also found in other sources related to Azarquiel: for instance, in the *Kitāb al-Adwār fī Tasyīr al-Anwār* by Ibn al Baqqār. Ms. Escorial, 418, fol. 237. A paragraph that seems to be Ibn al-Baqqār's source is found in Ibn Isḥāq's *Zīj*. Ms. Hyderabad Andra Pradesh State Library 298, fol. 92.

X Autumnal equinox[127]
&[128] Summer solstice at that time.

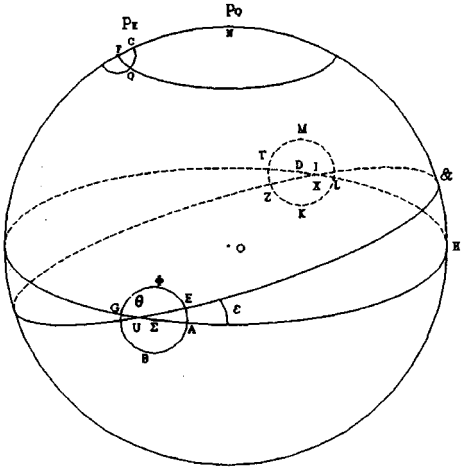


Fig. 6

II.1.[5] As the motion continues, the positions change. The Head of Aries moves in the circle AEΦ up to the point Φ, which is northern at a distance of 90° from the ecliptic; and the Head of Libra in TZK up to point K, which is southern at 90° from the ecliptic. The pole of the ecliptic will also move and arrive near the second ϵ_{mean}. The different positions will then be as follows (Fig. 7):

Φ Head of Aries
K Head of Libra
Q Pole of the ecliptic corresponding to the second ϵ_{mean}
NQ Obliquity of the ecliptic when reaching ϵ_{mean}

[127] At the equinoxes, the points Θ and I, on the ecliptic, and U and X, on the equator, mentioned here for the first time, coincide.

[128] & is used here to express the combination *lām-alif* not described by Kennedy [1991-1992].

V Spring equinox
W Autumnal equinox
J Summer solstice

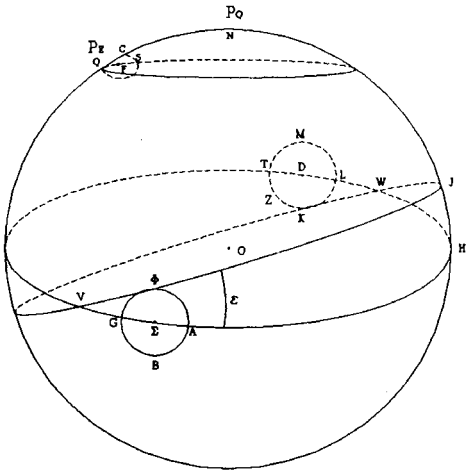


Fig. 7

II.1.[6] The motion continues in the next quarter of the equatorial epicycles (ΦG and KL), and the Heads of Aries and Libra again reach the equator at points G and L. The *al-Hind* and *al-Mumtaḥan* schools coincide again at a moment in which there is no accession nor recession, while the pole comes near its first ϵ_{mean}.

II.1.[7] The motion continues in the same way in both halves of the equatorial epicycles (GBA and LMT) as the pole rises to its ϵ_{min}. At that moment, the Head of Aries is in the southern half of the equatorial epicycle and to the west of the equinox, while the Head of Libra is in the northern half and to the east of the equinox. Exactly the opposite of the situation at the beginning of the motion.

II.1.[8] The motion in the two epicycles will be completed once the Heads of Aries and Libra have again reached points A and T.

The Heads of Aries and Libra, hence, will once again be in the position in which they were some 50 years before Hijra when the trepidation value was 0°. According, then, to Ibn al-Hā'im, the motion of the Heads of Aries and Libra takes the solstitial colure with it and this implies that there should be a connection between the two motions which justify trepidation and the variation of the obliquity of the ecliptic, for the solstitial colure passes by the different poles of the ecliptic moving around the polar epicycles. However, if these two motions have to be connected, both cannot be circular, unless the centre of the polar epicycle moves along a limited arc of the circle around the pole of the equator.

II.1.[9] The motions of the equatorial and polar pairs of epicycles each produce a pair of equal and opposed cones of a cylinder, whose bases are the circles created by these motions, connected by straight lines through the centre of the Universe. This idea comes from Azarquiel's description of his third model, although Azarquiel refers only to the cones produced by the accession and recession motion in the corresponding epicycles[129].

6. On the parameters of the motion of the Head of Aries and the Pole of the Ecliptic

Bāb 2 of *maqāla* II is entitled "On the quantity of the motions of the Head of Aries, the Pole and the Centre in their circles and the times of their return to the initial points". We will exclude the references to the centre of the solar eccentric, whose values, with the exception of the parameter of its motion for Julian years (0;6,27,42,33), are confirmed in *Maqāla* III, *bāb* 3 edited by E. Calvo in her paper on the model of the Sun in Ibn al-Hā'im's *zīj*[130], although she does not edit or comment on the references to the Sun found in the present chapter.

II.2.[1] There is no general agreement among the astronomers who established the parameters and periods of revolution. Azarquiel fixed the

[129] J.M. Millás [1943-1950:289].

[130] See E. Calvo [1998:56-58/89-90].

radius of the equatorial epicycle at 4;19,26,8°. This parameter is, according to Ibn al-Hā'im, the most accurate of those established by Azarquiel. The value, quoted by Ibn al-Hā'im, coincides with the radius stated by Azarquiel himself in his *Book on the Fixed Stars* (4;19,26°), and is even more precise[131]. As for the rest of Azarquiel's data that have reached him, Ibn al-Hā'im considers that they show a variety of imperfections.

Furthermore, Ibn al-Hā'im states the following: "When we examined the question in the pages (*suḥuf*) of him (Azarquiel) that were available to us related to this question [...] we found that they disagreed with the foundations (*uṣūl*) which were the basis of our knowledge. This compels us to review the whole question in order to correct him, especially in relation to the motion of the pole. The results calculated by him concerning the values of the obliquity for the times of the observations are different from those actually observed by him and by others. The difference is not small. Therefore, we cannot build our results on this basis, not even in an approximate way, for it produces important changes in the distance between the Head of Aries and the equinoctial point".

This paragraph seems to suggest that Ibn al-Hā'im was working on the basis of some papers written in Azarquiel's own hand, whose contents may be slightly different from the ones in the *Book on the Fixed Stars*. This would explain the fact that the parameters that Ibn al-Hā'im quotes as Azarquiel's are sometimes more exact or accurate than the parameters of the *Book*. Furthermore, in Ibn al-Ha'im's *Zīj* Roser Puig has also found a reference to the fact that our author saw some writings on Azarquiel's observations of the motion of the Moon in Azarquiel's own hand[132].

II.2.[2] Ibn al-Hā'im's own values are then stated. First of all he determines the ratio (*nisba*) concerning the time elapsed between the observations of Ptolemy, al-Battānī[133] and Azarquiel, as follows:

[131] See II.1 [3].

[132] *ʿalà mā wajadnā la-hu bi-khaṭṭ yadi-hi*. See R. Puig [2000:76-77, 91, n.[25].

[133] Jābir, in the manuscript.

Ptolemy-Battānī/Battānī-Azarquiel = $3;50,29^p/1^p$

The proportion requires a few comments: in his ***Book on the Fixed Stars*** Azarquiel also states this relationship, and extends it to the relationship between the observations of Hipparchus, Ptolemy and al-Battānī. According to Millás[134], the ratios are the following:

Hipparchus-Ptolemy/Ptolemy-Battānī = $1^p/2;36,37,53,40^p$

Battānī-Azarquiel/Ptolemy-Battānī = $[1]^p/[2];40,28,47,20^p$[135]

The first of Azarquiel's ratios presents no problems at all. If we adopt the dates of the "observations" of *Qalb al-Asad* calculated by Mercier[136] (Hipparchus 17/2/-145; Ptolemy 4/3/140; al-Battanī 19/3/884), we have the following ratio: $1^p/2;36,37,53,41^p$. As the fourths are stated in the text as 2/3 instead of 40, we have a very good approximation. The only correction required is the one stated by Millás for the degrees.

However, the Hebrew manuscript is confusing in relation to the second ratio[137]: to begin with, the integer parts do not appear in the text. Millás corrected the integer parts to [1] and [2], furthermore, the 40 minutes appear only in the margin of the manuscript; the seconds are corrected by Millás from 25" to 28"; the 47 thirds appear in the manuscript as fourths and the 20 fourths appear as fifths, without any mention of the thirds.

Millás's correction ($1^p/[2];[40],28,47,20^p$) would give a difference of 279 years between al-Battānī and Azarquiel, which would place Azarquiel's observations of *Qalb al-Asad* around 1165, i.e. almost one century after his time. Azarquiel uses Julian years when talking of time differences and this should also be applied to the relationships.

Considering that Azarquiel himself places his observations in 1074-1075

[134] See J.M. Millás [1943-1950:315].

[135] Neither of the integer parts are stated in the text.

[136] See R. Mercier [1996:328].

[137] I owe the readings of the Hebrew manuscript to T. Martinez.

and Mercier's calculation places them in 1076, we have to accept a correction for this parameter.

The first suggestion would be to correct Azarquiel's parameter on the basis of Ibn al-Ha'im's. If we suppose the integer parts to be 3^p instead of 2^p, and keep the 28", corrected by Millás, we would have a difference of about 203 years, meaning that Azarquiel's observations should be placed around 1087. If we also correct the 40' to 50', and forget about the fact that 47 are fourths in the manuscript, this would give us a difference between al-Battānī's time and Azarquiel's of 193 years, which places Azarquiel's observations around 1077, fitting the known data fairly well. Furthermore, $3;50,28,47,20^p$ seems to correspond to Ibn al-Hā'im's rounded off value $[3;50,29^p]$.

The problem is that the aforementioned correction involves a great number of changes. There is a second possibility, which is closer to the manuscript reading. If we accept that between Ptolemy and al-Battānī the difference of time is, as stated in the above ratio, 744 Julian years, and the difference between Azarquiel and al-Battānī 196 Julian years, we have a ratio of $1^p/0;15,47,20^p$. This difference would place Azarquiel's observations around 1080. This may also be a valid reading, although it involves several changes: to apply a correction from 25" to 25'[138] and from 25' to 15'; and forget the 40' in the margin as well as the fact that 47 and 20 may be thirds, fourths or fifths, which is not clear in the manuscript.

The third possibility would be to suppose the integer parts to be 3^p and maintain the rest of the data in the manuscript. We will then have $3;40,25,0,47,20^p$ which will give us a difference of 202 years between al-Battānī and Azarquiel, placing Azarquiel's observations in 1086, exactly 10 years after the data calculated by Mercier, and 11 or 12 years after the data stated by Azarquiel himself.

It seems that the first possibility is more reasonable, mainly if we take into account the exactitude of Ibn al-Hā'im when quoting Azarquiel's words and parameters.

[138] J.M. Millás [1943-1950:315] corrects 28" to 25', although in the manuscript it appears as 25".

II.2.[3] Afterwards, Ibn al-Hā'im determines the revolution periods[139]:

a) Head of Aries: (Julian years) = 3874 y. and 3 and ca. 1/2 months.

From this revolution period, which is approximate, we can derive a daily value of 0;0,0,54,57,3,5,42° very close to the parameter given by Ibn al-Hā'im himself (0;0,0,54,57,3°) and quoted in II.2.[4]. The parameter derived from the mean motion values (0;0,0,54,57,2,41°) also fits the value stated.

The value given by Azarquiel is 3874 Julian years. As always, Ibn al-Ha'im follows Azarquiel but is more precise in the parameters.

From Azarquiel's revolution parameter, we obtain a daily value of 0;0,0,54,57,17,38,5°, very close to the parameter derived from mean motions in Persian and Julian years (0;0,0,54,57,17,38,4°). The parameter for Persian years agrees to the sevenths with the parameter for Julian years, whenever we use the value stated for 1 Persian year; if we correct this value on the basis of the values for 10 and 100 Persian years we obtain 0;0,0,54,57,7,46°. Arabic years show a different parameter, a problem which has been studied in depth by Mielgo[140].

b) Pole of the ecliptic: (Persian years) = 2032 y. and c. 29 days.

This value is once again approximate and gives a daily parameter of 0;0,1,44,50,20°, very close to the parameter given by the same Ibn al-Hā'im (0;0,1,44,49°) and also quoted in II.2.[4].

The value given by Azarquiel is 1850 Julian years. Here Ibn al-Hā'im is correcting Azarquiel. Similar corrections in the parameters of the obliquity of the ecliptic model will appear in almost all of Azarquiel's followers, because after Azarquiel's time, the obliquity was still decreasing

[139] The values are very close to those of Azarquiel and the rest of his followers, although the basic parameters seem to have been slightly modified. Azaquiel tables are calculated for Arabic, Persian and Julian Years.

[140] See H. Mielgo [1996].

and the parameters had to be modified in order to fit the observations[141]. According to Ibn Isḥāq and Ibn al-Raqqām, to make a complete revolution the pole of the ecliptic needs 2698 Julian years.

II.2.[4] From the revolution parameters he obtains the following motions:

a) Head of Aries:

(Julian year) = c. 0;5,34,30,45,40°
(Persian year) = c. 0;5,34[142],17,1,24°
(Arabic year) = 0;5,24,32,43°
(Daily) = 0;0,0,54,57,3°

The values stated by Azarquiel for the mean motion of the Head of Aries are:

(Julian year) = 0;5,34,32,16,36°
(Persian year)= 0;5,34,18,32,16,35°
(Arabic year) = 0;5,24,32,23,21,40°
(Daily) = not stated.

b) Pole of the ecliptic

(Julian year) = c. 0;10,38,4,43,3°
(Persian year) = 0;10,37,38,30,45,48°
(Arabic year) = c. 0;10,19,3,56,16,48°
(Daily) = 0;0,1,44,49°

Ibn al-Hā'im's daily motion of the Head of Aries, recalculated from Persian and Julian years, is slightly different from the daily motion

[141] See M. Comes [1996].

[142] In ms. 44.

recalculated from Arabic years. The difference starts in the sixths.

(Daily motion from Persian year) = 0;0,0,54,57,2,41,48°
(Daily motion from Julian year) = 0;0,0,54,57,2,41,45°
(Daily motion from Arabic year) = 0;0,0,54,57,2,43,33°

This also happens with the motion of the Pole of the ecliptic. The difference also starts in the sixths.

(Daily motion from Persian year) = 0;0,1,44,49,4,14,17°
(Daily motion from Julian year) = 0;0,1,44,49,4,14,6°
(Daily motion from Arabic year) = 0;0,1,44,49,4,6°

Similar differences are also found when recalculating Azarquiel's daily value for the motion of the Head of Aries[143], although in this case the difference starts in the fourths.

(Daily motion from Persian year) = 0;0,0,54,57,17,38,4,1°[144]
(Daily motion from Julian year) = 0;0,0,54,57,17,38,4,11°
(Daily motion from Arabic year) = 0;0,0,54,56,59,24,2,50°

However, in Azarquiel's motion of the Pole of the ecliptic[145], the difference does not start until the sevenths.

[143] On the differences between the daily parameter derived from Azarquiel's Arabic and Persian/Julian years, see H. Mielgo [1996:172-178]; and M. Comes [1996:357-359]. Mielgo worked on the assumption that Millás's edition was correct; though there are several misreadings, the differences do not change the main idea of Mielgo's paper.

[144] As corrected by Mielgo [1996:174-178].

[145] There is a mistake in Millás's translation of the Hebrew text. I have used the correct value which is the one that appears in the tables edited by Millás [1943-1950:329] (0;11,19,40°), different from the value stated in the translation for 1 Arabic year, p. 327 (0;10,19,59,39,40°). From the values for 10 and 100 years in the text the daily value recalculated is 0;11,19,39,59,39,40°, which corresponds exactly to the value stated in the Hebrew text, rounded off in the table to 0;11,19,40°

(Daily motion from Persian year) = 0;0,1,55,4,42,42,5,44°
(Daily motion from Julian year) = 0;0,1,55,4,42,42,5,35°
(Daily motion from Arabic year) = 0;0,1,55,4,42,42,4,17°

As we have seen, Ibn al-Hā'im's parameters do not coincide with Azarquiel's nor with the values found in the rest of Azarquiel's followers[146]. However, this is not surprising; Ibn al-Hā'im himself states that he determined new parameters on finding substantial differences amongst his predecessors. Ibn al-Hā'im is just accepting some of the old parameters, and in the case of the trepidation model he considers only Azarquiel's radius of the equatorial epicycle as correct. Ibn al-Raqqām[147] will also introduce slight corrections to Ibn al-Hā'im's parameters.

7. On the impossibility of constructing an everlasting table to determine Δλ.

Bāb 3 of *maqāla* II deals with the relationship between the revolution periods of the Head of Aries and the pole of the ecliptic.

II.3.[1] According to Ibn al-Hā'im, the ratio (نسبة) of the velocities is approximately the following: Rev. Pole/Rev. Aries = 1;54,40/1. Then, the revolution period of the pole of the ecliptic is almost twice the revolution period of the Head of Aries, the difference being only 0;5,20.

II.3.[2] From this difference, Ibn al-Hā'im calculates the relationship between the recurrences of both motions, using different procedures. First of all taking a revolution to be 60, he has:

11 revolutions and 1/4 for the Head of Aries.

[146] On the parameters used by the different astronomers dealing with trepidation, see M. Comes [1996:357-363]. See also J. Samsó & E. Millás [1998:262].

[147] M. Abdulrahman [1996b:51].

21[148] revolutions and 1/2 for the Pole of the ecliptic.

In effect, 60/5;20 = 11;15 and 11;15 × 1;54,40 = 21;30.

Then he uses the term "bsṭ"[149], which means that he reduces the aforementioned values to a common denominator, obtaining:

45 revolutions for the Head of Aries.
86 revolutions for the Pole of the ecliptic.

We can see that 11 1/4 = [(11×4)+1]/4 = 45/4 and 21 1/2 = [(21×2)+1]/2 = 43/2. Then, multiplying both fractions by 4, we have 45 and 86, which are the minimum value of entire numbers which keep the same ratio as that of the two velocities.

He then repeats the operation giving the revolution the value of 360° instead of 60^{p}. Therefore the ratio 5;20/60 becomes 5;20/60 × 360° = 32°, which means that the pole of the ecliptic will miss completing two revolutions by 32° (360° × 2 - 32° = 688°), while the Head of Aries performs one revolution.

Furthermore, 360° / 32 = 11;15° and he repeats here that 11;15 revolutions of the Head of Aries would correspond to 21;30 revolutions of the Pole.

He then uses again the term "bsṭ", meaning to reduce an entire number and a fraction to a common denominator, and he obtains:

180 revolutions for the Head of Aries
344 revolutions for the Pole of the ecliptic

In effect, 1;54,40 = 1 + 54/60 + 40/3600 = 6880/3600 = 344/180. However, 180 and 344 are not the minimum entire numbers in the aforementioned ratio of velocities, although if we simplify the ratio

[148] 22 in the manuscript: this is obviously incorrect because the ratio would be more than double; furthermore, 21 is explicitly stated at the end of this very same chapter.

[149] Ibn al-H'im uses "bsṭ", which, according to Souissi [1968:90-92], in a mathematical context means to reduce an entire number and a fraction to a common denominator.

180/344, we obtain 45/86 as before. Of course, the 344 revolutions can also be deduced from the previous step: 360 - 32/2 or 688/2.

This is the proof he needed to demonstrate that it is impossible to construct an everlasting table to determine $\Delta\lambda$. The reason is that the table will only again be useful when the Head of Aries has completed the 45 revolutions, which, bearing in mind that the Head of Aries completes a revolution every 3874 years, gives us 174330 years, a period too long to be considered.

II.3.[3] According to him, Azarquiel, Abū Marwān and the *Qāḍī* Abū 'l-Qāsim Ṣāᶜid understood this impossibility and this is why there are no tables of this kind in their works.

However, the trepidation tables in the *Liber de Motu* and in the *Toledan Tables* give directly the precession value. This suggests two possibilities: that neither Abū Marwān nor Ṣāᶜid or Azarquiel were the authors of the *Toledan Tables* or that the trepidation tables were a later addition. This latter option, however, conflicts with Mercier's proved opinion that these tables were designed to work only with the *Toledan Tables*[150].

II.3.[4] Ibn al-Hā'im states that more recent authors, amongst them Ibn al-Kammād and some contemporaries of Ibn al-Hā'im, were unaware of this and mistakenly prepared everlasting tables for $\Delta\lambda$[151] and believed that the two motions coincide[152].

8. On how to determine ϵ using the corresponding tables

Bāb 1 of *maqāla* III is devoted to determining the obliquity of the ecliptic using the corresponding tables.

[150] Mercier [1996:299].

[151] Ibn al-Hā'im himself prepared tables for the motion of the Head of Aries and the Pole of the ecliptic, but to be used for a limited period of time. See 0.[13].

[152] See 0.[6-7].

III.1.[1] It involves the use of two tables: 1) a mean motion table for the motion of the Pole of the ecliptic around its epicycle, then giving angle *j*; and 2) a table for the different values of obliquity in which the argument is *j*. The procedure suggests the use of seconds, which do not appear in all the obliquity tables -al-Marrākushī's[153] for instance- and corresponds exactly with Azarquiel's model.

9. On how to determine the Δλ using the corresponding tables

Bāb 2 of *maqala* III deals with the use of the tables to determine the distance between the Head of Aries and the spring equinox, that is the accession and recession motion.

III.2.[1] Ibn al-Hā'im uses two tables (See Fig. 9):
a) a table for the mean motion of the Head of Aries (angle *i*).
b) a table giving directly Δλ, using angle *i* as argument.

The first table calculates the motion of the Head of Aries in its epicycle, while the second one computes the distance between the moving Head of Aries and the equinox, which corresponds to the increase or decrease of the longitude due to accession and recession motion. The second table is calculated to the precision of seconds. The result should be added to or subtracted from the sidereal longitude of the star or planet, depending on whether the equation is positive (*iqbāl*) or negative (*idbār*).

Although he is describing Azarquiel's third model, he does not use the tables and the procedure given by Azarquiel but the ones found in the *Liber de Motu* and the *Toledan Tables*, and used by most of Azarquiel's followers such as Ibn al-Kammād, Ibn Isḥāq al-Tūnisī, Ibn al-Bannā', Abū 'l-Ḥasan al-Murrākushī, Abū 'l-Ḥasan al-Qusanṭīnī, Ibn ᶜAzzūz al-Qusanṭīnī, Ibn al-Raqqām and the authors of the *Barcelona Tables*[154]. The main difference is that Azarquiel does not have a table giving Δλ

[153] See M. Comes [1996:362-3].

[154] See at this respect M. Comes [1996:356-362].

directly, but uses an indirect procedure involving a number of calculations[155].

As we have seen, the use of a table that gives $\Delta\lambda$ directly seems to be precisely what he has been criticizing in Ibn al-Kammād and some of the astronomers of his own time[156]. Howeveas I understand it, what he is criticizing is not the use of the table for a short period of time whenever great accuracy is not required, but the use of an everlasting table.

III.2.[2] In fact, he is merely explaining how to use a table of this kind but warning the user that when the mean motion of the Head of Aries is greater than 6 signs the approximation obtained is worse.

We have to take into account that the tables are calculated using a fixed obliquity, while the calculation with the formula allows the use of the obliquity corresponding to any moment.

In *maqāla* 7, *bābs* 3 and 4 he will explain how to determine the $\Delta\lambda$ exactly.

As we will see, in the corresponding commentary[157], he will use the same procedure and trigonometrical formula as Azarquiel.

10. On how to determine the minimum obliquity from an observed obliquity

In *maqāla* VII, *bāb* 1, Ibn al-Hā'im uses a procedure of spheric trigonometry to determine ϵ_{min} from a given observation of the obliquity of the ecliptic.

The model for the obliquity of the ecliptic described by Ibn al-Hā'im is Azarquiel's. It is depicted in fol. 81r[158], partially erased by moisture; it is also shown in Fig. 3, and described in VII.1.[4].

[155] See J. Samsó [1994:22-25].

[156] See E. Calvo [1997] and J.L. Mancha [1998:6].

[157] See VII.3. [1-4].

[158] In the figure appearing in the manuscript, letters B and G are interchanged. I have corrected this mistake following the description of the model found in VII.1.[4].

VII.1.[1] Consists of a set of instructions for obtaining ZA. Following Azaquiel, Ibn al-Hā'im uses here the cosine theorem formulated in al-Andalus by Ibn Mu^{c}ādh in his *Kitāb Majhūlāt Qisī al-Kura*[159] and by Jābir b. Aflaḥ in his *Islāḥ al-Majisṭī*[160].

First, Ibn al-Hā'im obtains ZD, using the angle of rotation around the polar epicycle at the moment of the observation, the radius of the polar epicycle, and the observed obliquity. The procedure is as follows:

$$\text{Sin BG} = 60 \times \sin \text{BG};$$
$$0;0,10,20^{\circ} \times \text{Sin BG} = 0;10,20^{\circ} \times \sin \text{BG}$$

In order to obtain the arc of great circle GD, he operates:

$$\text{GD} = \text{Sin}^{-1}\,(0;10,20^{\circ} \times \sin \text{BG})$$

He then obtains Cos GD, which will be a divisor (*imām*) in the final formula:

$$\text{Cos ZD} = \text{Cos ZG} \times 60 \,/\, \text{Cos GD}$$

At this point in the text there seems to be a mistake or a copyist's error, for it states that we should obtain the arcsine (instead of the arccosine) of ZD.

Then, Ibn al-Hā'im gives the instructions for obtaining AD, again using the motion of the pole (Cord j for $j < 180^{\circ}$) or (Cord ($360^{\circ} - j$) for $180^{\circ} < j < 360^{\circ}$) and the radius of the polar epicycle.

$$\text{Cord AG} = 60 \times \text{cord AG}$$
$$0;0,10,20^{\circ} \times \text{Cord AG} = 0;10,20^{\circ}\ \text{cord AG}$$

In order to obtain the arc of great circle AG, he operates:

[159] On Ibn Mu^{c}ādh's trigonometry see M.V. Villuendas [1979] and J. Samsó [1980:60-68].

[160] See R. Lorch [1975:38] and J. Samsó [1980:64].

$$AG = Cord^{-1}\ (0;10,20^{o} \times cord\ AG)$$

He then obtains Cos AG, which will be used in the final formula:

$$Cos\ AD = Cos\ AG \times 60 / Cos\ GD$$

As above, the arcsine of AD is used instead of the arccosine.

Finally he obtains ZA, which is the desired minimum obliquity, that is to say the minimum distance between the pole of the ecliptic and the pole of the equator, through a simple subtraction (ZA = ZD - AD).

The radius given by Ibn al-Hā'im is 0;10,20° (0;0,10,20 × 60[161]) which does not correspond exactly to Azarquiel's r = 0;10°. However, as we have seen in II.2.[1], Ibn al-Hā'im does not consider Azarquiel's radius of the polar epicycle as one of the correct values, so it is not strange to find it corrected.

VII.1.[2] By the usual formula *wa-l-ᶜilla fī dhālika*, he introduces the description of the figure as follows:

AGB	Polar epicycle
BAZ	Arc of a great circle passing through the centre of the polar epicycle, the pole of the equator and point A
Z	Pole of the equator
A	Pole of the ecliptic at its minimum distance[162] from the pole of the equator ($AZ = \epsilon_{min}$)
B	Pole of the ecliptic at its maximum distance from the pole of the equator ($BZ = \epsilon_{max}$)
G	Pole of the ecliptic at a given moment
ZG	Arc of a great circle from G to the pole of the equator (Z), that is the distance between the two poles at the given moment = observed ϵ.

[161] Both Azarquiel and Ibn al-Hā'im insist repeatedly that they use R=60. See VII.4.[1].

[162] The text states merely "distance from the pole of the equator".

AZ Minimum obliquity of the ecliptic (ϵ_{min})

VII.1.[3] Furthermore, he determines that if we know an observed obliquity, the desired minimum obliquity, that is ZA, is also known. He describes the triangles he needs to solve and adds the following:

AG Arc of a great circle, represented in the drawing by the chord AG
GD Arc of a great circle perpendicular from point G to the arc of great circle AB, represented in the drawing as a stright line

VII.1.[4] The known data are the following: BG (derived from AG); Sin BG = DG; ZG (known by observation); R = 60^p and r (radius of the polar epicycle = $0;10,20^p$).

VII.1.[5] He shows here how to solve the right angled triangle ZGD, made of arcs of great circles, in which D is the right angle. He uses the cosine theorem to determine ZD: cos GZ/cosZD = cos GD/sin 90° (the formula used in VII.1.[1]).

VII.1.[6] He then solves the right angled triangle AGD, using the known data, in order to determine AD. The procedure used here, as elsewhere, is extremely careful: arc AG of the equatorial epicycle is known (for r = 0;,10,20), we can thus calculate chord AG (for R = 60) and obtain, from a table of chords, the arc AG of a great circle of the sphere.

VII.1.[7] From these known data, he again uses the cosine theorem to determine AD: cos AG/cos GD = cos AD/sin 90° (the formula used in VII.1.[1]). Then, he only needs to subtract AD from ZD to obtain ZA, the desired minimum obliquity.

11. On how to determine the obliquity (ϵ) corresponding to a given moment

Maqāla VII, *bāb* 2, shows how to determine the obliquity of the ecliptic for a given moment.

VII.2.[1]-[4] The procedure is the same as before but in the reverse order. First of all he uses the cosine theorem to solve the right angled triangle AGD.

The known data are as before: AG, and consequently BG, which implies that DG, being the sine of BG, is also known. With this he determines DA, using the same procedure as in VII.1.[1],[6].

Afterwards, he uses right angled triangle DZG. Here, the difference is that instead of knowing the hypotenuse and one side and then determining the other side he knows the two sides and has to determine the hypotenuse.

The known data are: ZD, which is ZA (ϵ_{min}) plus DA, the value above determined and DG, being the sine of BG.

To determine ZG, that is, the hypotenuse, he uses the relationship mentioned in VII.1.[5], based on the cosine theorem. ZG will correspond to the desired obliquity for a given moment.

This is exactly what Azarquiel does in his *Book on the Fixed Stars*[163], where he also solves the same two right angled spherical triangles[164] to determine the obliquity of the ecliptic, using as known data the maximum and minimum obliquity and determining the obliquity for a given moment. He uses the same theorems as Ibn al-Hā'im, but more than a century before, more or less at the same time as or slightly after Ibn Muᶜādh, without specifying the procedure and the relations as Ibn al-Hā'im does. Azarquiel is just showing that in right angled spherical triangles, once one of the sides and the hypotenuse are known the other side is known; and once the two sides are known the hypotenuse is known, which implies the use of spherical trigonometry as in Ibn al-Hā'im's text.

12. On the knowledge of "al-iqbāl al-awwal"

Bāb 3 of *maqāla* VII deals with the determination of the *iqbāl al-awwal*, which computes $\Delta\lambda$, that is the positive or negative amount of precession

[163] J.M. Millas [1943-1950:330].

[164] According to Ibn al-Hā'im "*min qisīy dawā'ir 'iẓām*" and following Millás' translation of Azarquiel's Hebrew text "Arcos de circulo grande" (Arcs of great circles).

for a given moment, which is not found tabulated in Azarquiel. The title introduces for the first time the notion of accession and recession "perceptible by the senses" (*maḥsūs*) in contrast with the title of *bāb* 4, dealing with *al-iqbāl al-thānī*, in which the accession and recession is "perceptible by the intellect" (*maᶜqūl*).

Azarquiel also refers to *al-iqbāl al-awwal* as perceptible by the senses; however, he considers *al-iqbāl al-thānī* as the "true" *iqbāl wa-idbār* of the Head of Aries, that is the motion of the Head of Aries not in its equatorial epicycle, and hence in the ecliptic, but projected onto the equator.

The astronomers who follow Azarquiel's trepidation model consider that the outermost orb (*al-aqṣā*) has two motions, one tropical and perceptible by the senses (*ṭabīᶜī ḥissī*) and the other sidereal and perceptible by the intellect (*dhātī ᶜaqlī*)[165].

VII.3.[1] This paragraph corresponds almost verbatim to a paragraph in chapter 8 of Azarquiel's *Book on the Fixed Stars*[166] and explains the use of the table for the declination of the Head of Aries.

Should we want to calculate the accession or recession for a given moment, we will take as argument the mean motion of the Head of Aries and use it to enter the table of "declinations" in Azarquiel, or "sine of the declination" for Ibn al-Hā'im[167]. If the argument is between 1° and 180°, δ will be northern; on the other hand, between 180° and 360°, it will be southern. Then, we should apply the formula:

$$\sin \Delta\lambda = \sin \delta \times 60 / \sin \epsilon$$

If i is between 1° and 90° or between 270° and 360°, the Head of Aries is moving towards (*muqbil*) the north, while in the rest of the epicycle it is

[165] This terminology is found in Ibn al-Raqqām's *al-Zīj al-Shāmil fī Tahdhīb al-Kāmil*, chapters 72 and 73, taken from Ibn al-Hā'im, but also in his *al-Zīj al-Mustawfī* (chapter 17) and other sources such as Ibn Isḥāq's *zīj* (Hyderabad, fol. 92) and Ibn al-Baqqār's *Kitāb al-Adwār* (fol. 139v).

[166] See J.M. Millás [1943-1950:335-337].

[167] See in this regard 0.[12].

moving towards (*muqbil*) the south. If the declination is northern, the accession and recession (*iqbāl* and *idbār*) -one should understand the position of the Head of Aries- are to the east of the spring equinox and the Head of Aries will be forward (*mutaqaddima*) towards the East, but if the declination is southern, the accession and recession (*iqbāl* and *idbār*) will be to the west of the equinox while the Head of Aries will be backward (*muta'akhkhira*) towards the West[168].

If we follow Azarquiel's and Ibn al-Hā'im's instructions for calculating $\Delta\lambda$ step by step, the only difference we find is that Azarquiel uses one table for the declination and another one for sines, while Ibn al-Hā'im's table, as we have seen, gives the sine of the declination directly.

VII.3.[2] Introduced as is customary by the formula *wa-l-ᶜilla fī dhālika*, this section presents the trigonometrical explanation. To begin with, we find the description of the model, which corresponds to Azarquiel's geometrical description of chapter 8[169]. The lettering in the figure that appears in the manuscript (81v) does not correspond to the description of the text. I have reproduced it as Fig. 8, although I have followed the lettering in the text:

ABG	Equatorial epicycle
AG	Diameter of ABG
B	Head of Aries at a given moment
BZ	Arc of a great circle perpendicular to AG and δ at that moment
DB	Section of the ecliptic and $\Delta\lambda$ perceptible by the senses at that moment

[168] The possible confusion arises from two facts: the first is that place were the "accession or recession" (in Azarquiel's terminology) of the Heads of Aries and Libra starts (i = 0° or 180°) is not the place were the "accession or recession" of the equinoctial points starts (i = 90° or 270°), and the second is that neither Azarquiel nor Ibn al-Hā'im sate explicitly whether they are talking about the direction of the Heads of Aries and Libra, their positions with regard to the equinoxes or the forward and backward motion of the equinoxial points.

[169] Millás [1943-1950:333-334].

AGD Section of the equator
D Intersection between equator and ecliptic and hence the spring equinox at that moment

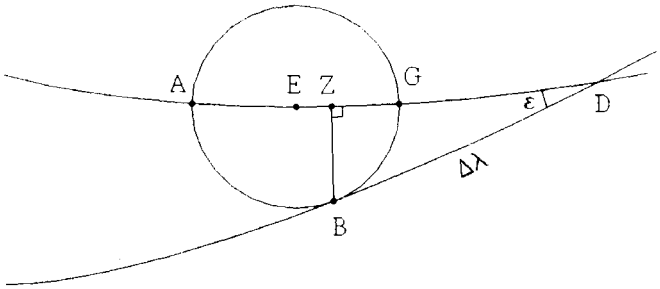


Fig. 8

This implies one of the following possibilities: either 1) Azarquiel knew Ibn Muᶜādh's trigonometry, which apparently was unknown in Toledo in the time of Ṣāᶜid al-Andalusī or 2) The new Eastern trigonometry reached al-Andalus not only through Ibn Muᶜādh but via other channels as well.

VII.3.[3] Ibn al-Hā'im then determines the relationship for solving the spherical triangle DZB (Fig. 8), which does not appear in Azarquiel, although it is implicit in his geometrical resolution of the spherical triangle. Ibn al-Hā'im uses the sine theorem here, formulated also in al-Andalus by Ibn Muᶜādh in his *Kitāb Majhūlāt Qisī al-Kura*[170] and Jābir b. Aflaḥ in his *Īslāḥ al-Majisṭī*[171].

$$\text{Sin BZ/Sin BD} = \text{Sin D/Sin Z}$$

[170] On Ibn Muᶜādh's trigonometry see M.V. Villuendas [1979] and J. Samsó [1980:60-68].

[171] See R. Lorch [1973:38] and J. Samsó [1980:64].

VII.3.[4] Ibn al-Hā'im tries to determine BD = $\Delta\lambda$, from the known data, that is: BZ = δ; D = ϵ; Z = 90°, of a right angled spherical triangle. Then, according to the given relation, the formula to be applied has to be:

$$\sin \Delta\lambda = \sin \delta \times \sin 90° / \sin \epsilon.$$

We find exactly the same in Azarquiel's text.

13. On the knowledge of the "iqbāl al-thānī"

As we have seen, *bāb* 4 of *maqāla* VII deals with the determination of the *iqbāl al-thānī*[172], which calculates what Azarquiel calls the "equation of the diameter" (ZG in Fig. 9). As usual, the figure in the text (fol. 82v) is incomplete. The *iqbāl al-thānī* is the difference between the right ascensions of the Head of Aries (B) and of point (G). In Ibn al-Hā'im's words *iqbāl al-ʿamūd fī 'l-quṭr*.

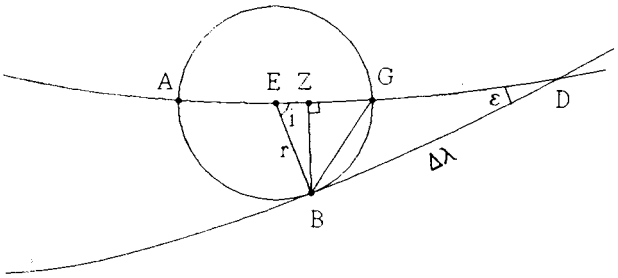


Fig. 9

[172] On *al-iqbal al-thānī* see B. Goldstein [1964:242-244]; and J. Samsó [1994b:X;15].

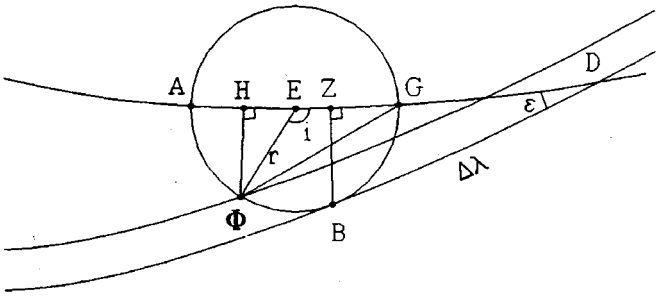


Fig. 10

The terminology used needs some commentary. The *iqbāl al-thānī* is an arc on the equator, while the *iqbāl al-awwal* is an arc on the ecliptic. The *iqbāl al-thānī* is defined in the title of the chapter as if it were the ascension of each degree of the equatorial epicycle with respect to the meridian. The same kind of expression appears again in [3] and is clarified in [4], in which the words *mā yaṭlaᶜ fī dā'irat nisf al-nahār* become *mā yajūz fī dā'irat nisf al-nahār*. This seems to refer to the arc of the equator between the meridian transits of two points of the equatorial epicycle.

In *bāb* 17 of *maqāla* VI, Ibn al-Hā'im uses the *iqbāl al-thānī* to calculate the equation of time. The equation of time is the difference between two passages of the sun through the meridian, the passage of the real sun traveling along the ecliptic and the hypothetical passage of the mean sun traveling along the equator. He uses the *iqbal al-thānī* to determine the precession value projected onto the equator, that is the right ascension of $\Delta\lambda$[173]. The same use is mentioned in chapters 6 and 17 of Ibn al-Bannā's *Kitāb Minhāj al-Ṭālib li-taᶜdīl al-Kawākib*[174].

[173] On this, see A. Mestres [1999:I,29-31]

[174] See Vernet [1952:28,82;53,117].

VII.4. [1-2] Paragraph one partially corresponds to a paragraph in chapter 8 of Azaquiel's *Book on the Fixed Stars*[175]. In it we find the instruction for calculating *al-iqbāl al-thānī* with the corresponding table using the mean motion of the Head of Aries as argument.

However, Ibn al-Hā'im here presents a formula not found in Azarquiel to calculate the *al-iqbāl al-thānī* for the positions of the Head of Aries taking into account if $i < 180^{o}$ or $i > 180^{o}$.

In the first case, he uses:

$$\text{Cord } i \times 0;4,19,26^{p} = 60 \text{ cord } i \times 0;4,19,26^{p} = \text{cord } i \times 4;19,26^{p}$$

$$\text{Sin } (180 - i) \times 0;4,19,26^{p} = 60 \text{ sin } (180 - i) \times 0;4,19,26^{p} =$$

$$\text{sin } (180 - i) \times 4;19,26^{p}$$

The development of the formula is as follows:

$$\text{Cord}^{-1} (\text{cord } i \times 4;19,26^{p}) = \frown BG \text{ (arc of great circle)}$$

$$\text{Sin}^{-1} (\text{sin } (180 - i \times 4;19,26^{p}) = \frown BZ \text{ (arc of great circle)}$$

He, then, determines ZG, the desired *iqbāl al-thānī*, using the relationship stated in VII.4.[4], where we find the geometrical explanation, corresponding to Azarquiel's[176]:

$$\text{Cos } ZG = \text{Cos } BG \times 60 / \text{Cos } BZ;$$

For the second case, the procedure is the same, using:

[175] J.M. Millás [1943-1950:336-337].

[176] J.M. Millás [1943-1950:333-334].

Cord (360 - *i*);

Sin (180 -(360 -*i*)) = Sin (*i* - 180)

The radius of the equatorial epicycle is $4;19,26^p$ ($0;4,19,26^p \times 60$). As in the case of the radius of the polar epicycle, Ibn al-Hā'im uses two values, the radius given in the text and the value of the radius divided by 60, used in the geometrical description.

The description found in VII.3.[2] is also repeated, with the following additions:

E Centre of the epicycle
BG Arc of great circle and straight line connecting the two points

VII.4.[3] Now, the known data are: GB (*i*); BA (180° - *i*) and ZB (δ).

The geometrical explanation is as follows: given the triangle GBZ, made of arcs of great circles, of which Z is the right angle, the relationship, according to Ibn al-Hā'im but not stated by Azarquiel, will be:

$$\cos BG / \cos GZ = \cos BZ / \sin 90^\circ$$

As BG and BZ are known, we also know GZ, that is, *al-iqbāl al-thānī*. So Ibn al-Hā'im is using the cosine theorem here. Azarquiel uses the same triangle and the same data so that, implicitly, he is using the same relationship.

14. On the knowledge of the "iqbāl al-thānī" between two given positions of the Head of Aries

VII.4.[4] Then, Ibn al-Hā'im adds the procedure to be used to determine the "second accession" between two different positions of the Head of Aries. Let us now suppose that at another moment the Head of Aries is at point Φ and draw a perpendicular to AG, in order to obtain the value of δ at that moment. We also draw an arc of a great circle between Φ and G and join the two points with the straight line ΦG (Figs. fol. 83v. and 10).

VII.4.[5] Then, let us consider, as before, the right angled triangle ΦHG made of arcs of great circles, in which we know: H = right angle; HΦ (δ) and ΦG (i). We will calculate GH using the cosine theorem. As GZ is already known (VII.4.[3], once GH is determined, HZ will also be known and this is the quantity corresponding to the second accession between the two positions of the Head of Aries corresponding to two given moments.

III. Conclusions

1. General conclusions

This manuscript is interesting because it offers, for the first time, a detailed description of the Andalusian theory of trepidation in an Arabic text and not in a Latin or Hebrew translation of an Arabic text. In the *Kāmil zīj*, accession and recession, or trepidation, is a constant throughout the book because it has to be taken into account for most of the calculations and procedures that the book presents: from the equation of time and the explanation of the different kinds of years to the knowledge of the procedure used to calculate the tropical longitudes of the heavenly bodies referred to the ecliptic.

Ibn al-Hā'im is not keen on tables; however, he suggests that they may be used, whenever the user is aware of the fact that, in general, tables have a time limit of no more than 40 years. In particular, trepidation tables have to be adapted to the changing obliquity. In fact Ibn al-Hā'im's equation table takes into account the value of ϵ for each mean position of the Head of Aries on the equatorial epicycle (See 0.13). However, the fact that the period of revolution of the Pole of the ecliptic is not exactly twice the period of revolution of the Head of Aries implies that the values for arguments between 180° and 360° in the table will not be symmetrical to those between 0° and 180°. Even if the table is prepared for 360°, it will be valid just for one revolution of the Head of Aries.

Ibn al-Hā'im also offers other information on Andalusian sources: for instance, the parameters used by Abū Marwān al-Istijjī, which suggest that he wrote a *zīj* other than the *Toledan Tables*. In fact, Abū Marwān's

parameters differ from the known parameters, although his determination of the increase of precession between Hipparchus and Ptolemy coincides with Azarquiel's. Furthermore, his parameters seem not to be related to those of the *Toledan Tables* or the *Liber de Motu*. Ibn al-Hā'im also introduces us a certain *Muntakhab zīj*, by a contemporary of his, whose values for precession corresponding to Hipparchus and Ptolemy's time are very close to the values in Azarquiel's second model. And the table for the increase or decrease of precession in this *zīj* seems to have coincided with the one in Ibn al-Raqqām's *al-zīj al-Qawīm* and Abū 'l-Ḥasan al-Qusanṭinī's *zīj*, which differ from the tables found in the rest of Azarquiel's followers.

To determine Ibn al-Hā'im's role in the spreading of the trepidation models, I will analyze his relationship with his forerunners, Azarquiel (III.2) and Ibn al-Kammād (III.3), and with his followers, the author of the Hyderabad recension of Ibn Isḥāq's *zīj* (III.4) and Ibn al-Raqqām (III.5).

2. Ibn al-Hā'im and Azarquiel

As we have seen, in the *Kāmil zīj*, Ibn al-Hā'im relies heavily on the models in Azarquiel's *Book on the Fixed Stars*. He uses Azarquiel's third trepidation model as well as his model for the obliquity of the ecliptic. Although it has always been considered that in Azarquiel's third model the obliquity of the ecliptic model was independent of the trepidation model, Ibn al-Hā'im, following Azarquiel, connects the two motions and models. In them, the pole of the ecliptic carries the solstitial colure and maintains a constant distance of 90° from the Heads of Aries and Libra.

Ibn al-Ha'im is, however, more precise in the parameters given, perhaps indicating that he is not using the *Book on the Fixed Stars*, but some sheets of paper written in Azarquiel's own hand; in fact, Ibn al-Hā'im states this in a couple of places of this book.

As far as the geometrical resolution is concerned, both used spherical trigonometry. In the *Kāmil zīj*, Ibn al-Hā'im adds to Azarquiel's text the detailed description and use of spherical trigonometry, as regards to formulae and relationships between sides and angles of right angled spherical triangles, showing a good knowledge of the subject (See VII.1 and VII.2)

As far as the use of the tables is concerned, as we have seen, there are two basic differences between Ibn al-Hā'im and Azarquiel: 1) Ibn al-Ha'im, like all Azarquiel's followers, devises a table that gives the increase or decrease of trepidation directly. Nevertheless, he recommends Azarquiel's procedure for calculating this value due to the fact that standard trepidation tables, based on a fixed value for the obliquity of the ecliptic, are only valid for a short period of time, due to which, as we have seen, he calculates a table taking into account the different values of the obliquity corresponding to every position of the Head of Aries; 2) instead of Azarquiel's table of declinations of the Head of Aries, Ibn al-Ha'im gives a table for the "sine of the declination", because in fact this is the value needed to apply the formula $\sin \Delta\lambda = \sin \delta / \sin \epsilon$.

Furthermore, we should note that some paragraphs of Ibn al-Hā'im's text are excerpts, often word for word, from Azarquiel's book. Examples can be found in II.1.[1,3,9]; VII.3 [1,2] and VII.4.[1]. However, Ibn al-Hā'im often modifies the parameters to agree with the observations.

3. Ibn al-Hā'im and Ibn al-Kammād

Ibn al-Hā'im considered Ibn al-Kammād an ignorant disciple of Azarquiel who had distorted his master's theory. He states that Ibn al-Kammād's trepidation model is based on two fundamental errors: 1) Ibn al-Kammād believes that the motion of the Head of Aries and the motion of the Pole of the ecliptic are the same and, therefore, devises a single table for both motions; 2) he thinks that this table is valid for any time.

According to Ibn al-Hā'im, the ratio between the two motions is approximately 1/2[177] and Ibn al-Kammād's table cannot be valid for both motions or for any time, because of the obliquity of the ecliptic used in the formulae underlying the table changes.

To this it must be added that Ibn al-Hā'im states in different parts of the

[177] 1/1;54,40° in II.3.[1].

book that *zījes* have a limited duration of no more than 40 years[178]. One of Ibn al-Kammād's errors was precisely to consider his *zīj* as everlasting (*al-Amad ᶜalā al-abad*). Surprisingly enough, in the Hyderabad's version of Ibn Isḥāq's *zīj*, we can read that in *al-Kawr ᶜalā al-Dawr*[179] Ibn al-Kammād stated that the duration of the *zījes* was limited.

4. Ibn al-Hā'im and the Hyderabad version of Ibn Isḥāq al-Tūnisī's "zīj"[180]

As the author of this version of Ibn Isḥāq's *zīj* mentions Ibn al-Hā'im as one of his sources, which also include Azarquiel and Ibn al-Kammād, it seemed worthwhile to study the trepidation chapters in this *zīj*.

It was, however, disappointing to find that in the theoretical discussion of trepidation, the author relies only on Ibn al-Kammād's *al-Kawr ᶜalā al-Dawr*.

In his tables, the author follows Azarquiel, directly or through Ibn al-Kammād, although he introduces corrects slight corrections in some of the parameters. For instance, in the daily parameter for the motion of the Head of Aries in its equatorial epycicle, Ibn Isḥāq as well as Ibn al-Bannā', Ibn al-Raqqām and Ibn ᶜAzzūz al-Qusunṭīnī follow Azarquiel's value for Persian and Julian years, although adapted to Arabic years, while Ibn al-Kammād, al-Marrākushī and Ibn al-Hā'im follow Azarquiel's table for

[178] In fact, in different parts of the book Ibn al-Ha'im affirms that his tables will be useless after a period of 40 years from the date of composition, which, according to him, corresponds to the beginning of 7thc. *Hijra* (13thc. AD). See for instance fols. 36r, 70v and 71v, or when he speaks of other items such as the determination of the true longitudes of the sun by means of the corresponding tables. On this see E. Calvo [1998:57]. In the Hyderabad revision of Ibn Isḥāq's *zīj*, it is stated that the 40 years limit duration of a *zīj* is due to the changing obliquity. See the Arabic edition of the text in A. Mestres [1999:II,296].

[179] F. 92. See conclusions point 4.

[180] Hyderabad Andra Pradesh State Library ms. 298. On trepidation and obliquity of the ecliptic in this MS see M. Comes [1992:147-159] and [1996:355-364]. A general account of the contents of the *zīj* is to be found in A. Mestres [1996:383-444] and an edition of the main part of the *zīj* in A. Mestres [1999].

Arabic years, which as we have seen is different from his tables for Persian and Julian years. However, he does not propose Azarquiel's method for calculating the accession or recession value for a given moment but a table giving the value directly, as do all the rest of Azarquiel's followers.

Be that as it may, in the context of trepidation, Ibn al-Hā'im is not mentioned at all. It appears that the anonymous author was following Ibn Isḥāq directly here, and as Ibn Isḥāq was a contemporary of Ibn al-Hā'im, he did not probably even know of him.

5. Ibn al-Hā'im and Ibn al-Raqqām.

As is already known, Ibn al-Raqqām has three different *zījes*: *al-Zīj al-Shāmil fī Tahdhīb al-Kāmil*, *al-Zīj al-Qawīm fī Funūn al-Taᶜdīl wa-l-Taqwīm*[181] and *al-Zīj al-Mustawfī*. These *zījes*, especially the first one, rely heavily on Ibn al-Hā'im, although the parameters do not coincide[182].

According to Ibn al-Raqqām himself, *al-Zīj al-Shāmil fī Tahdhīb al-Kāmil*, as its name indicates, was expressly intended to provide tables for Ibn al-Hā'im's *al-Zīj al-Kāmil*, and for this reason I have used it to fill some of the blanks in the manuscript.

For the arguments in favour of or against the possibility that Ibn al-Hā'im's *zīj* had its own tables[183], I would suggest that he may have devised some tables and Ibn al-Raqqām was merely trying to complete the book with the ones that were missing.

Seven chapters of this *zīj* deal with trepidation:

- *Bāb* 17, "On the quantities of the motion of the Head of Aries, the Pole and the Centre in their circles". It corresponds to Ibn al-Hā'im's paragraph II.2.[3].
- *Bāb* 25, "On the knowledge of the obliquity of the ecliptic using the tables". It corresponds, almost word for word, to Ibn al-Hā'im's III.1.
- *Bāb* 26, "On the knowledge of the distance between the Head of Aries

[181] Cf. E.S. Kennedy [1997:35-72]

[182] See Abdulrahman [1996b].

[183] See point 3 of the commentary.

and the spring equinox using the tables". It is a summary of Ibn al-Hā'im's III.2.

- *Bāb* 70, "On the knowledge of the minimum obliquity and the distance between the two poles (ecliptic and equator) from an observed obliquity". It corresponds, almost verbatim, to Ibn al-Hā'im's VII.1.[1-3]. As in the next chapter, he uses the description of the formula, but avoids the trigonometrical explanation.
- *Bāb* 71, "On the knowledge of the value of the obliquity and the distance between the two poles at any moment". It corresponds, almost word for word, to Ibn al-Hā'im's VII.2.[1]. As in the chapter above, he gives the description of the formula, but avoids the trigonometrical explanation.
- *Bāb* 72, "On the knowledge of the distance between the Head of Aries and the spring equinox at any moment, which is the first accession and recession, perceptible by the senses". It corresponds to Ibn al-Hā'im's VII.3.[1], which in its turn corresponds to a paragraph in chapter 8 of Azarquiel's *Book on the Fixed Stars*. Ibn al-Raqqām avoids the geometric description.
- *Bāb* 73, "On the knowledge of the ascension degrees in the equator of the accession and recession circle degrees, which is the second accession, perceptible by the intellect". It corresponds to Ibn al-Hā'im's VII.4.[1]. Ibn al-Raqqām here has avoided the geometrical description as well as the trigonometrical explanation.

In the *Qawīm zīj* only one chapter refers to trepidation:

- *Bāb* 9, "On the accession and recession motion". It corresponds to *bāb* 26 in Ibn al-Raqqām's *Shāmil*.

The *Mustawfī zīj* also devotes two chapters (16 and 17) to trepidation. In chapter 16, he deals with the *iqbāl al-thānī* in his treatment of the equation of time and in chapter 17, after a long and detailed description on the use of the corresponding tables, there is a short paragraph on the differences between tropical and sidereal motions and a brief mention of the use of the formula (sin) $\Delta\lambda = \sin \delta / \sin \epsilon$ to achieve the increase or decrease of precession for a given moment.

IV. Appendix

1. Edition of the sections of the text dealing with trepidation of the equinoxes and obliquity of the ecliptic.

الزيج الكامل لابن الهائم

حركة الإقبال والإدبار والميل الكلّي

المقدّمة

[١] (٣ظ) [...] إلاّ أنّ أبا العبّاس الكمّاد رحمه الله مؤلف هذين الكتابين[184] وهم في بعض مواضع منهما وخاصّة في الكور على الدور وهو ممّا يوجب الخلل فيما ينتج منهما ويلزم بمنعها حتّى أخذ الناس في لوم الأرصاد الطليطلية ودمغها ودفعها بعد ضمّها وقد عنى بهذا الكتاب طائفة من المنتحلين لهذا الباب فكلّ صرف عن هذه المواضع ولم ينح إليها لائم ولا دافع وأينما عرضت لهم انشاء لما يحاولون عن ذلك ويتناولون فهم يمرّون عليها وهم عنها معرضون.

[٢] ولقد رأيت لأحدهم مكتوبا بخطّ يده في بعض نسخ هذا الكتاب المذكور ما يدلّ على جهله بهذه الصناعة ورومه أن ينتهض منها فيما ليس له به استطاعة على طرء الجدول الذي وضعه الكمّاد لحركة الإقبال والإدبار "هذا هو الجدول الذي عمله الزرقالة" فعجبنا من جهل هذا الرجل بذلك وكون رتبته من هذا العلم هنالك كيف لا.

[٣] وأبو إسحاق رحمه الله يقول بلفظه في مقالة الكواكب الثابتة "ولم يمكـ(ـن)نا عمل جدول لأبعاد رأس الحمل من نقطة الاعتدال الذي هو الأول

[184] غير واضح في المخطوط (ص. ٣و) فعلى الأرجح أن يعني بهما "المقتبس" و"الكور على الدور".

المحسوس من قبل أنّ ميل فلك البروج ليس واحداً بعينه في جميع الأزمنة فتختلف لذلك الزاوية الحادثة بين فلك البروج ومعدّل النهار فتختلف لذلك الأبعاد المذكورة للقوس الواحدة من دائرة الإقبال لاكنّا نذكر وجه استخراجها بالحساب لأيّ وقت شئنا إن شاء الله"[185] هذا هو نصّ كلام أبي إسحاق رحمه الله على حركة الإقبال.

[٤] وقد عمل إنسان آخر في زماننا هذا زيجا سمّاه المنتخب جمع فيه أوساط أبي مروان الإستجّي[186] وتعاديل البتّاني وسائر ما في الكور على الدور من الأوهام التي وهم الكـ⟨مّاد⟩ فيها ⟨...⟩[187].

[٥] (٤و) [...] وسنبيّن بعد ذلك إن شاء الله عند تعديد أوهام الكمّاد رحمه الله في كتابه المسمّى بالكور على الدور وكيف يمتحن فساد ما وضع في ذلك الزيج المنتخب من حركة الإقبال والإدبار وأنّ واضعه لم يتصوّر حقيقة الوضع الذي وضع لتلك الحركة ولا فهم وجه العمل في تدوين مقاديرهما ووضع جداول لها [...] (٤ظ) وننبّه عليه في موضعه من هذا الكتاب إن شاء الله تعالى [...].

[٦] (٥و) [...] ومن ذلك أنّه[188] وهم في حركة الإقبال والإدبار من جهات إحداها أنّه ذكر في صدر الكتاب حين تكلّم على هيئة هذه الحركة أنّ قطب البروج متى كان في بعد فلكه الأوسط من دائرة اختلاف الميل الكلّي كان رأس الحمل إذ ذاك على دائرة معدّل النهار و كانت نقطتا الاعتدال ورأس الحمل نقطة واحدة فيلزم عن هذا الأصل إذاً أنّ

[185] علامة الاقتباس موضوعة من قبلي.

[186] في المخطوط جاءت كلمة "الإستجيبي" فهي غير واضحة.

[187] السطر الآخير (ص. ٣ظ) غير واضح فيتكلّم عن اقتفاء أثر الكمّاد في هذا الزيج.

[188] يعني ابن الكمّاد.

حركة رأس الحمل في دائرة الإقبال شبيهة بحركة القطب في دائرة اختلافه وأنّ زماني عودتيهما واحد وقد تبيّن بالبراهين الصحيحة أنّ الأمر فيهما على خلاف ذلك.

[٧] الجهة الثانية أنّه عمل جدولاً لهذه الحركة لتسعين درجة من دائرتي الإقبال والاختلاف واعتقد عمومه لجميع الازمان ⟨بدليل⟩ أنّه وضع في اعلاه ستّة بروج وفي أسفله ستّة بروج على النحو الذي توضع عليه جداول التعاديل وذلك محال في هذه الحركة لأنّه لم يستوف القطب في تلك المدّة جميع ميوله الكلّية.

[٨] الجهة الثالثة أنّه جعل مبدأ حركة رأس الحمل في رأس الجدول من دائرة الاعتدال وقد ⟨زعم أنّ⟩ القطب إذ ذاك كان في بعده المتوسط فلو تمّم الجدول على هذه الأصل لمائة وثمانين جزءا ⟨فما⟩ استوفى القطب أيضاً في ذلك الزمان جم⟨يع⟩ ميوله الكلّية إلاّ أن يكون مبدأ تحريك رأس ⟨الحمل⟩ (٥ظ) من إحدي نهايتيه إمّا الجنوبية وإمّا الشمالية بحيث يكون القطب إذ ذاك في أحد بعديه أمّا الأبعد أو الأقرب وبهذا الوجه وحده يكون القطب قد استوفى في نصف الدورة جميع ميوله الكلّية وحينئذ يجب على أصله عموم ذلك الجدول لجميع الأزمان.

[٩] الجهة الرابعة أنّ تلك الحركة المذكورة التي وضع للإقبال والإدبار لا تصحّ بها حركة واحدة من الحركات المرصودة وذلك أنّ الأصل الذي بنأ الراصد مقادير هذه الحركة عليه إنّما هو أن يكون إقبال إبرخس تسعة أجزاء وتسعاً وعشرين دقيقة بتقريب ط̅ كط̅ وحصّة[189] رأس الحمل إذ ذاك مائتا جزء واثنان وتسعون جزء ونحو من ثلاث وثلاثين دقيقة ط̅ كب̅ لب̅ م̅ وإقبال بطلميوس ستّة أجزاء واثنان وأربعين دقيقة و̅ مب̅

[189] في المخطوط "خاصة".

وحصّة رأس الحمل ثلاث مائة جزء وتسعة عشر جزءا ونحو من دقيقتين يَ يطَ بَ فإذا دخلنا بهاتين الحصّتين في جداول تعديل حركة رأس الحمل من ذلك الكتاب خرج لنا منها أمّا إقبال إبرخس فتسعة أجزاء وتسع عشرة دقيقة طَ يطَ بنقصان عشر دقائق عمّا وضع أصلاً فيها وأمّا إقبال بطلميوس فستّة أجزاء وسبع وخمسون دقيقة وَ نزَ بزيادة خمس عشرة دقيقة على ما وضع أصلاً في ذلك فهذا ما في حركة الإقبال من الفساد والاختلال [...].

[١٠] (٨ظ) [...] ولنذكر الآن كيف يمتحن فساد الجدول الموضوع في الزيج المنتخب لحركة الإقبال وذلك أنّ أبا مروان الإستجّي[190] رحمه الله وضع أصل حركات الإقبال والإدبار على أنّه كان مقدار الإقبال والإدبار أمّا في رصد إبرخس فتسعة أجزاء وثمانيا وثلاثين دقيقة وثلثي دقيقة طَ لحَ مَ وحصّة رأس الحمل إذ ذاك تسعة بروج وثلاثا وعشرين درجة واثنين وأربعين دقيقة طَ كجَ مبَ وأمّا في رصد بطلميوس فستّة أجزاء وخمسين دقيقة وثلثي دقيقة وَ نَ مَ وحصّة رأس الحمل عشرة بروج وتسعة عشر جزءا وثلاثة وعشرين دقيقة يَ يطَ كجَ فإذا دخلنا بهاتين الحصّتين في جدول تعديل الإقبال والإدبار الموضوع في ذلك الزيج المذكور خرج لنا منه أمّا إقبال إبرخس فتسعة أجزاء وخمسا وأربعين دقيقة ونصف دقيقة طَ مهَ لَ بزيادة ستّ دقائق وخمسين ثانية على ما وضع أصلاً في ذلك وأمّا إقبال بطلميوس فستّة أجزاء وخمسة وخمسين دقيقة[191] وربع دقيقة وَ نهَ يهَ بزيادة أربع دقائق وخمس وثلاثين ثانية على ما وضع أيضاً أصلاً في ذلك.

[190] "الاستجبي" في المخطوط.

[191] في المخطوط "وخمسين دقيقة" فقط.

[١١] ثمّ إنّه إذا امتحن بتلك الحركة المذكورة وبتعاديل البتّاني جميع المجازات الاستوائية المرصودة لم يتصحّ به ولا واحداً منها ووجد بين زماني الاستوائين المرصود والمقوّم فرق بعيد لا يمكن للراصد وهم فيه ولا تسامح فهذا ما في هذه الكتب المحدثة من الفساد والتخليط وقد نبّهنا عليه من كان يتوخّى في علمه وعمله الحقّ ويتحرّى في قضاياه الصواب والصدق.

[١٢] ولمّا فهمنا نحن من أنصار هذه الحركة ورأينا من استحالة ضبطها وتدوين مقاديرها الجزئية في جدول يعمّ جميع الأزمان وضعنا جد[ول] الجيوب لميول رأس الحمل في جميع <أجزاء> الدائرة وذكرنا وجه ⟨العمل في⟩ استخراج مقادير (٩و) الإقبال والإدبار معاً في كلّ زمان.

[١٣] ثمّ رأينا أن لا نخلي كتابنا هذا أيضاً من جدول نضع فيه من مقادير الإقبال ما يمكن وضعه لبعض ما يأتي من الأزمان فوضعنا جدولاً لمقادير الإقبال فقط يكون يستمتع به مدّة طويلة من الزمان وذلك ما دام رأس الحمل شماليا عن معدّل النهار وحصّته دون ستّة بروج وإن استعمل ذلك الجدول في نصف الدورة الثاني وذلك في حال الإدبار إذ تكون حصّة رأس الحمل من[192] ستّة بروج إلى اثني عشر برجاً صحّ العمل به ولم يكن بينه وبين المعمول على ذلك الزمان كثير اختلاف إلاّ في مقادير يسيرة من الثواني فقط فإذا كملت هذه الدورة واستأنف رأس الحمل بمشيئة الله سبحانه دورة أخرى فالأصحّ و الأصلح أن يعمل لمقادير الإقبال والإدبار جدول أخر بجيوب ميول رأس الحمل التي وضعناها لذلك في كلّ زمان [...].

[١٤] وجميع ما أثبتناه في هذا الكتاب من الحركات المستدركة على

[192] "من" ليس موجود في المخطوط.

القدماء وغيرها فإنّما عوّلنا فيه على أرصاد ابي اسحاق الزرقالة رحمه الله وعلى أصوله التي أصّل فيها [...] (٩ظ) [...] إنّ إبرخس رصد قلب الأسد فوجده في[193] كط ن من السرطان ثمّ رصده بطلميوس بعده بنحو من مائتين وسبع وثمانين سنة[194] في[195] ب ل[196] ثمّ رصده البتّاني بعده بنحو من سبعمائة[197] وإحدى و أربعين سنة فوجده في[198] يد درجة من الأسد ثمّ رصده الفقيه أبو عبد الله بن برغوث بعد ذلك بنحو من مائة سنة وإحدى وسبعين سنة فوجده في ستّ عشرة درجة[199] من الأسد يو ك.

[١٥] وهذه الحركة هي التي نسمّيها نحن حركة الإقبال وذلك أنّ موضع هذا الكوكب المذكور في أزمان هذه الأرصاد تدلّ على أنّه كانت الأفلاك إذ ذاك مقبلة [...].

المقالة الثانية

(٢٣ظ) الباب الأوّل.

في هيئة حركة رأس الحمل في دائرة الإقبال والإدبار.

[193] ي في المخطوط.

[194] ينقص "فوجده".

[195] ي في المخطوط.

[196] ينقص اسم البرج في المخطوط فيجب أن يكون "من الأسد".

[197] "تسعمائة" في المخطوط .

[198] ي في المخطوط.

[199] ينقص "وعشرين دقيقة" في المخطوط.

[١] ولمّا وقفت الجماعة الطليطلية رحمة الله عليهم أجمعين على ما وقع إليهم من أرصاد القدماء ورأت ما يلزم عنها من الخلاف والاضطراب في زمان السنة وفي حركات الثوابت ثمّ رأوا مع ذلك الخلاف الذي يوجد في مجازات الشمس الاستوائية إذا قوّمت بزيج الهند شبيهاً بالخلاف الذي يوجد لحركات الثوابت حتّى أنّه ليوجد في بعض الأوقات مساويا منطبقا عليه ثمّ أنّهم وجدوا القدماء من أهل هذه النواحى من المعمور كأهل بابل وغيرها ممّن عفت أثارهم ورسومهم ودرست أخبارهم وعلومهم من أشاروا لها ⟨...⟩هم من ذلك وبقي لهم ...⟩ بغض هذا ⟨العمل⟩ إلى أنّ الفلك يقبل ثمانية أجزاء ⟨ويدبر شبيهاً وقطب⟩ (٢٤و) فلك البروج يرتفع وينخفض نحوا من ذلك المقدار في ذلك الزمان.

[٢] ⟨وحدسوا⟩ من هذه الأمور كلّها بحصافة عقولهم وذكاء فطرهم على أن وضع فلك البروج من معدّل النهار ليس واحداً بعينه في جميع الأزمنة ولا ثابتاً على حال واحدة وأنّ مبدأ البروج فيه متحرّك حول معدّل النهار شمالاً عنه وجنوباً حركة معتدلة سواء في جميع الأزمان وأنّ بهذا فقط يمكن أن تكون حركة الثوابت على النحو الذي وجدت عليه بالأرصاد من السرعة والبطء قديماً وحديثاً وعن ذلك يلزم اختلاف عودة الشمس إلى معدّل النهار وتوجد أزمان الاعتدالات تختلف أبداً نحوا من ذلك الاختلاف الموجود بالأرصاد ولمّا قويت ظنونهم واتّفقت عليه آراؤهم وتسددت نحوه أغراضهم ونالت إليه إهداءهم شرعوا في تصوّر هذه الحركة وشكلها فتصوّروها أنحاء من التصوّر ثلاثة إلى أنّ أحدها فقط هو الذي يحيط بجميع الخواصّ التي تطابق ما وجدنا بالأرصاد مطابقة صحيحة فاتّفقوا كلّهم عليه ومالوا بأجمعهم إليه وصورة هذا الشكل وهيئته على هذا النحو الذي نحن ذاكروه بعد هذا إن شاء الله تعالى وبه التوفيق.

[٣] فليكن فلك البروج دائرة الف راء طاء و فلك معدّل النهار ألف حاء طاء ومركز العالم نقطة العين وليكن وضع الفلك كما كان قبل الهجرة نحوا من خمسين سنة عربية وذلك عند مولد سيّد الأمم وتحفة العرب والعجم محمد صلّى الله عليه وسلّم فإنّ هذه الحركة إذ ذاك لم تكن محسوسة بل كانت نقطتا رأس الحمل والاعتدال واحدة وكان الفلك يومئذ على أعدل وضع وأحسنه والمذهبان أعني مذهبي الهند والممتحن متّفقان في جميع ما يلزم عن ذلك وتعلّم نقطة على معدّل النهار بعدها من نقطة التقاطع التي هي نقطة الألف قدر أربعة أجزاء وثماني دقائق بتقريب ولتكن نقطة الضاد ونجعلها قطباً و < نقطة الألف بعداً ونحطّ > دائرة ألف باء جيم ذال وكذلك نفعل أيضاً عند رأس الميزان فإنّا نجعل قوس طاء دال من معدّل النهار مستوية لقوس ألف ضاد ونجعل الدال قطباً والطاء (٢٤ظ) بعداً وندير دائرة طاء كاف لام ميم فهاتان الدائرتان سمّيتا دائرتي الإقبال والإدبار لأنّ نصف حركتهما حول معدّل النهار وذلك ما دامت شمالية عنه إنّما هو إلى جهة المشرق وحيث مهبّ القبول ونصف حركتهما الثاني حول معدّل النهار أيضاً وذلك ما دامت جنوبية عنه إنّما هو إلى جهة المغرب حيث مهبّ الدبور[200] ولنصل نقطتي الجيم والألف بنقطتي الطاء واللام بخطّين مستقيمين ينقاطعان على مركز العالم الذي هو نقطة العين وليكن قطب معدّل النهار نقطة النون وليكن قوس نون راء حاء من الدائرة العظيمة التي تمرّ بقطبي معدّل النهار وبقطبي فلك البروج فيكون قوس حاء راء هي الميل الكلّي في ذلك الزمان ونجعل نقطة النون مركزاً ونقدّر في قوس نون راء حاء بعداً مبلغه ثلاثة وعشرون جزءًا وثلاث وأربعون دقيقة وذلك أوسط الميول

[200] معنى هذه العبارة غير واضح وربما يعني أن رأس الحمل شرقي عن نقطة الاعتدال.

الكلّية وهو قوس نون فاء وندير دائرة سين فاء قاف[201] ⟨فتكون هذه الدائرة دائرة اختلاف الميل الكلّي ونجعل نقطة فاء مركزاً وندير دائرة صغيرة نصف قطرها عشر دقائق وعشرون ثانية⟩ فتكون هذه الدائرة أيضاً دائرة اختلاف الميل الكلّي ووجدنا أنّ في الزمان المذكور أعني الذي كان فيه رأس الحمل على دائرة معدّل النهار كان القطب إذ ذاك في جهة البعد الأوسط من دائرة اختلاف الميل الكلّي صاعداً إلى ⟨ال⟩بعد[202] الأقرب من قطب معدّل النهار فليكن هناك على نقطة السين ونصل السين بالألف والطاء فتكون كلّ واحدة من هاتين القوسين ربع دائرة فنقطة السين إذا هي على محيط دائرة حاء راء نون سين فتكون قوس نون سين هي بعد ما بين القطبين في ذلك الزمان وهو مقدار الميل الكلّي إذ ذاك ونقطة الراء هي المنقلب الصيفي.

[٤] ولتتحرّك دائرة الإقبال والإدبار بنقطتي رأس الحمل والميزان فتتحرّك كلّ واحدة من هاتين النقطتين مائلة عن معدّل النهار أمّا نقطة رأس الحمل ففي قوس ألف هاء ذال شمالية عن معدّل النهار شرقية عن نقطة الاعتدال وأمّا نقطة رأس الميزان ففي قوس طاء زاي كاف جنوبية عن معدّل النهار غربية عن نقطة الاعتدال وأمّا القطب فيتحرّك صاعداً في دائرة اختلاف الميل الكلّي إلى جهة المشرق في قوس سين صاد ولا تزال الحر⟨ك⟩ة متّصلة من أجزاء دائرتي الإقبال والإدبار فتكون إذ ذاك نقطتا الألف والطاء[203] اللتان فرضنا رأسي الحمل والميزان (٢٥و) قد زادا أمّا نقطة رأس الحمل فنقطة الهاء وأمّا نقطة

[201] ينقص بين كلمتي "قاف" و "فتكون" سطر ام سطران حذفهما الناسخ.

[202] "بعد" في المخطوط.

[203] "الضاد" في المخطوط.

رأس الميزان فنقطة الزاي ويكون القطب إذ ذاك قد وافى بعده الأقرب من قطب معدّل النهار وهو نقطة الصاد وتنطبق نقطة الثاء من فلك البروج على نقطة التاء من معدّل النهار وتكون نقطة الثاء إذ ذاك نقطة الاعتدال الربيعي وكذلك تنطبق أيضاً نقطة الشين من فلك البروج على نقطة الغين من معدّل النهار فتكون نقطة الغين نقطة الاعتدال الخريفي وينطبق سطح دائرة حاء نون سين على سطح دائرة حاء نون صاد فتكون قوس نون صاد مقدار الميل الكلّي في ذلك الزمان وذلك كج لج وهو أقلّ الميول الكلّية وأقصرها وتكون نقطة لام ألف هي المنقلب الصيفي في ذلك الزمان أيضاً.

[٥] ثمّ تتّصل الحركة أيضاً فتصير أمّا نقطة رأس الحمل فإلى جهة الذال من قوس ألف هاء ذال وأمّا نقطة رأس الميزان فإلى جهة الكاف في قوس طاء زاي كاف وينحدر القطب نحو البعد الأوسط الثاني إلى أن يوافي أمّا رأس الحمل فنهايته الشمالية التي هي نقطة الذال وأمّا نقطة رأس الميزان فنهايتها الجنوبية التي هي نقطة الكاف ويبلغ القطب في ذلك المدّة قريبا من البعد الأوسط الثاني من دائرة اختلاف الميل الكلّي وتنطبق دائرة حاء نون صاد المارّة بالقطبين على دائرة حاء نون قاف المارّة بهما أيضاً وتكون قوس نون قاف هي مقدار الميل الكليّ في ذلك الزمان ونقطة الظاء نقطة الاعتدال الربيعي ونقطة الواو نقطة الاعتدال الخريفي ونقطة الخاء المنقلب الصيفي.

[٦] ثمّ تتّصل الحركة في ربعي ذال جيم و كاف لام من دائرتي الإقبال والإدبار وينحدر القطب نحو البعد الأبعد من قطب معدّل النهار إلى أن تنطبق أمّا نقطة رأس الحمل فعلى نقطة الجيم وأمّا نقطة رأس الميزان فعلى نقطة اللام المشتركتين لدائرتي الإقبال والإدبار ومعدّل النهار فيكون القطب إذ ذاك أقرب ⟨من البعد⟩ الأوسط الأول فيعتدل حينئذ وضع

الفلك ويتّفق جميع المذاهب فيه ويرتفع الخلاف الذي بين أهل الهند وأهل الممتحن جملة (٢٥ظ) ولا يكون إذ ذاك للفلك إقبال ولا إدبار.

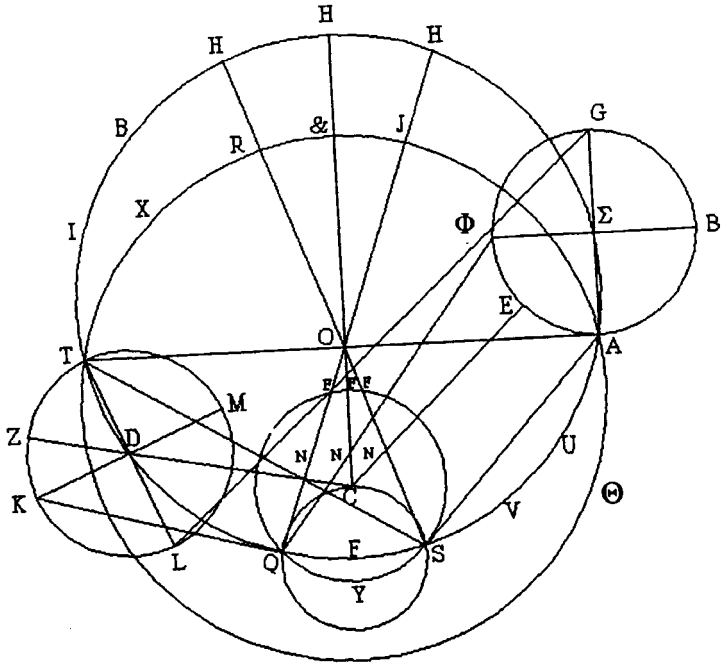
[٧] ثمّ تتّصل الحركة هكذا[204] في نصفي جيم باء ألف ولام ميم طاء من دائرتي الإقبال والإدبار ويصعد القطب إلى جهة بعده الأقرب من قطب معدّل النهار فتتحرّك كلّ واحدة من نقطتي رأس الحمل والميزان في دائرتهما مائلة عن معدّل النهار وأمّا نقطة رأس الحمل فجنوبية عن معدّل النهار غربية عن نقطة الاعتدال وأمّا نقطة رأس الميزان فشمالية عن معدّل النهار وشرقية عن نقطة الاعتدال.

[٨] ويستمرّ الأمر على النحو المتقدّم ذكره بمشيئة الله تعالى إلى أن تعود كلّ واحدة منهما أمّا نقطة رأس الحمل فإلى نقطة الألف وأمّا نقطة رأس الميزان فإلى نقطة الطاء وهما النقطتان المشتركتان لدوائر الإقبال والإدبار ومعدّل النهار اللتان منهما بدآ بالحركة أوّلا وتنطبقان على دائرة معدّل النهار وتكون نقطتا الاعتدال الربيعي ورأس الحمل نقطة واحدة وكذلك نقطتا الاعتدال الخريفي ورأس الميزان نقطة واحدة أيضاً ويعود وضعهما ووضعا نقطتي الانقلابين كما كانا في الزمان الأوّل ويعتدل أيضاً وضع الفلك ولا يوجد له إقبال ولا إدبار وتتّفق المذاهب كلّها ويرتفع الاختلاف جملة وتعود الأمور كلّها كما بدأت أوّل مدّة بتدبير اللطيف الحكيم.

[٩] وفي هذه العودة المذكورة يحدث رأسا الحمل والميزان بحركتيهما على دائرتيهما مخروطي اسطوانة متقابلين متساويين قاعدتاهما سطحا دائرتي الإقبال والإدبار ونقطة رأسيهما مركز العالم وهو نقطة العين وكذلك يحدث القطبان بحركتهما على دائرتي اختلاف الميل الكليّ

[204] "هاكذا" في المخطوط.

وعودتهما فيهما مخروطي اسطوانة أيضاً قاعدتاهما سطحا دائرتي الاختلاف ونقطة رأسيهما مركز العالم فهذا الوضع والشكل هو اللائق من هذه الحركة المفهومة اللازمة عن الاختلاف الموجود بالأرصاد القديمة والحديثة وعلى هذا الأصل نبني العمل في استنباط كمّية مقادير أبعاد رأس الحمل عن نقطة الا<عتدا>ل في جميع الأزمان فلنعلم ذلك <بعدها وبالله التوفيق.



(٢٦و) الباب الثاني.

في كمّية مقادير حركات رأس الحمل والقطب والمركز[205] في دوائرها[206] وأزمان عوداتها[207].

[١] ولمّا نظروا في كمّية هذه المقادير وأزمان العودات اختلفوا في ذلك وكلّ عوّل على ما اقتضته أصوله وأدّاه إليه نظره واجتهاده فأمّا أبو إسحاق إبرهيم بن يحيى رحمه الله فإنّه خرج له بحسب أصوله التي عوّل عليها أمّا نصف قطر دائرة الإقبال فأربعة أجزاء وتسع عشر دقيقة وستّ وعشرون ثانية وثمان ثوالث ⟨...⟩ وهذه المقادير هي أصحّ ما عمل في هذه الحركات عليه و ⟨...⟩ بالجملة إليه ⟨...⟩ إنّه لمّا امتحنّا ما وجدنا له ⟨سردا في الصحف⟩ التي وقعت (٢٦ظ) بأيدينا من مقادير حركتي رأس الحمل والقطب وزماني عودتيهما وجدنا في ذلك من الاختلال بحسب أصوله التي بنا علمها ما أوجب اعادة النظر في تصحيحه لا سيّما حركة القطب فإنّ الذي يخرج فيها من مقادير الميول الكلّية لأزمنة الأرصاد مخالف ما وجد هو وغيره من ذلك بالرصد الصحيح مخالفة ليست باليسيرة ولا مبني ممّا يمكن النتائج فيها ولا التقريب إذ كانت توجب الخلل فيما ينبغى عليها من مقادير أبعاد رأس الحمل عن نقطة الاعتدال.

[205] لا أعيد هنا النصّ الخاصّ بحركة المركز يعني مركز المدير لمركز الفلك الخارج المركز للشمس.

[206] "هما" في المخطوط.

[207] "حركة رأس الحمل والقطب والمركز في دوائرهما (كذا) على استواء في سنة سنة ومن سني التواريخ الثلاثة" في العنوان الذي يظهر في فهرس المقالة.

[٢] فأعدنا نحقّ عمل ذلك والنظر فيه وحققنا النسب التي بها استخرج هو مقادير تلك الازمان والحركات بحسب ما أمكن فكان نسبة الزمان الذي بين بطلميوس وجابر إلى الزمان الذي بين جابر والزرقالة كنسبة ثلاثة أجزاء وخمسين دقيقة وتسع وعشرين ثانية ج ن كط إلى جزء واحد.

[٣] ثمّ لم نزل نحرّك رأس الحمل والقطب على محيطي دائرتيهما تحركا آخر ونطلب اتفاق تلك النسب من مقادير قسيها إلى أن عثرنا بفضل الله تعالى وعونه على ذلك واتّفقت لنا نحقّ في غير المواضع التي اتّفقت له هو فيها وخرج لنا بحسب ذلك أمّا زمان عودة رأس الحمل في دائرته فثلاثة آلاف سنة وثمان مائة سنة وأربع وسبعون سنة رومية كلّها وثلاثة أشهر رومية ونحو من نصف شهر بالتقريب وأمّا عودة القطب في دائرة اختلافه فألفا سنة فارسية واثنان وثلاثون سنة فارسية ونحو من تسعة وعشرين يوما بالتقريب.

[٤] تكون بحسب ذلك حركة رأس الحمل أمّا في سنة رومية فخمسة دقائق وأربعاً وثلاثون ثانية[208] وثلاثين ثالثة وخمسا وأربعين رابعا وأربعين خامسة بتقريب ه لد ل مه م وأمّا في سنة فارسية فخمسة دقائق أيضاً وأربع وأربعين ثانية وسبعة عشر ثالثة ورابعة واحدة وخُمُسَيْ رابعة ه مد يز اكد وأمّا في سنة عربية فخمس دقائق وأربع وعشرون ثانية وإثني وثلاثين ثالثة وثلاثا وأربعين رابعة ه كد لب مج ⟨و⟩في يوم واحد أربعاً وخمسين ثالثة وسبعا وخمسين رابعة و⟨ثلاث خوامس⟩ ٠٠ ند نز ج وتكون ⟨بحسب ذلك حركة⟩ القطب أمّا في سنة رومية فعشر دقائق وثمانية وثلاثين ثانية (٢٧و) وأربع ثوالث وثلاثا

[208] "دقيقة" في المخطوط.

وأربعين رابعة ونحوا من ثلاث خوامس ي لح د مج ج وأمّا في سنة فارسية فعشر دقائق وسبعاً وثلاثين ثانية وثمانياً وثلاثين ثالثة وثلاثين رابعة وخمساً وأربعين خامسة وثمانياً وأربعين سادسة ي لز لح ل مه مح وأمّا في سنة عربية فعشر دقائق وتسع عشرة ثانية وثلاث ثوالث وستّ وخمسين رابعة وستّ عشر خامسة وثمانيا وأربعين سادسة بتقريب[209] وهين وفي يوم واحد ثانية واحدة وأربعاً وأربعين ثالثة وتسعا وأربعين رابعة ٠ ا مد مط وبهذه الحركة توافق ما يخرج فيها من مقادير الميول الكلّية جميع الميول المرصودة ميلا ميلا ولا يختلفان البتّة ولا في شيء محسوس أصلاً [...] فهذه أزمان الحركات الصحيحة عبّرنا بالأصول الموضوعة لها وبالله التوفيق.

(٢٧و) الباب الثالث.

في أنّه لا يمكن ضبط مقادير أبعاد رأس الحمل عن نقطة الاعتدال[210] الربيعي في جدول يعمّ جميع ما يأتي من الأزمان.

[١] (فو)جدنا بحسب ما تقدّم من مقادير حركتي رأس الحمل والقطب أنّ نسبة حركة القطب في دائرة اختلافه إلى حركة رأس الحمل في دائرته كنسبة (٢٧ظ) جزء واحد وأربع وخمسين دقيقة وثلثي دقيقة إلى جزء واحد بتقريب فيلزم عن ذلك أنّ نسبة ما نقصت حركة القطب عن

[209] الحروف الأبجدية ملغاة.

[210] "في جدول عام بجميع الأزمان" في العنوان الذي يظهر في فهرس المقالة.

جزءين كاملين وذلك خمس دقايق وثلث دقيقة إلى ستّين دقيقة كنسبة ما نقص عن عودتين تامّتين إلى عودة واحدة.

[٢] فإذا حملنا العودة الواجدة ستّين ثمّ قسمناها على الخمس الدقائق والثلث دقيقة خرج لرأس الحمل إحدى عشرة عودة وربع عودة ففي الزمان الذي يعود فيه رأس الحمل في دائرته عدد هذه العودات المذكورة إحدى عشر عودة وربع عودة فيه نفسه يعود القطب في دائرته إحدى[211] وعشرين عودة ونصف عودة فإذا بسطنا عددي هذه العودات حصل أمّا رأس الحمل فخمس وأربعين عودة وأمّا القطب فستّ وثمانون عودة وهذان العددان متباينان فهما أقلّ عددين على نسبتهما وأيضاً فإذا إن قسمنا العودة الواحدة على ستّين وضربنا الخارج في خمس وثُلث اجتمع من ذلك اثنان وثلاثون جزءاً وذلك ما تنقص حركة القطب عن عودتين في زمان عودة رأس الحمل فإذا قسمنا على ذلك عودة تامّة خرج لرأس الحمل إحدى عشرة عودة وربع عودة فهي الذي يعود رأس الحمل في دائرته عدد هذه العودات فيه يعود القطب في دائرته إحدى وعشرين عودة ونصف عودة على ما تقدّم وأيضاً فإذا إن بسطنا الجزء الواحد الذي يتحرّك رأس الحمل والجزء الواحد والأربع وخمسين دقيقة وثُلثين دقيقة التي يتحرّكها القطب في ذلك الزمان كان مبسوط الجزء الواحد مائة وثمانين جزءاً ومبسوط الجزء الواحد والأربع والخمسين دقيقة وثلثين دقيقة ثلاثمائة جزء وأربعاً وأربعين دقيقة ففي الزمان الذي يعود فيه رأس الحمل في دائرته مائة وثمانين عودة فيه يعود القطب في دائرته ثلاث مائة عودة وأربعاً وأربعين عودة لاكن هذين العددين ليسا أقلّ عددين على نسبتهما لأنّهما مشتركان فإذا

[211] "اثنتين" في المخطوط وربما هذا خطأ من الناسخ فيجب أن تكون "إحدى".

خزلناهما حصل ⟨أ⟩مّا لرأس الحمل فخمس وأربعين عودة على ما تقدّم وأمّا للقطب[212] فستّ وثمانون عودة وهما على ⟨...⟩ أقلّ جزئين (٢٨و) على نسبت⟨ه⟩ما فيجب إذاً في ذلك أنّه إذا بدأ بالحركة كلّ واحد من رأس الحمل والقطب معاً من نقطتين في دائرتهما في زمان واحد بعينه فإنّهما لا يعودان معاً إلى تينك النقطتين اللتين منهما بدأ بالحركة معاً ولا في مرّة طائلة وذلك بعد أن يكملا في عدة العودات أمّا رأس الحمل فخمسا وأربعين عودة وأمّا القطب فستّا وثمانين عودة وهما أقلّ العودات التي يعودانها معاً في مرّة واحدة فالجدول الذي يعمل لأبعاد رأس الحمل عن نقطة الاعتدال عاماً لجميع الأزمان إنّما يصحّ عمله لمثل عدد هذه العودات المذكورة لرأس الحمل هذا شيء يكاد أن يكون على البشر ممتنعا ولا يوجد أحد به مضطلعاً.

[٣] ولهذه العلّة امتنع أن يدوّن مقادير أبعاد رأس الحمل عن نقطة الاعتدال في جدول يعمّ جميع ما يأتي في الأزمان كما فعل في غيرها من الحركات و مقادير سائر الاختلافات وهذا هو الذي فهمه الجماعة: أبو إسحاق وأبو مروان والفقيه القاضي أبو القاسم صاعد وسائرهم رحمهم الله في كمّية مقادير هاتين الحركتين أعني حركتي رأس الحمل والقطب ولذلك لم يوجد ولا لواحد منهم جدول معمول لها.

[٤] ولمّا جاء المتأخرون بعدهم جهلوا ذلك من هاتين الحركتين فراموا الاضطلاع بما ظنّوا أنّ أولائك لم يقرّروا عليه فوقعوا في الخطاء فيما لم تكن بهم حاجة إليه فقد تبيّن ممّا ذكرنا فساد اعتقاد أبي العباس الكمّاد رحمه الله ومن جزأ جزؤه من أهل زماننا هذا في تشابه حركتي رأس الحمل والقطب في دائرتيهما وامتناع ضبط مقادير الإقبال والإدبار

[212] "القطب" في المخطوط.

في جدول عامّ لجميع الأزمان وذلك ما أردنا بيانه.

(٢٨و)الباب الرابع.

في بيان غلط أبي العبّاس الكمّاد رحمه الله في اعتقاده عموم الجدول الذي عمله[213] لحركة الإقبال والإدبار على تشابه حركتي رأس الحمل والقطب لتسعين درجة فقط.

[١] و⟨...⟩ لا يصحّ ⟨عمل الجدول⟩ أيضاً لمائة وثمانين درجة ⟨إلاّ بشرط⟩ زائد على تشابه الحركتين ⟨يعني حركتي⟩ رأس الحمل و القطب في دائرتيهما ⟨في أصل⟩ أبي (٢٨ظ) العبّاس رحمه الله.

[٢] ولتكن قطعة من معدّل النهار عليها ألف باء وقطعة من فلك البروج عليها ألف جيم ونعلّم على محيط معدّل النهار نقطة اللام وندير دائرة لبعد الألف عليها حاء كاف وهي دائرة الإدبار والإقبال وليكن قطب فلك البروج نقطة الدال ودائرة دال ميم دائرة اختلاف الميل الكلّي ولتكن كلّ واحدة من قوسين ألف باء و ألف جيم ربع دائرتها ويخرج من نقطة الدال عموداً على قوس ألف جيم فستمرّ بنقطتي الجيم و الباء معاً وليكن قوس دال جيم فبين أنّه على قوس دال جيم يكون قطب دائرة ألف باء التي هي معدّل النهار فلتكن نقطة النون فنقطة النون هي قطب معدّل النهار.

[٣] فلأنّه زعم أنّ حركة رأس الحمل في دائرة ألف حاء كاف شبيه بحركة القطب في دائرة دال ميم يكون زمان عودتهما واحداً وأنّه إذا كان

[213] "وضعه لذلك." في العنوان الذي يظهر في فهرس المقالة (٢٥ظ).

رأس الحمل على دائرة معدّل النهار كان القطب إذ ذاك في بعده الأوسط من دائرة اختلافه فيلزم أنّه متى تحرّك رأس الحمل في دائرته قوساً ما تحرّك القطب في دائرته قوساً أخرى شبيهة بها.

[٤] فليكن رأس الحمل نقطة الألف المشتركة للفلكي البروج ومعدّل النهار فإذا تحرّكت نقطة الألف في دائرتها قوس ألف حاء وذلك ربع دائرتها تحرّك القطب في دائرته قوس دال طاء ففي الزمان الذي يكون فيه نقطة رأس الحمل في نهايتها الشمالية وهي نقطة الحاء فيه يكون القطب في بعده الأبعد عن نقطة النون وهو نقطة الطاء فيكون رأس الحمل في هذا الزمان قد استوفى جميع ميوله الكلّية عن معدّل النهار ولم يستوف القطب من أبعاده عن نقطة النون الذي هو قطب معدّل النهار الاّ نصفها فقط فلا يصحّ إذاً عموم ذلك الجدول لجميع الأزمان إذ كان القطب قد نقصه من أبعاده عن قطب معدّل النهار الذي هو نقطة النون حركته في قوس هاء دال على دائرة اختلافه وأيضاً فانّه إنّ بني عمل الجدول على هذا ⟨الوجه⟩ لنصف دائرة أعني لمائة وثمانين جزءا ⟨فيكون⟩ رأس الحمل في ⟨طرف هذا الزمان في نقطة الحاء⟩ من معدّل النهار ويكون القطب ⟨إذ ذاك في بعده⟩ (٢٩و) الأوسط الثاني وانطبق على نقطة الميم من دائرة اختلافه ولم يستوف أيضاً في حركته على قوس طاء ميم جميع أبعاده عن قطب معدّل النهار الذي هو نقطة النون ولا كان لتحريكه في هذا الزمان الثاني على قوس طاء ميم فائده ولا زوج سوى تكرير أبعاده الأولى[214] التي كانت له في زمان حركته على قوس دال طاء إذ كانت أبعاده عن نقطة النون في تينك القوسين أعني قوس دال طاء وطاء ميم أبعاد متساوية فلا بدّ إذاً من شرط زائد على ذلك وهو إن يزاد

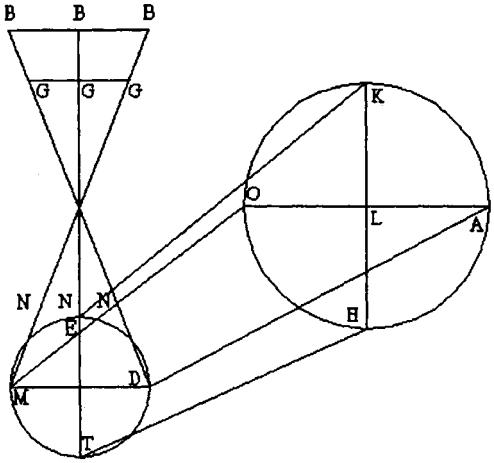
[214] "الأول" في المخطوط.

إلى تلك الأبعاد أبعاده أيضاً على نقطة النون في قوس هاء دال وحينئذ يستوفي القطب في حركته جميع أبعاده الجزئية عن قطب معدّل النهار هو نقطة النون.

[٥] ووجه العمل في ذلك أن تسير نقطة الألف التي هي رأس الحمل إلى وراء قدر زمان عودتها فيكون في طرف ذلك الزمان على نقطة الكاف حيث نهاية ميلها الجنوبي عن معدّل النهار ويكون القطب أيضاً في هذا الزمان قد صعد إلى نقطة الهاء حيث بعده الأقرب إلى قطب معدّل النهار الذي هو نقطة النون.

[٦] ثمّ نجعل مبدأ الجدول من هنالك وتتحرّكان معاً من تينك النقطتين حتى تلحقا أمّا رأس الحمل فبنقطة الحاء حيث نهاية ميوله الشمالية عن معدّل النهار وأمّا القطب فبنقطة الطاء حيث بعده الأبعد عن قطب معدّل النهار فيكون القطب في هذا الزمان قد استوفى جميع أبعاده الجزئية عن قطب معدّل النهار الذي هو نقطة النون ولذلك يكون فلك البروج قد استوفى جميع ميوله الكلّية عن معدّل النهار فهذا الوجه يصحّ عمل الجدول المذكور لمائة وثمانين جزءا من أجزاء دائرة الإقبال والإدبار ويكون عاما بجميع ما يأتي من الأزمان وحينئذ يجب أن يوضع في أعلاه ستّة بروج وفي أسفله ستّة بروج على ما جرى به العادة في غير ذلك من الاختلافات الجزئية.

[٧] فقد بيّن من ذلك أنّه لا يصحّ ⟨...⟩ أصله الذي هو يشابه الحركتين على جدول عام لجميع ⟨الأزمان ...⟩ جزءا من أجزاء ⟨دائرة الإقبال⟩ والإ⟨دبار⟩ لمائة وثمانين جزءا (٢٩ظ) إلاّ أن يكون في طرف ذلك الزمان أمّا رأس الحمل ففي أحد من نهايتي ميله الجنوبي أو الشمالي عن معدّل النهار وأمّا قطب فلك البروج ففي أحد بعديه عن قطب معدّل النهار وأمّا الأبعد أو الأقرب وذلك ما أردنا بيانه.



المقال الثالثة

(٣٥و) الباب الأوّل.

في معرفة ميل فلك البروج الكلّي من قبل الجدول[215].

[١] إذا أردت ذلك فاستخرج حركة القطب الوسطى للوقت الذي تريد ولأيّ تاريخ شئت على ما تقدّم ثمّ ادخل بها في جدول ميول فلك البروج الكلّية بالبروج في عرض الجدول وبالدرج التامّة في طوله وخذ ما بحيال

[215] "ميل البروج الكلّي من قبل الجداويل" في العنوان الذي يظهر في فهرس المقالة.

ذلك من درج الميل ودقائقه وثوانيه واحفظه فإن كان مع درج الحركة الوسطى دقائق فأثبتها ناحية ثمّ اعلم ما يجب لها من التعديل على ما تقدّم فما كان فاحمله على ما أخذت أوّلا من درج الميل ودقائقه وثوانيه إن كان الميل متزايدا[216] وانقصه منها إن كان متناقصا[217] فما كان الميل الذي أخذت أوّلا بعد الزيادة أو النقصان فهو ميل فلك البروج الكلّي في ذلك الزمان الذي عملت عليه ما عملت فاعلمه وبالله التوفيق.

(٣٥ظ) الباب الثاني.

في معرفة[218] أبعاد رأس الحمل عن نقطة الاعتدال الربيعي من قبل الجدول وهي التي تسمّى[219] حركة الإقبال والإدبار.

[١] إذا أردت ذلك فاستخرج حركة رأس الحمل الوسطى على ما تقدّم للوقت الذي تريد ولأيّ تاريخ شئت على ما تقدّم فما كانت فادخل بها في جدول حركة الإقبال والإدبار بالبروج منها في عرض الجدول وبالدرج التامّة في طوله وخذ ما بحيال ذلك من درج البعد ودقائقه وثوانيه واحفظه فإن كان مع درج الحركة الوسطى دقائق فاعلم ما يجب لها من التعديل على ما تقدّ⟨م⟩ فما كان فزده على ما أخذت أوّلا من البعد إن كان

[216] "متزايد" في المخطوط.

[217] "متناقص" في المخطوط.

[218] "نقطة رأس الحمل من نقطة الاعتدال الربيعي من قبل الجدول" في العنوان الذي يظهر في فهرس المقالة.

[219] "تسما" في المخطوط.

البعد متزايدا[220] وانقصه منها إن كان البعد متناقصا[221] فما كان البعد الذي أخذت أوّلا بعد الزيادة عليه أو النقصان منه فهو بعد نقطة رأس الحمل من نقطة ⟨الاعتدال الربيعي من قبل الجدول وهي التي تسمّى حركة الإقبا⟩ل والإدبار في ذلك الزمان الذي ⟨عملت عليه ما عملت⟩.

[٢] (٣٦و) فإن كانت الحركة الوسطى أكثر من ستّة بروج فالبعد الذي خرج لك فيه تقريب يسير وقد تقدّم التنبيه على ذلك في صدر الكتاب وسنذكر بعد هذا إن شاء الله وجه العمل في استخراج بعد نقطة رأس الحمل عن نقطة الاعتدال الربيعي في كلّ زمان على غاية ما يمكن من الصحّة والتحقيق إن شاء الله تعالى وبالله التوفيق.

المقالة السابعة

(٨٠و) الباب الأوّل.

في معرفة أقلّ الميول الكلّية وأبعاد ما بين القطبين من قبل سائر (٨٠ظ) الميول المرصودة[222].

[١] إذا أردت ذلك فاستخرج حركة القطب لزمان الرصد المقصود إليه فما كانت فخذ جيبها واضربه في عشر ثواني وثلث ثانية فما اجتمع فقوّسه تقويس الجيوب فما كانت القوس فخذ جيب تمامها واتخذه إماماً ثمّ خذ جيب تمام الميل المرصود واضربه في ستّين واقسم المجتمع على

[220] "متزايد" في المخطوط.

[221] "متناقص" في المخطوط.

[222] "من قبل الميول المرصود" في العنوان الذي يظهر في فهرس المقالة.

الإمام فما خرج فقوّسه تقويس الجيوب فما كانت القوس فاحفظه ثمّ ارجع إلى حركة القطب فخذ وترها إن كانت أقلّ من مائة وثمانين جزءا أو وترها ينقصها عن ثلاث مائة وستين إن كان أكثر من مائة وثمانين فما كان الوتر فاضربه في عشر ثواني وثلث فما اجتمع فقوّسه تقويس الأوتار فما كانت القوس فخذ جيب تمامها واضربه في ستّين واقسم المجتمع على الإمام فما خرج فقوّسه تقويس الجيوب فما كانت القوس فاسقطها من القوس المحفوظة فما بقي فهو أقلّ الميول الكلّية وأبعاد ما بين القطبين[223] فاعلمه وبالله التوفيق.

[٢] والعلّة في ذلك لتكن دائرة اختلاف الميل الكلّي دائرة ألف باء جيم ولنجرِ على قطبها قوسا من دائرة عظيمة وهي قوس باء الف زاي ولتكن نقطة الزاي منها قطب معدّل النهار فيكون نقطة الألف من دائرة الاختلاف البعد الأقرب[224] إلى قطب معدّل النهار ونقطة الباء منها البعد الأبعد منه ولتكن نقطة الجيم من دائرة اختلاف الميل قطب فلك البروج في زمان رصدها من أرصاد الميل الأعظم ولنجرِ أيضاً عليه وعلى قطب معدّل النهار أعني نقطة الزاي قوسا من دائرة عظيمة وهي قوس زاي جيم فتكون هذه القوس أعني قوس زاي جيم بعد ما بين القطبين ومقدار الميل الأعظم في ذلك الزمان ويكون قوس ألف زاي أقلّ الميول الكلّية وأبعاد ما بين القطبين.

[٣] فأقول إنّها معلومة فلنجرِ على نقطتي الألف والجيم قوساً من دائرة عظيمة وهي قوس ألف جيم ونخرج من نقطة الجيم قوساً من دائرة عظيمة عمودا على قوس ألف باء وهي قوس جيم دال.

[223] "القطب" في المخطوط.

[224] كلمة "الأقرب" ليست في المخطوط.

[٤] فلأنّ قوس ألف جيم من دائرة الاختلاف معلومة تكون قوس باء جيم أيضاً معلومة فجيبها معلوم بالمقدار الذي به نصف قطر دائرة ألف باء جيم ستّون ونصف قطر ⟨دائرة ألف باء جيم⟩ معلوم بالمقدار الذي ⟨به⟩[225] نصف قطر معدّل النهار ⟨ستّون⟩ فقوسه ⟨...زاي جيم⟩[226] (٨١و) بعد ما بين القطبين معلومة بالرصد.

[٥] فمثلّث زاي جيم دال من قسي دوائر عظام وزاوية الدال منه قائمة تكون نسبة جيب تمام قوس جيم زاي إلى جيب تمام قوس زاي دال كنسبة جيب تمام قوس جيم دال إلى جيب ربع الدائرة وكلّ واحد من جيب تمام زاي جيم و جيم دال وجيب ربع الدائرة معلوم فجيب تمام قوس زاي دال معلوم فقوس زاي دال معلومة وأيضاً.

[٦] فلأنّ قوس ألف جيم من دائرة الاختلاف معلومة كما تقدّم يكون وترها معلوما على ما تقدّم بالمقدار الذي به نصف قطر دائرة ألف باء جيم ستّون ونصف قطر دائرة ألف باء جيم معلوم بالمقدار الذي به نصف قطر معدّل النهار ستّون فوتر قوس ألف جيم بذلك المقدار معلوم فالقوس التي عليه من الدائرة العظمى وهي قوس ألف جيم معلومة وقوس جيم دال معلومة.

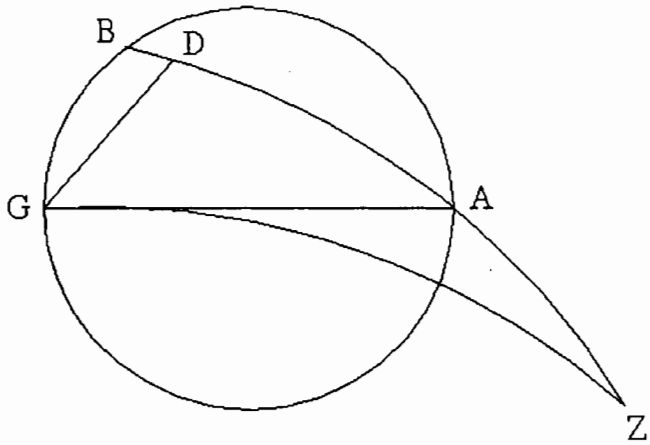
[٧] فمثلّث ألف جيم دال أيضاً من قسي دوائر عظام وزاوية الدال منه قائمة تكون نسبة جيب تمام قوس ألف جيم إلى جيب تمام قوس جيم دال كنسبة ⟨جيب⟩[227] تمام قوس ألف دال إلى جيب ربع الدائرة وجيب تمام قوس ألف جيم معلوم لأنّها معلومة وجيب تمام قوس جيم دال معلوم لأنّها

[225] "به" ينقص في المخطوط.

[226] ينقص هنا سطر مغطى برقعة من قبل مرمّم المخطوط.

[227] ينقص كليمة "جيب" في المخطوط.

معلومة وجيب ربع الدائرة معلوم وذلك ستّون يكون جيب تمام قوس ألف دال معلوما فقوس ألف دال معلومة وقد كانت قوس دال زاي كلّها معلومة فتبقى قوس ألف زاي معلومة وهي أقلّ الميول الكلّية وأبعاد ما بين القطبين وذلك ما أردنا بيانه.



الباب الثاني.

في معرفة مقادير الميول الكلّية وأبعاد ما بين القطبين في كلّ زمان.

(٨١و) [١] إذا أردت ذلك فاستخرج حركة القطب للزمان الذي تريد معرفة الميل الأعظم فيه فإن كانت أقلّ من مائة وثمانين فخذ وترها

وجيب ما <ينقصها عن>[228] مائة وثمانين و<إن كانت>[229] أكثر من <مائة وثمانين>[230] فاسقطها من ثلاثة مائة (٨١ظ) وستّين فما بقي فخذ وتره وجيب ما ينقصه عن مائة وثمانين فما كان من الوتر والجيب معاً فاضرب كلّ واحد منهما[231] في عشر ثواني وثلث ثانية فما اجتمع له فقوّسه تقويس جنسه فما كانت قوس الجيب فخذ جيب تمامها واتّخذه إماما وما كانت قوس الوتر فخذ جيب تمامها واضربه في ستّين واقسم المجتمع على الإمام فما خرج فقوّسه تقويس الجيوب (التمام)[232] فما كانت القوس فاحمل عليها أقلّ الميول الكلّية وقد تقدّم العلم بها فما اجتمع فخذ جيب تمامه واضربه فيما اتّخذ به إماما واقسم المجتمع على ستّين فما خرج فقوّسه تقويس جيوب التمام فما كانت القوس فهي الميل الكلّي وبعد ما بين القطبين في ذلك الزمان فاعلمه وبالله التوفيق.

[٢] والعلّة في ذلك لنعدّ الشكل المتقدّم على هيئته وصورته فيكون قوس زاي جيم على ما تقدّم مقدار الميل الكلّي وبعد ما بين القطبين في الزمان المفروض فأقول إنّها معلومة فلأنّ قوس ألف جيم من دائرة ألف باء جيم وهي دائرة الاختلاف معلومة ممّا دوّن في الجداول تكون أيضاً قوس باء جيم معلومة ولذلك يكون كلّ واحد من وتر قوس ألف جيم

[228] من "الزيج القويم" لابن الرقّام (٢٨و). انظر عبد الرحمان ,١٩٩٦, ١١١.

[229] من "الزيج القويم" لابن الرقّام (٢٨و). انظر عبد الرحمان ,١٩٩٦, ١١١.

[230] من "الزيج القويم" لابن الرقّام (٢٨و). انظر عبد الرحمان ,١٩٩٦, ١١١.

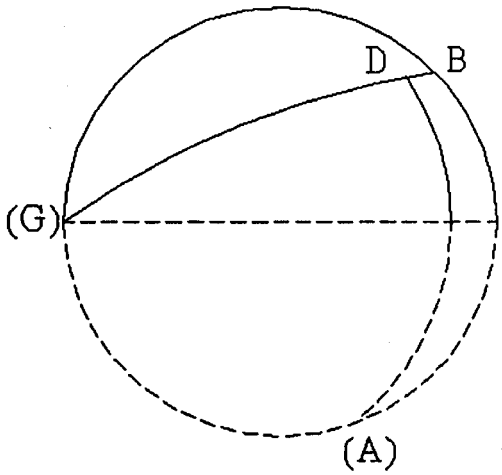
[231] "من منهما" في المخطوط وفي "الزيج القويم" لابن الرقّام (٢٨و). "كل واحد منهما". انظر عبد الرحمان ,١٩٩٦, ١١١.

[232] ينقص كليمة "التمام" في المخطوط.

وجيب باء جيم معلوماً بالمقدار الذي به نصف قطر دائرة باء جيم ألف ستّون فكلّ واحد منها إذا على ما تبيّن معلوم بالمقدار الذي به نصف قطر معدّل النهار ستّون فالقوسان اللّتان عليهما من الدائرتين العظيمتين أعني قوس ألف جيم وجيم دال معلومتان.

[٣] فمثلّث ألف جيم دال من قسي دوائر عظام وزاوية الدال منه قائمة وضلعا ألف جيم وجيم دال منه معلومان يكون ضلع ألف دال الباقي منه معلوما وقوس ألف زاي على ما تبيّن معلومة تكون قوس زاي دال كلّها معلومة.

[٤] فمثلّث دال زاي جيم أيضاً من قسي دوائر عظام وزاوية الدال منه قائمة وضلعا زاي دال ودال جيم منه معلومان يكون ضلع زاي جيم الباقي منه معلوما وهو بعد ما بين القطبين ومقدار الميل الكلّي وذلك ما أردنا بيانه.



(٨٢و) الباب الثالث.

في معرفة أبعاد نقطة رأس الحمل عن نقطة الاعتدال الربيعي في كلّ زمان وهو الإقبال والإدبار المحسوس[233].

[١] ولما كانت هذه الأبعاد الموجودة لرأس الحمل عن نقطة الاعتدال في فلك البروج تختلف أيضاً باختلاف حركة القطب على ما قد بيّناه وجب أن نبيّنه على وجه العمل في استخراج مقاديرها في كلّ زمان من الأزمان الآتية بعد بحول الله تعالى فإذا أردت ذلك فاستخرج حركة رأس الحمل الوسطى لذلك الزمان الذي تريد فما كانت فهي الحصّة فادخل بها في جدول جيوب ميول رأس الحمل وخذ ما بحيالها من جيب الميل فإن كانت الحصّة من درجة إلى مائة وثمانين فالميل شمالي وإن كانت بخلاف ذلك فالميل جنوبي فما كان جيب الميل فاضربه في ستّين فما اجتمع فاقسمه على جيب الميل الكلّي في ذلك الزمان فما خرج فقوّسه تقويس[234] الجيوب فما كانت القوس فهو بعد رأس الحمل عن نقطة الاعتدال الربيعي في ذلك الزمان وهو الإقبال الأول والإدبار فإن كانت حصّة رأس الحمل من درجة إلى تسعين أو من مائتين وسبعين إلى ثلاث مائة وستين فهو مقبل نحو الشمال وإن كانت بخلاف ذلك فهو مقبل نحو الجنوب وأيضاً فإنّه إن كان الميل شمالياً فإنّ الإقبال والإدبار شرقي عن نقطة الاعتدال الربيعي ونقطة رأس الحمل متقدّمة لها نحو المشرق وإن كان الميل جنوبياً فإنّ الإقبال والإدبار غربي عن نقطة الاعتدال الربيعي

[233] "وهو الإقبال الأول المحسوس" في العنوان الذي يظهر في فهرس المقالة.

[234] "تقويم" في المخطوط.

ونقطة رأس الحمل متأخّرة عنها نحو المغرب.

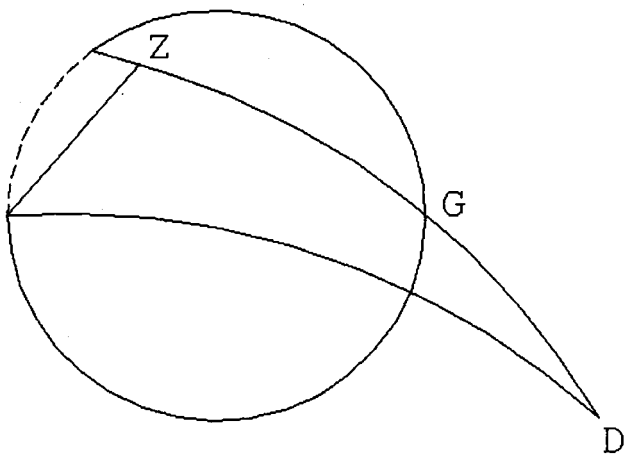
[٢] والعلّة في ذلك لتكن دائرة الإقبال والإدبار دائرة الف باء جيم حول قطر الف جيم ولنجرّ على قطبها وعلى نقطتين الالف والجيم قطعة من معدّ⟨ل⟩ النهار وهو قوس الف جيم دال ولتكن نقطة رأس الحمل على نقطة الباء من دائرة الف باء جيم ونخرج منها قوساً من دائرة عظيمة عموداً على قوس الف جيم وهو قوس باء زاي ونجرّ على نقطتي الباء والدال قطعة من فلك البروج وهي قوس دال باء فتكون نقطـ⟨ة⟩ الدال ⟨مشتركة لمـ⟩عدّل النهار وفلك البروج ⟨وهو الا⟩عتدال الربيعي ⟨في⟩ ذلك الزمان فـ⟨تكون قوس باء دال وذلك⟩ (٨٢ظ) بعد نقطة رأس الحمل عن نقطة الاعتدال الربيعي وذلك مقدار الإقبال الأول المحسوس في ذلك الزمان.

[٣] فأقول إنّها معلومة[235] فلأنّ مثلّث دال زاي باء من قسي دوائر عظام تكون نسبة جيب قوس ⟨باء زاي إلى جيب قوس⟩[236] باء دال كنسبة جيب قوس زاوية الدال إلى جيب قوس زاوية الزاي.

[٤] وجيب قوس باء زاي معلوم لأنها ميل رأس الحمل عن معـ⟨دّ⟩ل النهار وجيب قوس زاوية الدال معلوم لأنها الميل الأعظم في ذلك الزمان وجيب قوس زاوية الزاي معلوم لأنها ربع الدائرة فيكون جيب قوس دال باء معلوماً فقوس دال باء معلومة وهي مقدار بعد رأس الحمل عن نقطة الاعتدال الربيعي في ذلك الزمان وهو الإقبال الأوّل المحسوس وذلك ما أردنا بيانه فاعلمه وبالله التوفيق.

[235] يعني قوس باء دال.

[236] ينقص في المخطوط.



الباب الرابع.

في معرفة مطالع أجزاء دائرة الإقبال[237] في دائرة نصف النهار وهو الإقبال الثاني المعقول.

[١] إذا أردت ذلك فاستخرج حركة رأس الحمل الوسطى لذلك الزمان الذي تريد فما كانت فهي الحصّة فإن كانت أقلّ من مائة وثمانين فخذ وترها وجيب ما ينقصها عن مائة وثمانين وإن كانت أكثر من مائة

[237] "أجزاء الإقبال" في العنوان الذي يظهر في فهرس المقالة.

وثمانين فانقصها من ثلاث مائة وستين فما بقي فخذ وتره وجيب ما ينقصه على مائة وثمانين فما كان من الوتر والجيب معاً فاضرب كلّ واحد منها في أربع دقائق وتسع عشر ثانية وستّ وعشرين ثالثة فما اجتمع فقوّسه تقويس جنسه فما كانت قوس الجيب فخذ جيب ⟨تمامها واتّخذه إماما وما كان قوس الوتر فخذ جيب تمامها واضربه في ستّين واقسم المجتمع على الإمام فما خرج فقوّسه تقويس الجيوب[التمام][238] فما كانت⟩[239] (٨٣و) القوس فهي الإقبال الثاني وتلك مطالع ما تحركه رأس الحمل عن معدّل النهار في دائرة الإقبال فاعلمه وبالله التوفيق.

[٢] والعلّة بيّنة ممّا تقدّم إلاّ أنّ ها هنا ما يوجب اعاده القول في ذلك فلتكن دائرة الإقبال والإدبار دائرة الف باء جيم حول مركز الهاء وقطر الف جيم ولنجر على قطبها وعلى نقطتي الالف والجيم قوساً من دائرة معدّل النهار وهي قوس الف جيم ولتكن نقطة الباء من دائرة الإقبال موضع رأس الحمل منها في الزمان المفروض ونخرج منها عموداً على قوس معدّل النهار وهي قوس باء زاي فتكون قوس باء زاي ميل رأس الحمل في ذلك الزمان عن معدّل النهار ونجر على نقطتي الجيم والباء قوساً من دائرة عظيمة وهي قوس باء جيم ونصل الجيم بالباء بخطّ مستقيم وهو خطّ جيم باء فلأنّ قوسي جيم باء وباء الف من دائرة الإقبال معلومتان يكون كلّ واحد من وتر جيم باء وجيب قوس الف باء معلوماً بالمقدار الذي به نصف قطر دائرة الإقبال ستّون ونصف قطر دائرة الإقبال معلوم بالمقدار الذي به نصف قطر معدّل النهار

[238] "التمام" تصحيح عبد الرحمن على نص ابن الرقّام .

[239] السطران الأخيران مغطى برقعة من قبل مرمّم المخطوط والنصّ هنا من "الزيج القويم" لابن الرقّام (٢٨ظ). انظر "حساب أطوال الكواكب" و١١٢-٣١١.

ستّون فكلّ واحد اذاً من وتر جيم باء وجيب قوس الف باء معلوم بالمقدار الذي به نصف قطر معدّل النهار ستّون فالقوسان اللتان على وتر جيم باء وجيب قوس الف باء من الدائرتين العظيمتين وهما قوسا جيم باء وباء زاي معلومان.

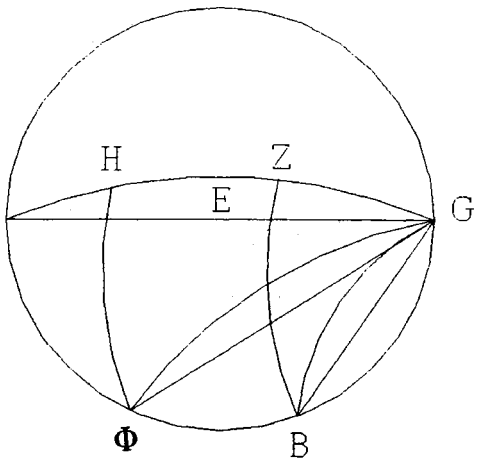
[٣] فيكون مثلّث جيم باء زاي من قسي دوائر عظام وزاوية الزاي منه قائمة فنسبة جيب تمام قوس باء جيم إلى جيب تمام قوس جيم زاي كنسبة جيب تمام قوس باء زاي إلى جيب ربع الدائرة وكلّ واحد من جيبي تمام قوسي جيم باء وباء زاي وجيب ربع الدائرة معلوم فجيب تمام قوس جيم زاي معلوم فقوس جيم زاي من معدّل النهار معلومة وهي إقبال رأس الحمل الثاني المعقول وذلك ما يطلع في[240] دائرة نصف النهار من أجزاء معدّل النهار مع قوس جيم باء من دائرة الإقبال.

[٤] وأيضاً فليكن رأس الحمل على نقطة الذال من دائرة الأقبال في زمان ما آخر ونخرج من نقطة ⟨الذال عموداً على قوس معدّل⟩ النهار وهو قوس ⟨ذال حاء فتكو⟩ون هذه القوس بين ⟨نقـ⟩طة رأس الحمل عن معدّ⟨ل النهار ...⟩ما ونجر على نقطتي الذال والجيم قوساً من دائرة عظيمة وهي قوس ذال جيم ونصل الجيم بالذال بخطّ مستقيم وهو خطّ جيم ذال.

[٥] فيكون مثلّث ذال حاء جيم من قسي دوائر عظام وزاوية الحاء منه قائمة تكون بما تقدّم من البرهان قوس جيم حاء من معدّل النهار معلومة وقد كانت قوس جيم زاي منه معلومة فتبقى قوس حاء زاي معلومة وهي مقدار الإقبال الثاني فيما بين الزمانين وذلك ما يجوز في دائرة نصف النهار من معدّل النهار مع قوس ذال باء من دائرة الإقبال التي هي ما

[240] "كذا في المخطوط وفي عنوان الباب في هذا "الزيج" وفي "الزيج القويم" لابن الرقّام ففي نص "الزيج القويم" (٢٨ظ) "وتلك مطالع ما تحرّكه رأس الحمل عن معدّل النهار في دائرة الإقبال".

يتحركه رأس الحمل منها في المدة التي بين الزمانين.



V. References

ABDULRAHMAN [1996a]
ABDULRAHMAN, M., "Wujūd Jadāwil fī Zīj Ibn al-Hā'im", (In Arabic, with a summary in English). *From Baghdad to Barcelona. Studies in the Islamic Exact Sciences in Honour of Prof. Juan Vernet*. Ed. by J. Casulleras and J. Samsó (Barcelona, 1996) vol I, 365-381.

ABDULRAHMAN [1996b]
ABDULRAHMAN, M., "Ḥisāb Aṭwāl al-Kawākib fī *'l-Zīj al-Shāmil fī Tahdhīb al-Kāmil* li-Ibn al-Raqqām". Unpublished Ph.D. dissertation (in Arabic). University of Barcelona (1996).

AL-BATTĀNĪ
AL-BATTĀNĪ, Muḥammad ibn Jābir Ibn Sinān *Kitāb al-Zīj al-Ṣābi'*,

See Nallino [1899].

AL-BĪRŪNĪ

AL-BĪRŪNĪ, Abū 'l-Rayhān, "Kitāb al-Athār al-Bāqiya", See Sachau [1923].

AL-HASHIMĪ

AL-HASHIMĪ, ᶜAli ibn Sulayman, in *Kitāb fī ᶜIlal al-Zījāt*.In *The Book of the Reasons Behind Astronomical Tables*. Facsimile edition of MS. Bodleian Arch. Seld. A11, translation by F.I. Haddad and E.S. Kennedy and commentary by D. Pingree and E.S. Kennedy (Delmar-New York, 1981).

ALKUWAIFI & RIUS

ALKUWAIFI A. & RIUS, M., "Descripción del MS. 80 de *al-Zāwiya al-Ḥamzawīya*". *Al-Qanṭara*, XIX (1998), 445-463.

CALVO [1997]

CALVO, E., "Ibn al-Kammad's Astronomical Work in Ibn al-Hā'im's *al-Zīj al-Kāmil fī-l-Taᶜālīm*. I. Solar Year and Trepidation", a paper delivered at the XXth International Congress of History of Science (Liège, July 1997).

CALVO [1998]

CALVO, E., "Astronomical Theories Related to the Sun in Ibn al-Hā'im's *al-Zīj al-Kāmil fī-l-Taᶜālīm*". *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften*, 12 (Frankfurt, 1998), 51-111

CHABÁS & GOLDSTEIN [1994]

CHABÁS, J. & GOLSTEIN, B.R., "Andalusian Astronomy: *al-Zīj al-Muqtabis* of Ibn al-Kammād". *Archives for the History of Exact Sciences*, 48 (1994), 1-41.

CHABÁS & GOLDSTEIN [1996]

CHABÁS, J. & GOLSTEIN, B.R., "Ibn al-Kammād's Star List". *Centaurus*, 38 (1996), 317-334.

COMES [1990]

COMES, M., *Ecuatorios Andalusíes: Ibn al-Samḥ, al-Zarqālluh y Abū 'l-Ṣalt*. Barcelona, 1990.

COMES [1991]

COMES, M., "Deux Échos Andalous à Ibn al-Bannā' de Marrākush". *Actes du VII Colloque Universitaire Tuniso-Espagnol sur le Patrimoine*

Andalous dans la Culture Arabe et Espagnole. Tunis 3-10 Fevrier 1989. (Cahiers du CERES, série Histoire n° 4. Tunis, 1991), 81-94.

COMES [1992]

COMES, M. "A propos de l'influence d'al-Zarqālluh en Afrique du Nord: l'apogée solaire et l'obliquité de l'ecliptique dans le *zīdj* d'Ibn Isḥāq". *Actas del "II Coloquio Hispano-Marroquí de Ciencias Históricas: Historia, Ciencia y Sociedad"*, (Madrid, 1992), 147-159.

COMES [1996]

COMES, M., "Accession and Recession Theory in al-Andalus and the North of Africa" *From Baghdad to Barcelona. Studies in the Islamic Exact Sciences in Honour of Prof. Juan Vernet*. Ed. by J. Casulleras and J. Samsó (Barcelona, 1996), 349-364.

COMES [1997]

COMES, M., "Some New Maghribī Sources dealing with Trepidation", a paper delivered at the XXth International Congress of History of Science (Liège, July 1997). Forthcoming.

COMES [1998]

COMES, M., "The possible scientific exchange between the courts of Hulaghu and Alfonso X" delivered at the 2e Colloque International "La Science dans le Monde Iranien" (Tehran, June 1998). Forthcoming.

CORRIENTE [1977]

CORRIENTE, F., *A Grammatical Sketch of the Spanish Arabic Dialect Bundle*. Madrid, 1977.

CORRIENTE [1992]

CORRIENTE, F., *Árabe Andalusí y Lenguas Romances*. Madrid, 1992.

DOBRZYCKI [1965]

DOBRZYCKI, J., "Teoria precesji w astronomii sredniowiecznei". *Studia i Materialy Dziejow Nauki Polskiej*, Seria Z, Z 11 (1965), 3-47.

FORCADA [1994]

FORCADA, M., "Rīḥ". *Encyclopédie de l'Islam*, 2nd ed., VIII, 544-5.

GIRKE [1988]

GIRKE, D., *Drei Beiträge zu den Frühesten Islamischen Sternkatalogen*. Preprint Series, 8. Institut für Geschichte der Naturwissenschaften (Frankfurt, 1988).

GOLDSTEIN [1964]

GOLDSTEIN, B.R., "On the Theory of Trepidation According to

Thābit b. Qurra and al-Zarqālluh and its Implications for Homocentric Planetary Theory". *Centaurus*, 10 (1964), 232-247

HARTNER [1984]

HARTNER, W., "Trepidation and Planetary Theories. Common Features in Late Islamic and Early Renaissance Astronomy". *Oriens.Occidens*, II (Hildesheim, 1984).

KENNEDY [1956]

KENNEDY, E.S. [1956] "A Survey of Islamic Astronomical Tables". *Transactions of the American Philosophical Society* Philadelphia, 1956.

KENNEDY [1991-1992]

KENNEDY, E.S., "Transcription of Arabic Letters in Geometric Figures". *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften*, 7 (1991-2), pp. 21-22.

KENNEDY [1997]

KENNEDY, E.S., "The Astronomical Tables of Ibn al-Raqqām a Scientist of Granada" *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wisenschaften*, 11 (1997), 35-72.

KING [1981]

KING D.A., *Fihris al-makhṭūṭāt al-ᶜilmiyya al-maḥfūẓa bi-Dār al-Kutub al-Miṣriyya* I, Cairo, 1981.

KING [1986]

KING, D.A., *A Survey of the Scientific Manuscripts in the Egyptian National Library*, Winnona Lake, Indiana, 1986.

KING [1989]

KING, D.A., "Maṭlaᶜ". *Encyclopédie de l'Islam*, 2nd ed., VI, 830-1.

KUNITZSCH [1986]

KUNITZSCH, P., *Der Sternkatalog des Almagest. Die arabisch-mittelalterliche Tradition. I Die arabischen Übersetzungen*. Wiesbaden, 1986.

LORCH [1973]

LORCH, R.P., "Jābir Ibn Aflaḥ". *D.S.B.* VII (New York, 1973), 37-39.

LORCH [1975]

LORCH, R.P., "The Astronomy of Jābir ibn Aflaḥ". *Centaurus*, 19 (Copenhagen, 1975), 85-107. Reprinted in *Arabic Mathematical*

Sciences. Instrumments, Texts, Transmission. Variorum (Aldershot, 1995), VI.

LORCH [1995]

LORCH, R.P., "The Manuscripts of Jābir's Treatise" and "Jābir ibn Aflaḥ and the Establishment of Trigonometry in the West" Appendices 1 and 2 to item VI [Lorch:1975]. First publications. *Arabic Mathematical Sciences. Instrumments, Texts, Transmission*. Variorum (Aldershot, 1995).

MANCHA [1998]

MANCHA, J.L., "On Ibn al-Kammād's Table for Trepidation". *Archives for the History of Exact Sciences*, 52 (1998), 1-11.

MANNŪNĪ [1963]

MANNŪNĪ, M., "Maktabat al-Zāwiya al-Ḥamzīya". *Tiṭwān* VIII (1963), 97-177.

MERCIER [1976-1977]

MERCIER, R., "Studies in the Medieval Conception of Precession". *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, 26 (1976), 197-220 and 27 (1977), 33-71 OJO.

MERCIER [1987]

MERCIER, R., "Astronomical Tables in the Twelfth Century". *Adelard of Bath. An English Scientist and Arabist of the Early Twelfth Century*. Ed by Ch. Burnet (London, 1987), 87-118.

MERCIER [1996]

MERCIER, R. [1996] "Accession and Recession: Reconstruction of the Parameters" *From Baghdad to Barcelona. Studies in the Islamic Exact Sciences in Honour of Prof. Juan Vernet*. Ed. by J. Casulleras and J. Samsó (Barcelona, 1996), 299-347.

MESTRES [1996]

MESTRES, A., "Maghribī Astronomy in the 13th century: a Description of Manuscript Hyderabad Andra Pradesh State Library 298". *From Baghdad to Barcelona. Studies in the Islamic Exact Sciences in Honour of Prof. Juan Vernet*. Ed. by J. Casulleras and J. Samsó (Barcelona, 1996), 383-443.

MESTRES [1999]

MESTRES, A. "An Andalusi *zīj* in 13th Century Tunis". Unpublished Ph.D. dissertation. 2 vols (Barcelona, 1999).

MIELGO [1996]
MIELGO, H., "A Method of Analysis for Mean Motion Astronomical Tables", *From Baghdad to Barcelona. Studies in the Islamic Exact Sciences in Honour of Prof. Juan Vernet*. Ed. by J. Casulleras and J. Samsó (Barcelona, 1996), pp. 159-179.

MILLAS VALLICROSA [1943-1950]
MILLÁS VALLICROSA, J.M., *Estudios sobre Azarquiel*. Madrid-Granada, 1943-1950.

MOESGAARD [1975]
MOESGAARD, K.P., "Tychonian Observations, Perfect Numbers and the Date of Creation. Longomontanus Solar and Precessional Theories", *Journal for the History of Astronomy* 6 (1975), 84-99.

MORELON [1994]
MORELÓN, R., "Ṯābit b. Qurra and Arabic Astronomy in the 9th Century". *Arabic Sciences and Philosophy*, 4 (1994), 111-139.

NALLINO [1899-1903-1907]
NALLINO, C.A., *Al-Battānī Kitāb al-Zīj al-Ṣābi' (Al-Battānī sive Albatenii, Opus astronomicum)*, edition, translation and commentary. 3 vols. Milan, 1899-1907 (vol. 1 [1903]; vol. 2 [1907]; vol 3 [1899]).

NEUGEBAUER [1962]
NEUGEBAUER, O., "Thābit ben Qurra, *On the Solar Year* and *On the Motion of the Eighth Sphere*". *Proceedings of the American Philosophical Society*, 106 (1962), 264-299.

NORTH [1967a]
NORTH, J.D., "Medieval Star Catalogues and the Movement of the Eighth Sphere". *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, 17 (1967), 73-83.

NORTH [1976b]
NORTH, J.D., "Thebit's Theory of Trepidation and the Adjustment of John Maudith's Star Catalogue". *Richard of Wallingford. An edition of his writings with introductions, English translation and commentary*, 3 vols. Oxford, 1976, vol. III, apendix 25, 155-8.

PINGREE [1972]
PINGREE, D., "Precession and Trepidation in Indian Astronomy before A.D. 1200". *Journal for the History of Astronomy*, 3 (1972), 27-35.

PTOLEMY
PTOLEMY, C. *Almagest*. See Toomer [1984].
PUIG [2000]
PUIG, R., "The Theory of the Moon in the *al-Zīj al-Kāmil fi-l-Ta^c^ālīm* of Ibn al-Hā'im (*ca*. 1205)". *Suhayl*, 1 (2000), 71-99.
RAGEP [1993]
RAGEP, J., "*Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī*'s Memoir on Astronomy (*al-Tadhkira fī ^c^ilm al-Hay'a*)" 2 vols. *Sources in the History of Mathematics and Physical Sciences*, 12. New York, 1993.
RAGEP [1996]
RAGEP, J., "Al-Battānī, Cosmology and the History of Trepidation in Islam" *From Baghdad to Barcelona. Studies in the Islamic Exact Sciences in Honour of Prof. Juan Vernet*. Ed. by J. Casulleras and J. Samsó (Barcelona, 1996), 267-298.
RASHED [1996]
RASHED, R., *Les mathématiques infinitésimales du IXe au XIe siècle. Fondateurs et commentateurs. Vol 1. Banū Mūsā, Ibn Qurra, Ibn Sinān, al-Khāzin, al-Qūhī, Ibn al-Samḥ, Ibn Hūd*. London, 1996, chapter VI, 885-973.
SACHAU [1923]
SACHAU, E., *Chronologie Orientalischer Völker von Alberuni (al-Āthār al-bāqiya ^c^an al-qurūn al-khāliya)*. London 1878, reprinted in Leipzig, 1923.
ṢĀ^c^ID AL-ANDALUSĪ [1]
ṢĀ^c^ID AL-ANDALUSĪ, *Ṭabaqāt al-Umam*. Ed. Cheikho. *al-Mashriq*. Beirut, 1912.
ṢĀ^c^ID AL-ANDALUSĪ [2]
ṢĀ^c^ID AL-ANDALUSĪ, *Ṭabaqāt al-Umam*. Tranlated as "Livre des Catégories des Nations" by R. Blachère. Paris, 1935.
ṢĀ^c^ID AL-ANDALUSĪ [3]
ṢĀ^c^ID AL-ANDALUSĪ, *Ṭabaqāt al-Umam*. Ed. Ḥayāt Bū ^c^Alwān. Beirut, 1985.
ṢĀ^c^ID AL-ANDALUSĪ [4]
ṢĀ^c^ID AL-ANDALUSĪ, *Al-Ta^c^rīf bi-Ṭabaqāt al-Umam*. Ed. Gholāmreḍā Jamthīdnežād-e Avval. Tehran, 1997.
ṢĀ^c^ID AL-ANDALUSĪ [5]

ṢĀᶜID AL-ANDALUSĪ, *El Libro de las categorías de las naciones (Kitāb Ṭabaqāt al-Umam*. Tr. f. Maíllo Salgado, Madrid, 1999.

SALIBA [1994]

SALIBA, G., "Theory and Observation in Islamic Astronomy: The Work of Ibn al-Shāṭir of Damascus".*Journal for the History of Astronomy*, 18 (1987), 35-43. Reprinted in *A History of Arabic Astronomy. Planetary Theories during the Golden Age of Islam*. New York, London, 1994, 233-241.

SALIBA [1996]

SALIBA, G., "Arabic Planetary Theories after the Eleventh Century AD". *Encyclopedia of the History of Arabic Science*. (New York, London, 1996), vol. 1, 58-127.

SALIBA [1999]

SALIBA, G., "Critiques of Ptolemaic Astronomy in Islamic Spain". *Al-Qanṭara* XX, fasc. 1 (1999), 3-25.

SAMSÓ [1980]

SAMSÓ, J., "Notas sobre la trigonometría esférica de Ibn Muᶜāḏ". *Awrāq*, 3 (Madrid, 1980), 60-68. Reprinted in *Islamic Astronomy and Medieval Spain*. Variorum (Aldershot, 1994), VII.

SAMSÓ [1987a]

SAMSÓ, J., "On the Solar Model and the Precession of the Equinoxes in the Alfonsine *Zīj* and its Arabic Sources". *History of Oriental Astronomy*. Proceedings of an International Astronomical Union Colloquium no. 91, held in New Delhi, India (November, 1985), ed G. Swarup, A.K. Bag and K.S. Shukla (Cambridge 1987), 175-183. Reprinted in *Islamic Astronomy and Medieval Spain*. Variorum (Aldershot, 1994), XIX.

SAMSÓ [1987b]

SAMSÓ, J., "Sobre el modelo de Azarquiel para determinar la oblicuidad de la eclíptica". *Homenaje al Prof. Darío Cabanelas O.F.M. con motivo de su LXX aniversario*, II (Granada, 1987), 367-377. Reprinted in *Islamic Astronomy and Medieval Spain*. Variorum (Aldershot, 1994), IX.

SAMSÓ [1992]

SAMSÓ, J. [1992] *Las Ciencias de los Antiguos en al-Andalus*. Madrid,

1992, 219-245.

SAMSÓ [1994a]
SAMSÓ, J., "Trepidation in al-Andalus in the 11th century" in *Islamic Astronomy and Medieval Spain*. Variorum (Aldershot, 1994), VIII.

SAMSÓ [1994b]
SAMSÓ, J. "Ibn al-Bannā', Ibn Isḥāq and al-Zarqālluh's Solar Theory" in *Islamic Astronomy and Medieval Spain*. Variorum (Aldershot, 1994), X.

SAMSÓ [1997]
SAMSÓ, J., "Andalusian Astronomy in 14th century Fez: *al-Zīj al-Muwāfiq* of Ibn ᶜAzzūz al-Qusanṭīnī". *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften*, band 11 (1977), 108 -109.

SAMSÓ [1998]
SAMSÓ, J., "An outline of the history of Maghribī *zījes* from the end of the thirteenth century". *Journal for the History of Astronomy*, 29 (1998), 93-102.

SAMSÓ & MILLÁS [1998]
SAMSÓ, J. & MILLÁS, E., "The computation of Planetary Longitudes in the *Zīj* of Ibn al-Bannā'". *Arabic Sciences and Philosophy*, 8 (1998), 259-286.

SAMSÓ & BERRANI [1999]
SAMSÓ, J. & BERRANI, H., "World Astrology in eleventh century al-Andalus: The epistle on *Tasyīr* and the Projection of Rays by al-Istijjī". *Journal of Islamic Studies* 10:3 (1999), 293-312.

SAᶜIDĀN [1983]
SAᶜIDĀN, A.S., *Rasā'il Ibn Sinān* (by Sinān b. Thābit) ed. by A.S. Saᶜīdān. Kuwait, 1983.

SINĀN
SINĀN, Ibn Thābit, *Rasā'il*. See Saᶜidān [1983]

SOUISSI [1968]
SOUISSI, M., *La Langue des Mathématiques en Arabe*. Tunis, 1968.

SUTER [1892-1922]
SUTER, H., "Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke". Reprinted by F. SEZGIN in Frankfurt (1986), *Beiträge zur Geschichte der Mathematik und Astronomie im Islam* (2 vols.), band 1, 1-285.

SWERDLOW & NEUGEBAUER [1984]
SWERDLOW, N.M. & NEUGEBAUER, O., "Mathematical Astronomy in Copernicus's 'De Revolutionibus'" (2 vols.), *Studies in the History of Mathematics and Physical Sciences* 10 (New York, 1984).

TIHON [1978]
TIHON, A., *Le "Petit Commentaire" de Théon d'Alexandrie aux Tables Faciles de Ptolémée*. Vatican, 1978, 236-7 and 319.

TOOMER [1968]
TOOMER, G.J., "A Survey of the Toledan Tables. *Osiris*, 15 (1968), 15-174.

TOOMER [1984]
TOOMER, G.J., *Ptolemy's Almagest*. Translation and notes. New York, 1984.

TOURNEAU [1960]
TOURNEAU, R. le, "Barghawāṭa". *Encyclopédie de l'Islam*, 2nd ed., I, 1075-1076.

VERNET [1952]
VERNET, J., *Contribución al Estudio de la Labor Astronómica de Ibn al-Bannā'*. Tetuan, 1952.

VILLUENDAS [1979]
VILLUENDAS, M.V., *La trigonometría europea en el siglo XI. Estudio de la obra de Ibn Muᶜāḏ El 'Kitāb maŷhūlāt qisī al-kura'*. Barcelona, 1979.

Some new Maghribī sources dealing with trepidation[1]

A short introduction to trepidation or accession and recession theory[2]

As is well known, trepidation or accession and recession theory seems to have had its origins in pre-Ptolemaic Greek astronomy. It appears to have reached the Muslim world, particularly al-Andalus, from India, where the earliest reference dates from *c.* 661 AD.[3] In the Iberian peninsula, the theory was highly developed and from Muslim Spain passed on to Latin Europe where it was in vogue until at least Copernicus' time. However in al Maghrib, as we will see, the theory was already being questioned at the very beginning of the 15th century.

Descriptions of the theory are found in a large number of sources and are based on the belief in a backward and forward motion of the equinoctial points along an arc of 8°, due to which the value of the precession of the equinoxes was

1. This paper has been written as part of a research programme on *Astronomical Theory and Tables in al-Andalus and al-Maghrib between the twelfth and thirteenth centuries* sponsored by the *Dirección General de Investigación Científica y Técnica* of the Spanish *Ministerio de Educación y Ciencia.*

2. A complete account of the most recent bibliography on the subject is to be found in J. Samsó, *Las Ciencias de los Antiguos en al-Andalus*, Madrid, 1992, 219-25. As well as in the following papers: J. Ragep, 'Al-Battānī. Cosmology and the History of Trepidation in Islam'; R. Mercier, 'Accession and Recession: Reconstruction of the Parameters', and M. Comes, 'Accession and Recession Theory in al-Andalus and the North of Africa', in J. Casulleras, J. Samsó (eds.), *From Baghdad to Barcelona. Studies in the Islamic Exact Sciences in Honour of Prof. Juan Vernet*, Barcelona, 1996, 267-364.

3. D. Pingree, 'Precession and Trepidation in Indian Astronomy before A.D 1200', *Journal for the History of Astronomy*, III (1972), pp. 27-35.

sometimes negative and sometimes positive. It seems that the origins of these 8° and of the theory of a linear zig-zag function are to be found in ancient Babylon.

// At the beginning, these descriptions were only qualitative. We find a description of this kind for the first time in Theon's commentary to the Handy Tables:[4] he attributes the theory to the 'ancient astrologers' (*hoi palaioi ton apostelesmatikon*). A term that will be reproduced in Arabic works as *Ahl al-ṭalismāt*. Theon's words were often reproduced, in one way or another, by Arabic sources, sometimes, though, only to be rejected as is the case of al-Battānī or al-Bīrūnī.

The first time we find this theory described by means of geometrical models is in Ibrāhīm b. Sinān's *Kitāb ḥarakat al-shams*. According to al-Bīrūnī's *Athar al-Bāqiyya*, the best explanations are found in the *Zīj al-ṣafā'iḥ* by al-Khāzin (d. 961-971) and in the book by Ibrāhīm b. Sinān (d. 946). However, their models show no parameters at all.[5]

In al-Andalus, the theory was more successful, probably due to the enormous influence that Indian astronomy had in the early days of the introduction of this science in the Iberian peninsula.

In Ṣā'id al-Andalusī's *Ṭabaqāt al-umam* we learn that the theory was introduced in al-Andalus through the *Kitāb naẓm al-'iqd* by Ibn al-Adamī (d. 920).[6] Some authors, according to Ibn al-Hā'im (fl. 1205), including Ṣā' id himself, Abū Marwān al-Istijī (fl. 1045), etc., studied it, but Azarquiel (d. 1100) was the one who devised his three famous geometrical models, the third of which was in use in al-Andalus and North of Africa until the 15th century as we will see.[7] In Europe the theory was to have an even longer life, reaching Copernicus and Longomontanus, the student of Tycho Brahe; so it endured until the mid-17th century.[8] The end of that century would bring Newton and the definitive demise of the theory.

4. See A. Tihon, *Le 'Petit Commentaire' de Théon d'Alexandrie aux Tables Faciles de Ptolémée*, Vatican, 1978, pp. 236-237 and 319.

5. For the *Kitāb ḥarakāt al-shams*, see A.S. Sa'īdān, *Rasā'il Ibn Sinān*, Kuwait, 1983; for *al-Zīj al-ṣafā'iḥ* I have used ms. 314 from Srinagar Research Library, a photocopy of which we owe to the generosity of Prof. David A. King.

6. Ṣā'id al-Andalusī, *Kitāb ṭabaqāt al-umam* in H. Bū 'Alwān (ed.), Beirut, 1985. pp. 146-147.

7. Ibn al-Hā'im, *Kitāb al-kāmil*, ms. 285 (Marsh 618) Bodleian Library II, 2, ff. 3v, 8v, 28r and 59r.

8. See K.P. Moesgaard, 'Tychonian observations, perfect numbers and the date of creation: Longomontanus's solar and precessional theories', *Journal for the History of Astronomy*, VI (1975), pp. 84-99 and 'The 1717 Egyptian tears and the Copernican theory of Precession', *Centaurus*,

The aim of this paper is, then, to give an account of some new Maghribī texts dealing with trepidation which may shed some light on the evolution of this theory.

Texts analyzed[9]

a) // *Kitāb al-adwār fī tasyīr al-anwār* (821/1418-19). Written by the Moroccan astrologer Abū ʻAbd Allāh al-Baqqār (fl. beginning of 15th c.).[10] It consists of 5 short chapters, the first of which, entitled *Fī bayān ḥarakat al-falak al-kulliyya*, deals with trepidation motion, and in it the theory's beginnings, life and death are expounded. The author draws on Azarquiel and Ibn Isḥāq, especially the latter. When he describes the motion and the relative positions of the Head of Aries and the equinox, he reproduces Ibn Isḥāq's text almost word for word.[11] The other 4 chapters deal with astrological items such as projection of rays, tasyīrat, etc.

b) A short fragment due to Ibn ʻAbd Rabbihi al-Ḥafīd (530-602 AH/1135-1206) answering Ibn Rushd al-Ḥafīd's *Fī mas'ala falakiyya*.[12] The author, though born in al-Andalus, travelled to Marrakesh c. 550 AH where he seems to have lived and died. In this fragment, the trepidation theory is used to predict catastrophic events and especially to refute the astrologers' opinion that the end of the world was near.

c) Four commentaries (from now on c1, c2 and c3 and c4) to the *Rawḍat al-azhār fī ʻilm waqt al-layl wa-l-nahār*[13] (794/1391-92), the *urjūza* on time-keeping written in Fes by Abū Zayd ʻAbd al-Raḥmān al-Lakhmī al-Jādirī

XIII (1968), pp. 120-138; see also W. Hartner, 'Trepidation and Planetary theories', *Oriens Occidens*, II, pp. 277-282.

9. Prof. Julio Samsó and myself have analized these new sources. The information gathered was presented at the XXth International Congress of History of Science, Liège, July 1997.

10. Ms. Escorial 418. See also J. Vernet, 'Tradición e innovación en la ciencia medieval', *Estudios sobre Historia de la Ciencia Medieval*, Barcelona, 1979, pp. 188-189.

11. Al-Baqqār. F. 238v. Ibn Isḥāq's *Zīj* is extant in ms. Hyderabad Andra Pradesh State Library n. 298. fol. 92. We owe a photocopy of this manuscript to the kindness of Prof. D. King.

12. Microfilm of the ms. in Rabat National Library 47. There is an edition based on a different ms. in M. Ben Cherifa's *Ibn ʻAbd Rabbihi al-Ḥafid. Fuṣul min sīra mansiyya*, Beirut, 1992, pp. 196 197.

13. Ms. 80 in the Maktabat al-zāwiyya al-ḥamzawiyya (Ayt Ayache), pp. 203-220.

(777-818/1375-1416).[14] The first one (c1), anonymous (1257/1842) and the second one (c2) entitled *Qatf al-anwār min Rawḍat al-azhār* by Abū Zayd ʻAbd al-Raḥmān b. Umar b. Aḥmad al-Sūsī al-Jazūlī al-Buʻaqīlī, also called Ibn al-Muftī (d. 1020/ 1611),[15] and probably based on the commentary by M. b. Aḥmad b. al-Ḥabbāk al-Tilimsānī (d. 867/1462-63).[16] The third one (c3) is a commentary titled *Natā'ij al-afkār fī sharḥ rawḍat al-azhār*. There are three copies: two anonymous copies dated 1183/1770: *annus praesens* 920/1515[17] and another copy not dated, but // probably written around the end of the 16th century, in which the name of the author appears as Abū Zayd ʻAbd al-Raḥmān al-Jānātī al-Nafāwī.[18] Most of the data found in c3 are to be found more expanded in the *Kanz al-asrār wa-Natā'ij al-afkār fī sharḥ rawḍat al-azhār* (c4) by Abū'l-Abbās al-Māwāsī al-Fāsī (d. 911/1505).[19] These commentaries contain some interesting remarks indicating that the trepidation theory was no longer applicable. If we compare the four commentaries we can see that in order of knowledge of their authors and also in order of interest the first must be c3 and c4, followed by c2 and finally c1, in which almost nothing new is found.

Information found in these sources

Two types of information related to accession and recession theory can be found in these sources:

14. D. Lamrabet, *Introduction à l'Histoire des Mathématiques Maghrebines*, Rabat, 1994, n. 432.

15. Both in ms. Cairo K 7584. See D. A King. *A Survey of the Scientific Manuscripts in the Egiptian National Library*, Winona Lake, Indiana, 1986, 142 (n. F43) and *Fihris al-makhṭūṭāt al-ʻilmiyya al-maḥfūẓā bi-Dār al-Kutub al-Miṣriyya*, I, Cairo, 1981, p. 352.

16. D. Lamrabet, *Introduction à l'Histoire des Mathématiques Maghrebines*, *op. cit.*, n. 445

17. In mss. Cairo K 4311 and London British Library Or 411 (D, King, *Survey*, 139, F 26) for c2 I will use ms K 4311 unless otherwise expressed.

18. Maktaba Ḥamzawiyya (Ait Ayache) 80, pp. 228-334.

19. A microfilm of the Rabat Ḥasaniyya ms. 2151 was available to me after the submission of this paper at the Liège Congress. As the ms. is fairly long (234 pp.), I have taken it into account just to verify some data. A full account on trepidation, some paragraphs of which reproduce almost word by word ms. K4311, ff. 4r-5v, appears on pp. 35-36. Pp. 37-40 are devoted to the problem of the obliquity of the ecliptic.

1) Non-scientific information, that is to say, folk-tales, traditions, etc., mainly on the primitive myths of creation; the preservation of science and astrological predictions.
2) Scientific information, by which I mean basically astronomical data derived from observation or calculations, and information on the various authors who have dealt with this theory.

Non scientific information is found mainly in b and c1. I would like to mention several subjects.

The Creation myth

In the anonymous commentary to the urjūza by al-Jādirī (c.l, f. 87r) we find the assertion that the two points called *nuqṭat al-ṭabī'iyya wa-nuqṭat al-dhātiyya* (that is the tropical and sidereal points) coincide at the moment of Creation, when Time, supposedly, started its motion. This idea seems to be somehow original, but was probably stated by someone more influential in Europe, because it will be found even in Longomontanus, as late as the early 17th c., who supports the idea, because, according to him, at the very time when Heaven and Earth came into being, amongst other celestial phenomena related to the Sun and the obliquity of the ecliptic, the oscillatory term of precession set out from its neutral mean position.[20] This seems to have something // to do with the old Indian concept of world year, supported by Abū Ma'shar, according to which all the planets would coincide in the Head of Aries at the moment of the Creation,[21] but, in our case, related to trepidation motion.

According to Ibn 'Abd Rabbihi al-Ḥafīd (b, f. 2Kr) in the *Sindhind* book (he follows here al-Bakrī's Egyptian section of the *Kitāb al-masālik wa-l-mamālik*) on which *Almagest* and others are based (sic) it is stated that the first rotation of the sun took place from the beginning of Aries and the last one will be after 4,320,000,000 years,[22] a figure that once again recalls Abū Ma'shar, for whom the

20. See K.P. Moesgaard, 'Tychonian observation, perfect numbers and date of creation: Longomontanus' solar and precessional theories', *op. cit.*, p. 84.

21. See E.S. Kennedy, 'The world-year of the Persians' and 'The world year concept in Islamic Astrology', *Studies in the Islamic Exact Sciences*, Beirut, 1983, pp. 338-350 and 351-371.

22. 4,420,000,000 year in the manuscript.

life of the world was 4,320,000,000 solar years, dating from the first day on which the planets started to move from the beginning of Aries. Abraham Bar Ḥiyya in his *Meguil·lat hamegal·lè*[23] also affirms that at the moment of the Creation the Sun was at the beginning of the sign of Aries and started its motion at this moment, a motion that will take 4,320,000,000 years. And Rheticus relates the beginning of Creation and the end of the world to the position of the centre of the solar eccentric on his small circle. The figure 4,320,000,000 years, transmitted by Abu Ma'shar, seems to have an Indian origin for we can find it in the *Paitāmahasiddhānta* (c. 400-450) as well as in the *Sindhind*.

It is worth mentioning here something which, although it is not new, appears repeatedly in these texts and will solve an apparent problem of terminology. In all these manuscripts, as well as in other treatises like those of al-Marrākushī, Ibn al-Raqqām, Ibn Isḥāq, Ibn Abī 'l-Shukr al-Maghribī, etc., we find the terms *al-mabdā' al-ṭabi'ī* and *al-mabdā' al-dhātī* to distinguish between tropical and sidereal calculations, sometimes, as in the case of al-Baqqār, accompanied by a full and extensive explanation of the exact meaning of these terms. That is *al-mabdā' al-ṭabi'ī* for positions calculated from the equinox and *al-mabdā' al-dhātī* for positions calculated from the Head of Aries. This terminology, found in most of the texts dealing with accession and recession movement, appears also in certain star tables in which the title *jadwāl al-kawākib min al-mabdā' al-dhāti* has often been misunderstood.[24]

The myth of the preservation of science

Among the old nations, there are a great many legends revolving around the myth of the Flood and aiming to explain the survival of an antediluvian culture or knowledge, often considered as superhuman, in the days which followed the cataclysm.

// The Babylonians talked of the tablets on which the knowledge of the seven sages was recorded; Plato mentions the writings of the antediluvian Egyptians at the beginning of his *Timaeus*; according to a legend found in some Byzantine sources, Seth constructed two towers, one of stone and another of clay, for the

23. See Guttman and Millás, *Llibre revelador (Meguil, lat Hamegal-lè)*, Barcelona, 1929, p. 19.

24. See for instance J. Chabás, B. R, Goldstein, 'Andalusian Astronomy: *al-Zīj al-Muqtabis* of Ibn al-Kammād', *Archive for History of Exact Sciences*, 48 (1994), pp. 1-41.

same purpose; Abū Ma'shar introduces a similar legend to accord the authority of the antediluvian sages to his system of thousands devised to interpret history by astrological means. He claims to have found a manuscript of his book in a building called Sārawīya in Jay, built to preserve science from a flood: according to al-Bīrūnī,[25] Tahmūrath chose Ispahān as the site where all the scientific books were to be preserved from a flood in a building similar to the two pyramids built in Egypt.[26]

References to the Hermetic legend[27] —the preservation of science by Hermes I in upper Egypt before the arrival of the flood— can be found in al-Suyūṭī,[28] the *Tabula Smaragdina*,[29] Ibn Juljul, Ṣā'id al Andalusī and King Alfonso's *Primera Crónica General*,[30] among others.

Ibn 'Abd Rabbihi al-Ḥafīd (b, ff. 27v-28r) offers us an account of the old myth of the Pyramids as keepers of ancient science related also in this case to trepidation motion. According to him, the Ancients observed that when the stars had completed their path a sacrificial fire descended from the heavens.

Then, when the king of Egypt was told that the star *Qalb al-asad* (Regulus) had already completed two thirds of its advance and once the remaining third was accomplished the celestial vault would disintegrate, he ordered all the knowledge of the ancients to be written in books and these books kept in the Pyramids.

Obviously, the text refers here to the accession motion which was about to be accomplished and reflected the tradition according to which the change in direction, that is from accession to recession or vice versa, is sign of great changes, mostly disasters and cataclysms.

Here, the use of *Qalb al-asad* (Regulus) for the time of the Flood is of course an anachronism because this star in fact was used for the first time as a star reference near the ecliptic for sidereal co-ordinates in Ptolemy's *Handy Tables* and *Canobic Inscription.*

25. Al-Bīrūnī, *The Chronology of Ancients Nations*, E. Sachau (transl.), London, 1879, pp. 27-28.

26. See in this respect D. Pingree, *The Thousands of Abū Ma'shar*, London, 1968, p. 15.

27. On this see R.P.O.P. Festugière, *La Révélation d'Hermes Trismégiste, 1. L'Astrologie et les Sciences Occultes. Avec un appendice sur l'Hermétisme Arabe par M. Louis Massignon*, Paris, 1981 and D. Pingree, *The Thousands of Abū Ma'shar, op. cit.*, p. 14.

28. L. Nemoy, 'The Treatise on the Egyptian Pyramids', *Isis*, 30 (1939), pp. 21-22 and 29.

29. J. Ruska, *Tabula Smaragdina*, Heidelberg, 1926, pp. 61-64.

30. Alfonso X, *Primera Crónica General*, I, 12b-13a. See J. Samsó, 'Astrology, Pre-Islamic Spain and the Conquest of al-Andalus', *Islamic Astronomy and Medieval Spain*, II, Aldershot, 1994, p. 87.

// Recurrent world events related to the moment of change of direction

It is well known that celestial phenomena related to catastrophic events had often attracted the attention of astrologers. In this case, the change of direction was seen as a sign of bad omens in general.

Apart from the view already stated, Ibn ʻAbd Rabbihi (b, ff. 27v-28r) presents other opinions on world disasters and their causes also related to trepidation motion. According to him, some people stated that when *Qalb al-asad* reached the 16th degree of the sign of Leo (some ms. state the end of 6°), a flood wiped out the world leaving no animal behind. After that, the Earth recovered its warmth as established from the moment of the creation. This again seems to associate the beginning of the motion with the moment of the creation. In fact the Ikhwān al-Ṣafāʼ apply this theory to Ptolemy's precession motion. According to them, every 36,000 years, that is a whole revolution of the precession at 1°/100 year, the Earth would suffer great changes.[31]

If we consider that, according of the star tables calculated for the beginning of the accession and recession movement, *Qalb al-asad* was at that moment at Leo 9:08°, when this star reached 16° of the same sign, the change of direction would be about to start. However, the amplitude would only be of 7°. The text edited by Ben Cherifa is different at this point and states that this had happened when the star reached the end of Leo 6°. That could mean that *Qalb al-asad* should cover almost 7° of Leo (16°-9;08°=6;52°) before starting its motion in the opposite direction.

Maybe, for several reasons, we should consider a combination of both statements: not 16° nor the end of 6°, but the end of 16°. Mainly because the author immediately insists that al-Bakrī in his *Kitāb al-masālik wa-l-mamālik* states that this is not true, because *Qalb* al-asad was observed to be at Leo 13;30° in year 214 AH (829/39) and then in his time, the year 461 (1068/69), it should be at 'the end' of 16th degree, and consequently this would mean great disturbances, but there were none. Besides, this would imply an amplitude of about 8° (c. 7;52°) in consonance with the opinion of the *Ahl al-ṭalismāt*.

There are a couple of interesting points in this statement. First of all, we know that this value (13;30°) corresponds to some of the *Mumtaḥan* tables for years 211 and 214, which according to Ibn Yūnus was the year in which Ḥabash made

31. *Rasāʼil Ikhwān al-Ṣafā*, ms. Escorial, n. 928, f. 141v.

his observations.[32] If we consider the approximately 250 years of difference at a rate of 1°/66 years, the value of constant precession given in the *Mumtaḥan* tables and used by most of the Arabic astronomers of the age, we have to add to 13;30° something more than 3° which will take us to the end of degree 16°. (If we use 1°/80 years, which is the value implied in Theon's // theory, the difference would be of more than 4° and hence the value of the star would reach the middle of 17°).[33] This means that al-Bakrī used *al-Mumtaḥan* tables in al-Andalus in year 1068. The second point is the date 461 AH. as annus praesens of al-Bakrī, which confirms Lévi-Provençal's hypothesis that the lack of any mention of the Almoravids' entry in al-Andalus suggests that al-Bakrī finished the book in the year 460/1068.[34]

According to al-Nāẓir, the author's source, the sidereal position (*al-mawḍi' al-dhātī*) of *Qalb al-asad* was Leo 9;08°. This is indeed the value found in the tables calculated for the beginning of the accession and recession motion (*jadwāl al-kawākib min al-mabdā' al-dhātī*), as for instance the star table in the *zīj al-Muqtabis* of Ibn al-Kammād or the one in Ibn al-Bannā's *Minhāj* or al-Marrakushī's *Jāmi' al-mabādi' wa-l-ghāyāt*.[35] Furthermore, the distance between *Qalb al-asad's* maximum accession and recession should be 19;58° (the arc covered, according to him, should go from Leo 9;08° to Leo 19° and then to Cancer 29;09°), which means a P_{max} of 9;59° (19;58°/2), wich is the one found in the tables of Ibn al-Kammād, al-Marrākushī, Peter the Ceremonious and Ibn 'Azzūz al-Qusunṭīnī, one of the different branches of astronomers using Azarquiel's trepidation models.[36] However a correction should be applied, because (30°-29;09°) + 9;08°= 9;59°: while 19°-9;08°=9;52°. So that these 19° should be corrected to 19;07°. That the other values are correct can be internally proved: 9;59°-9;08°=0;51°; 30°-0;51°= 29;09°.

32. Ibn Yūnis, *al-Zīj al-Ḥakimī*. See Caussin de Perceval, *Notices et Extraits des Manuscrits de la Bibliothèque Nationale*, vii, Paris, 1803, p. 58.

33. According to Ibn Bargūth (c. 1050) for his time *Qalb al-asad* was in Leo 16;20°. See J.M. Millás *Estudios sobre Azarquiel*, Madrid-Granada, 1943-1950, pp. 318-319, where a list of observations of *Qalb al-asad* is shown.

34. See M. Ben Cherifa, *Ibn 'Abd Rabbihi al-Ḥafīd. Fuṣūl min sīra mansiyya*, *op. cit.*, pp. 196-197; and Lévi-Provençal, *Encyclopédie de l'Islam*, I, Nouvelle édition, p. 161.

35. See M. Comes, 'Deux échos andalous à Ibn al-Bannā' de Marrākush', *Le Patrimoine andalous dans la culture arabe et espagnole*, Tunis, 1991, pp. 81-94.

36. See M. Comes, 'Accession and Recession Theory in al-Andalus and the North of Africa', *op. cit.*, pp. 349-364.

Furthermore, according to Ibn ʻAbd Rabbihi, Ibn Rushd informed him in the year 558 that within approximately 60 years the accession motion would reach its end and the recession motion would start. Our author, however, was not entirely convinced, saying that this statement must be submitted to observations and calculations because if it were true there would be great disturbances.

Here, Ibn Rushd is probably mixing two different pieces of information that point to the same end. On the one hand, the old idea of trepidation covering an arc of 8° every 800 years. That means that 1° would take 80 years, so the direction would change every 640 years. In this case, 584 plus 60 will give us the year 644, which implies that he considers the beginning of trepidation to coincide with the beginning of the Hijra, a mistake found in more than one source. In fact, al-Marrākushī himself entitles his longitude star table as for the beginning of Hijra, when he is using the same increase on Ptolemaic longitudes used in the tables of Ibn al-Kammād and Ibn al-Bannā' calculated for the beginning of the // trepidation motion, some 40 years before the Hijra, as al-Marrākushi himself states, but called the Prophet's epoch in most of the sources, as in text C1 (f. 87r).[37] In fact, different sources date the Prophet's epoch between 556 and 580.[38] This means that it would have coincided with the birth of the Prophet although some authors confuse this epoch with the beginning of the Hijra. On the other hand, it is stated in several sources that the astrologers thought that the destruction of the world would take place near the year 582 AH because for at that time all the planets would coincide in the sign of Libra.

In the *al-Dhayl wa-l-takmila* by M. b. M. al-Marrākushī[39] it is said that ʻAbd Allāh al-Anṣārī confirmed a statement found in an Egyptian book based on Indian

37. From radix positions and mean motion tables in Azarquiel's trepidation tables we can deduce a zero position for the Head of Aries for a date comprised between January 1st 581 and March 20th 581. See H. MIELGO, 'A Method of Analysis for Mean Motion Astronomical Tables', in J. CASULLERAS, J. SAMSÓ, *From Baghdad to Barcelona. Studies in the Islamic Exact Sciences in Honour of Prof. Juan Vernet*, Barcelona, 1996, p. 178.

38. According to the *Brahmasphutasiddhānta*, the solar sidereal and tropical longitudes coincided in year 580. See J. SAMSÓ, 'Trepidation in al-Andalus in the 11th century', *Islamic Astronomy and Medieval Spain*, VIII, Aldershot, 1994, p. 22. On the Saturn and Jupiter conjunction indicating the rise of Islam (year 571), see KENNEDY and VAN DER WARDEN, 'The world-year of the Persians', p. 343 and KENNEDY, 'The World-Year concept in Islamic Astrology', p. 360. Both reprinted in E.S. KENNEDY, 'Colleagues and Former Students', *Studies in the Islamic Exact Sciences*, Beirut, 1983.

39. M. b. M. AL-MARRĀKUSHĪ, *al-Dhayl wa-l-takmila*, IV, in IḤSĀN ʻABBĀS (ed.), Beirut, p. 211.

sources according to which after year 580 all the planets would coincide in Libra and this would imply the destruction of the world. Al-Anṣārī goes further and says that this conjunction would take place on the 29th of *jumādā al-ukhrà* of 582h, which corresponds to 16th September 1186. In fact, it is true that the date coincides with the moment in which the Sun entered Libra and the rest of the planets were between 180° and 190°, that is at the very beginning of the sign of Libra.[40] Of course this must be understood according to the ancient notion that the Universe is cyclically created and destroyed and that the successive cataclysms coincide with grand conjunctions of the planets at the zero point of the ecliptic, an idea already found in Babylonian texts.[41] In this case, the fact that Libra was the sign chosen may be related to the models of trepidation in which the moving Heads of Aries and Libra rotate around their twin small epicycles. However, it has nothing to do with Andalusian trepidation models because using them the change of direction would take place around year 939h, that is some 300 years later. Berosus, however, already considered the possibility that the conjunction could take place in specific signs, mainly solstices. According to him, when all the planets coincide in Cancer // (summer solstice) the world will he destroyed by fire and when in Capricorn (winter solstice) by water.[42]

Obviously, all these traditions must be connected to the astrological predictions and the world year notion in which astronomical events, be they conjunctions of planets or in this case changes in the direction of a motion, imply world changes, negative or positive as is the case of the world destruction or creation.

Scientific information

As far as scientific information is concerned, we can find in these texts several interesting points.

First of all, almost all the texts show the beginning of the end of the theory of accession and recession as a consequence of the doubts aroused by the new observations.

40. See *Solar and Planetary Longitudes for Year - 2500 to 2000 prepared by W.D. Stahlman and O. Gingerich*, Madison, 1963, p. 451.

41. E.S. Kennedy, 'The World-year of the Persians', *op. cit.*, p. 351; see also D. Pingree, *The Thousands of Abū Ma'shar*, *op. cit.*, pp. 27-28.

42. See also D. Pingree, 'Astronomy and Astrology in India and Iran', *Isis*, 54, 2 (1963), pp. 229-246.

It becomes clear to the authors that the estimations of the accession values carried out for their times are not correct and that there is a disagreement between calculations and observations. The maximum accession cannot be around 10° as stated by previous astronomers because observations prove that for their times accession has reached a much higher value of about 13° or 14°. Azarquiel had the same doubts when he realized that the values of maximum accession or recession stated by the previous astronomers were amply surpassed, as he states in the introduction of his Book on the Fixed Stars.[43] He then, instead of refuting this motion, looks for possible explanations of these irregularities.

Al-Baqqār in his *Kitāb al-adwār fī tasyīr al-anwār* (a. ff. 240v-241r) introduces the following calculations to prove that old models and parameters are no longer valid:

According to our author, using Ibn al-Raqqām *zījes* we would obtain for the year (680) an *iqbāl* of 9;26°. This value, recalculated using Ibn al-Raqqām's tables, proved to be correct.

On the other hand, he states that Ibn al-Raqqām places *Qalb al-asad* for the year of his star table (680) at Leo 19;16°. This again is correct because Ibn al-Raqqām's star tables are different in his *zīj*es,[44] but in *al-zīj al-Qawīm* and in *al-zīj al-Mustawfī*, where the title of the star table shows the date of year 680,[45] // the position of *Qalb al-asad* is exactly Leo 19;16° (surprisingly enough in *al-zīj al-Shāmil* the star table is apparently for the year 887 but *Qalb al-asad* is placed at Leo 19;20°, then with an increase of only 4' for 207 years. This proves, in my opinion, that this table was probably from Ibn al-Raqqām's time and probably composed by him, but that some errors were introduced by the copyist, amongst them the date in the title, which should be 687, not 887, and could help to determine that *al-Qawīm* and *al-Mustawfī* were earlier than *al-Shāmil*. Once recalculated, in effect, the table in *al-Qawīm* and *al-Mustawfī*, in which 16;46° are added to Ptolemy's longitudes, corresponds to the year 680, while the one in *al-Shāmil*, showing an increase on Ptolemy's longitudes of 16;50°, corresponds to the year 687.

43. J.M. Millás, *Estudios sobre Azarquiel*, *op. cit.*, pp. 274-281.

44. *Al-zīj al-Qawīm*, Rabat, General Library, ms. 260 and *al-zīj al-Shāmil*, Istambul, Kandilli Museum, ms. 249. A ms. of *al-zīj al-Mustawfī*, Rabat, General Library, ms. 2461, has been lately available to me.

45. This year corresponds also to Ibn Isḥāq's recension and to al-Marrākushī's star tables and examples dealing with trepidation.

Then, al-Baqqār subtracts the *iqbāl* from the position of *Qalb al-asad* and obtains a position radix for the beginning of the accession motion (*al-mabdā' al-dhātī*) of 9;50°. This, according to al-Baqqār, who once more is right, differs from the opinion of the ancients according to whom the position at the beginning of the motion was 9;08°.

Al-Baqqār, then, concludes that the *iqbāl* for the end of the year 680 should be of 10;08° and not of 9;26°, the *iqbāl* given by the tables.

To confirm this he introduces the horoscope cast for Ibn al-Raqqām's son, in which for the year 685, the *iqbāl* considered was 10°, which would correspond, according to Ibn Isḥāq's tables, to the years 821, that is more or less the epoch of Ibn al-Baqqār and approximately 140 years after Ibn al-Raqqām's time.

After seeing this, the author calculates the *iqbāl* for the year of the book (821 AH/1418 AD) and finds it near the limit values described, according to him, by Azarquiel (10°) and Ibn Isḥāq (10;10°). These values, however, do not correspond to Azarquiel and Ibn Isḥāq (10;24), but are the values deduced by al-Baqqār using the tables of Azarquiel and Ibn Isḥāq. In general, the values range from c. 9:45° to c. 10;55°.[46]

He then compares it with the observed position of the Sun and finds a difference of 2°. from which he concludes that the *iqbāl* must be 12°.

This arouses his doubts, because this value surpasses the maximum *iqbāl* accepted by the old astronomers on which he has been relying until now. The author, then, introduces the possibility of the existence of a different motion.

The anonymous commentator of the *urjūza* on timekeeping by al-Jādirī (cl, f. 84r) simply states that the *iqbāl* for al-Jādirī was 10° but for his time it had reached 13°.

Al-Jazūlī (c2. f. 119r), however, considers that although al-Jādirī states that *iqbāl* for his time was 10°, it should be around 12°. He thinks that by al-Jādirī's // time the difference may have been too small to be appreciated. He adds that P_{max} for Ibn Isḥāq al-Tūnisī and Ibn al-Bannā' was 10;24°, which is true, but by his time trepidation has reached 13° and even 14° according to some, which would invalidate the above mentioned P_{max}.

46. See M. Comes 'Accession and Recession Theory in al-Andalus and the North of Africa', *op. cit.*, pp. 359-360.

In the *Natā'ij al-afkār* (c3, f. 5r), the author goes a little farther, giving a series of data to prove the theory that the old values and tables are no longer useful. The data are the following:

Author	Year	Trep. Value
al-Jādirī (following Ibn Isḥāq P_{max} = 10;24°)		10°
According to Ibn Abī l-Shukr's observations (Damascus) must be		12°
'Alī b. Yūnis al-Balansī (Egypt)[47]	732 AH	*c.* 13°
The author's time	920 AH	14°

So, the author of the *Natā'ij al-afkār* concludes that the maximum accession cannot be 10;24° as stated by the branch following Ibn Isḥāq's school, such as Ibn al-Raqqām, Ibn al-Bannā' and the *Tashīl al-'amal wa-l-'ibārāt*, a *zīj* ascribed to Ibn Qunfudh al-Qusunṭīnī, the three astronomers most followed in his time in al-Maghrīb. His explanation is that there must be another motion to add to the accession and recession movement.

Secondly, and as we have already seen, some of these texts also announce the end of the accession and recession theory on the basis of the observations made in Damascus by Yaḥyà b. Abī l-Shukr al-Maghribī (d. 1.283) and expounded in his *zīj* entitled *Tāj al-azyāj*,[48] whose influence in the Maghrib has recently been described by J. Samsó.[49]

In the *zīj*es of some Eastern astronomers who carried out observations in Damascus and refute accession and recession theory, mainly in Ibn Abī l-Shukr al-Maghribī's *Tāj al-azyāj*, al-Baqqār (a, f. 241r), finds an increase in the // position of the tropical Sun for the end of the year 810 with respect to the calculations based on the observations carried out by Ibn Isḥāq of c. 12;16,45°, after taking

47. Further on he is quoted as 'al-shaykh al-fāḍīl Abū al-Ḥasan 'Ali b. Yūnis al-Balansī al-Ḥākimī'. There seems to be a confusion with the well known ibn Yūnus.

48. There are two manuscripts, the well-known Escorial ar. 932 and the ms. kept in the Arabic Department of the University of Barcelona. On the last one see J. Samsó, 'An outline of the history of Maghribī' "*zījes*" from the end of the 13th century' to appear in the *Journal for the History of Astronomy*.

49. Part of the information is to be found in J. Samsó, 'An outline of the history of Maghribī "*zījes*" from the end of the 13th century', *op. cit.*

into account the difference in longitude between the two cities (not stated, but probably Damascus and Fes).

This quantity, which must be the distance between the two beginnings (tropical and sidereal) for the given moment that corresponds to the author's epoch, coincides with the observations and this convinced our author that Ibn Abī l-Shukr's rejection of trepidation motion was correct.

All these findings, of course, aroused his doubts. According to him, on the one hand, the observations did not account for another motion which could be added to trepidation; and, on the other, the limits established for this motion (c. 10°) had been amply surpassed. He, then, suggests that for all the astrological questions such as projection of rays, *tasyīrāt*, *al-nīmūdarāt*, the making of talismans, etc., it is necessary to take into account that for his time the difference between tropical and sidereal positions amounts to these 12° and some minutes.

Al-Jazūlī (c2. f. 120r) mentions the name of Ibn Abī l-Shukr and his new observations but only in relation to the obliquity of the ecliptic.

However, as we have already seen, for the time of al-Jādirī he mentions the value of 12° attributed in the *Natā'ij* to Ibn Abī l-Shukr's new observations in Damascus.

Towards the end of the book, al-Jazūlī (148v) comments on some verses by al-Jādirī in which it is stated that the latitudes of the fixed stars never changed while 1° every 66 years must be added to or substracted from their longitudes, depending on whether the sphere is in accession or recession.

He states that there are different opinions on the subject, because some say that 1° must be added every 80 years and others every 100 years.

This then implies a misinterpretation of the theory of trepidation to which he attributes the values of precession.

The anonymous commentator (cl, 108r) insists also on the fact that the accession or recession value to be added is 1°/66 years.

The author of the *Natā'ij al-afkār* (c3, 30v-31v), after concluding that new observations and calculations based on the old tables do not agree, tests Ibn Abī l-Shukr's precession and obtains a value for his time of 13;40°, a result that agrees with observations. So, in the rest of the treatise, he uses this new value as the value of precession for his time (920 AH).

We should also note that the author of the *Natā'ij al-afkār*, once he has declared his preference for Ibn Abī l-Shukr's precession, also introduces a list of values for precession which he calls *iqbāl wa-idbār*, that is to say 'accession and recession', adding that the followers of trepidation consider this motion not to be

uniform (*Ḥaraka ghayr mustawiyya*) in accordance with al-Battānī's and Azarquiel's opinion, once again mixing concepts.

// Author[50]	Precession value/year
al-Jādirī	1°/66 Arabic years
Ptolemy and the Ancients	1°/100
Ancient Babylonians	1°/100
Al-Battānī	1°/66
The rest of the oriental astronomers and 'Abd al-'Azīz al-Raqqām (In fact this is the parameter of Ibn Abī l-Shukr al-Maghribī)	1°/72 Persian yrs = c. 74 Arabic yrs

So, at the end of the year 920 AH the motion from the beginning of Hijra would be of 12;35°.

Then he adds the correct values for 1, 30, 60 and 90 lunar years, extracted, it seems, from a table for lunar years. These values coincide with the ones found in the table for precession *Jadwāl ḥarakat al-falak al-mukawkab fī l-falak al-aqṣā al-ghayr mukawkab* in Ibn Abī l-Shukr's *Tāj al-azyāj*, once the Arabic years are converted into Persian years. In fact Ibn Abī l-Shukr usually gives his values in Persian years, although the tables in the extant manuscripts, which are written in the Maghrib, are for Arabic years. I have also found some other precession table based on that of Ibn Abī l-Shukr. For instance, in a Maghribī astrological manuscript for the year 785[51] and in Peter the Ceremonious' *Barcelona tables*.[52]

As far as the latter is concerned, Chabás concludes that the table corresponds to a processional constant to be added to a periodic term of trepidation. However, three facts point to its independence, confirming Millás hypothesis that Jacob Corsuno, the compiler of the *Barcelona Tables*, was just trying to present both possibilities: trepidation and precession. First of all, Chabás himself admits that using

50. I have used the ms. British Library Or 411 to correct the errors and fill the blanks found in ms. K4311.

51. *Risālat al-sayb fī 'amal al-jayb* by 'Abd al-'Azīz b. Mas'ūd, ms. Escorial ar. 918

52. Although this table does not appear in all the manuscripts, we find it in three: the Catalan ms. 21 of Biblioteca Mata (Ripoll) and the Hebrew ones, the 132 of the Wien Nationalbibliothek and 10263 of the Bibliothèque Nationale of Paris and 356 of the Biblioteca Vaticana. See Millás, *Las Tablas Astronómicas del Rey don Pedro el Ceremonioso*, Madrid-Barcelona, 1962.

the suggested combination, results are too high and not at all acceptable. Secondly, the table underlies the constant precessional value found in Ibn Abī l-Shukr's *Tāj al-azyāj* precession table. And thirdly, the presence of the Jewish Jacob Corsuno in other texts in which this value is proposed for a constant precession.[53]

// All this acceptation of Ibn Abī l-Shukr's parameter is not surprising because of the skill and precision with which, in the words of Prof. George Saliba,[54] al-Maghribī conducted his observations being able to determine planetary positions to within one degree of their true positions as ascertained from modern computations.

In fact, his last *zīj* contains the only parameters that are definitely determined by observation and not copied from earlier sources, as is the case with many other *zīj*es.

In this respect, we cannot forget that al-Maghribī worked at the Marāgha observatory where a large-scale programme to update the Ptolemaic parameters, comparable only to that of Copernicus, was undertaken.

Thirdly, some of our authors also question the value of the obliquity of the ecliptic, related since the very beginning to the accession and recession theory. and report different measurements. Ibn al-Muftī (c2. 120r) offers the following values:

Author	Obliquity
Ibn Isḥāq & Ibn al-Bannā' (actual value for Ibn Isḥāq 23;32,30°)	23;33°
Ibn Jubayr (?)	23;32°
Ibn Abī l-Shukr (Used also by al-Ṭūsī, Ibn al-Shāṭir and al-Kāshī)[55]	23;30°

53. J. Samsó informs me that recently a ms. containing a copy of the Almagest written by a disciple of Jacob Corsuno in 14th century Zaragoza has appeared.

54. See his book *A History of Arabic Astronomy. Planetary Theories During the Golden Age of Islam,* New York, 1994.

55. In the *Ilkhānī zīj, al-Zīj al-jadīd* and *Zīj-i-Khāqānī* respectively. See E.S. Kennedy, 'A Survey of Islamic Astronomical Tables', *Transactions of the American Philosophical Society,* 46, 2 (1956), pp. 161, 163-164.

As far as the obliquity of the ecliptic is concerned, the author of the *Natā'ij al-afkār* (c3, I3v) does not reach any conclusion, but follows the same procedure he used in the case of trepidation to show that the old parameters are no longer valid.

He gives the following series of data to prove his theory:[56]

Author	Obliquity
al-Muṣannif = al-Jādirī (following Ibn Abī l-Shukr)	23;30°
The Ancients	c. 24°
// Ptolemy's *Almagest*	23;51°
Mumtaḥan's author (for al-Ma'mūn)	23;33°
Ibn al-Bannā' (following *al-Mumtaḥan*/*sic*)	23;33°
Abū 'Abd Allāh Ibn al-Raqqām's *Zīj al-mustawfī*[57] (following *al-Mumtaḥan* /sic)	23;33°
al-Battānī	23;35°
'Abd al-'Azīz al-Rassām (following al-Battānī)	23;35°
Ibn Qunfudh al-Qusunṭinī[58] (following al-Battānī)	23;35°
The Imām Ibn al-Shāṭir (following al-Battānī) (fl. Damascus, 1350) (used together with 23;30°)	23;31°
Ibn 'Abd Allāh al-Raqqām b. Abī l-'Abbās *al-shahīr* bi-l-Mizzī (fI. Damascus *c.* 1350)	23;31°
Observation made by a man *min ahl Miknāsah* (according to Abū Isḥāq) 602/1205-6 [It corresponds to Ibn Isḥāq's value][59]	23;32.30°

56. For another list of obliquities see F. J. Ragep, *Nasīr al-Dīn al-Ṭūsī's Memoir on Astronomy* (*al-tadhkira fī 'ilm al-hay'a)*, II, New York-Berlín-Heidelberg, 1993, p. 394.

57. D. Lamrabet, *Introduction à l'Histoire des Mathématiques Maghrebines, op. cit.*, n. 134. In this *zīj*, the value for the obliquity of the ecliptic is 23;32,40°. The same value is often found in Ibn al-Raqqām, although in some of his tables he sets the obliquity at 23;32.30°

58. D. Lamrabet, *Introduction à l'Histoire des Mathématiques Maghrebines, op. cit.*, n. 425.

59. On the use of this parameter by Alfonso X and al-Sanjūfīnī, see M. Comes, 'À Propos de l'influence d'al-Zarqallūh en Afrique du Nord: l'apogée solaire et l'obliquité de l'écliptique dans

Ibn Hilāl[60] (Sabta) [597-678/ 1199-1279]	23;32.30°
Al-Ḥakīm al-Mirrīkh[61] [master of Ibn al-Bannā'] (Marrākush) 704/1304-5. (In Ḥassaniyya 2151, appears as al-wazīr 'Abd al-Raḥmān Ibn 'Umar al-ma'rūf bi-Ibn Khamis al-Ṣūfī, but in a marginal note is identified as al-Mirrīkh)	23;26,57°
Ibn al-Tarjumān [699/1299-1300] end 7th c. Hijra.	23;26°

// According to our author[62] this list of obliquities is surprising because some scholars had stated that the obliquity varies between two values which are 23;51° and 23;35° (sic), which, of course, refers to Azarquiel's model of the obliquity of the ecliptic which he combines with the third and definitive accession and recession model and considers a maximum obliquity for Ptolemy's time and a minimum for his own epoch.

However, these figures are not exact because according to Azarquiel the obliquity will vary between 23;53° and 23;33° and according to Ibn Isḥāq, who seems to be our author's old source, between 23;52,30° and 23;32,30°. Be that as it may, the fact that, according to observations, obliquity was still decreasing at the end of 7th c. Hijra, having reached 23;26°, that is more than 5 minutes below the lower limit, invalidates the old models and parameters.

Maybe this list should be related to the table found in Ibn Isḥāq's *zīj* in which there is a list of 24 observed (*sic*) obliquities of the ecliptic from the 5th century BC to the beginning of the 13th century.[63]

Finally, in some of these texts, especially in al-Baqqār's, we find a list of the astronomers who were well known in their times for having contributed, in one way or another, to the birth and development of the theory.

le Zīdj d'Ibn Isḥāq', *Actas del II Coloquio Hispano-Marroqui de Ciencias Históricas. Historia, Ciencias y Sociedad*, Madrid, 1992, pp. 151-153.

60. D. Lamrabet, *Introduction à l'Histoire des Mathématiques Maghrebines, op. cit.*, n. 393.

61. D. Lamrabet, *Introduction à l'Histoire des Mathématiques Maghrebines, op. cit.*, in Ibn al-Bannā's, entry 80.

62. In a marginal note, 23;28,30° appears as a value for the obliquity of the ecliptic based on a motion of 48" / year and calculated for 1263.

63. See M. Comes, 'À Propos de l'influence d'al-Zarqallūh en Afrique du Nord: l'apogée solaire et l'obliquité de l'écliptique dans le zīdj d'Ibn Isḥāq', *op cit.*, pp. 147-159.

In the *Kitāb al-adwār fī tasyīr al-anwār* by al-Baqqār (a. 239r) we find the fullest account on the birth, development and death of the theory. The origins, according to our author have to be found in:

- *Madhhab al-hind*
- Hermes
- *Aṣḥāb al-tālismāt* (8°/800 years)
- *Kitāb al-filāḥa al-nabaṭīyya*[64] (9°/900 years)[65] and the *Ṭīqānā* (or *Ṭabqānā*) also by Ibn Waḥshiyya, in which the author, according to al-Baqqār, corrected this motion.
- Thāwūn al-Iskandarānī (where a combination of precession and trepidation seems to be implied),
- *Zīj Ḥanash* (Obviously referring to Ḥabash), probably to his first *zīj* based on the *Sindhind* according to Ṣā'id's *Ṭabaqāt*.

Curiously enough, the confusion between Ḥabash and Ḥanash is not new in Andalusian sources. We find it in the treatise on the use of the astrolabe of Ibn al-Samḥ, where certain methods applied to the astrolabe are attributed to // Ḥanash. M. Viladrich in her study of the text identifies this Ḥanash with Ḥabash al-Ḥāsib, who also wrote a book on this instrument. All the references to Ḥanash/ Ḥabash were eliminated in the Alfonsine treatise on the *astrolabio redondo* based on the above mentioned text by Ibn al-Samḥ.[66]

J. Samsó has also shown that the same mistake appears in a late British Museum Arabic manuscript which ascribes to Ḥanash a kind of astrolabe called *āfāqī*, which can be used for different horizons, thus being a predecessor of Azarquiel's *ṣafīḥa*.[67]

I have also found it in one of the manuscripts of the *Ṭabaqāt al-umam* by Ṣā'id al-Andalusī. In the copy kept at the Chester Beatty Library (3950) in Dub-

64. Ibn Waḥshiyya, *L'Agriculture Nabatéenme*, I, in T. Fahd (ed.), Damascus, 1993, p. 276.

65. A mixture of both is to be found in Pedro Alfonso (8°/900 years). See Millás, 'La aportación astronómica de Pedro Alfonso', *Sefarad*, III, p. 73.

66. M. Viladrich, *El 'Kitāb al-'amal bi-l-aṣturlāb'* (*Llibre de l'ús de l'astrolabi*) *d'Ibn al-Samḥ*, Barcelona, 1986, p. 70 and 'Una nueva evidencia de materiales árabes en la astronomía alfonsí', in M. Comes, R. Puig, J. Samsó (eds.), *De Astronomia Alphonsi Regis*, Barcelona, 1987, pp. 105-116, esp. 114.

67. See J. Samsó, 'Astrology, Pre-Islamic Spain and the Conquest of al-Andalus', *Islamic Astronomy and Medieval Spain*, II, Aldershot, 1994, pp. 89-90.

lin we read the whole name Aḥmad b. ʻAbd Allāh al-Baghdādī *al-maʻrūf bi-Ḥanash*, when talking about Aḥmad b. ʻAbd Allāh al-Marwazī, Ḥabash al-Ḥāsib. Ṣāʻid states that he is one of al-Ma'mūn's astronomers who wrote three *zīj*es, in the first of which, based on the Sindhind, he corrected the longitudes of the stars using the accession and recession motion following al-Iskandārānī.

The confusion is easy to understand. First of all because of the similarity of the names, Ḥanash b. ʻAbd Allāh and Ḥabash b. ʻAbd Allāh, taking into account that the difference between a *bā'* and a *nūn* in Arabic script depends only on the point being below or above the same graphical trait, a point that is not often written in the manuscripts. Secondly because our Ḥanash is Ḥanash b. ʻAbd Allāh al Ṣanʻānī (from Ṣanʻā' near Damascus), one of the *tābiʻūn*, credited with specific knowledge in the field of astronomy and astrology at the time of the Islamic conquest of Spain. Moreover, both flourished around 835, and while Ḥabash was a renowned astronomer in the East, Ḥanash had a high reputation as astrologer and talismanist in al-Andalus. On the other hand, when astrological and astronomical texts reached al-Andalus from the East, Ḥabash al-Ḥāsib was not well known in al-Andalus while Ḥanash was well known as an astronomer as well, having determined the azimuth of the qibla for the *jāmi'* mosque of Zaragoza. His association with talismans also links him to the subject of trepidation.[68]

Amongst the authors who express doubts about the accession and recession theory. al-Baqqār mentions the following:

- *Zīj* and *Kitāb al-qirānāt* by Jaʻfar b. M. al-Balkhī *al-maʻrūf bi-Abī l-Ma'shar*. [According to al-Hāshimī, Abū l-Maʻshar in his *Zīj al-hazārāt* talks about trepidation, but does not agree with the models of Theon, Yaḥyā b. Abī // Manṣūr, al-Fazārī, Ḥabash or *al-Arkand*][69] Azarquiel mentions also the *zīj* by Abū Maʻshar, but does not talk about the *Kitāb al-qirānāt*.
- Muḥammad b. Jābir al-Battānī, who states that his doubts were aroused because the stars move from the spring equinox travelling different distances in equal times (which in fact corresponds to al-Battānī's *zīj* and indeed Azar-

68. On Ḥanash see M. Marin, 'Ṣaḥāba et tābi'ūn dans al-Andalus; histoire et légende', *Studia Islamica,* 54 (1981), pp. 25-36.

69. D. Pingee, *The Thousands of Abū Maʻshar, op. cit.,* p. 56.

quiel attributes the very same words to al-Battānī'. Azarquiel's models just try to solve this problem).[70]

Amongst the authors that reject this theory, he mentions the following, although, curiously enough, Azarquiel says nothing about them:

- al-Hamdhānī in his *Kitāb sarā'ir al-ḥikma*.[71]
- *Zīj al-'Alūmī* (also found in Azarquiel's introduction to his Book on the Fixed Stars) [Maybe Ptolemy's Handy Tables ? The fact that, in the rest of the book, references to the *Mumtaḥan* tables are frequent, and that, in this text, the only reference to this *al-'Alūmī* is that its precession corresponds to 1°/100 years, invalidates J.M. Millás's suggestion that we should interpret it as the *Tabulae Probatae*. Pointing also to this invalidation, although for other reasons, J. Ragep suggests that it could be another of Ḥabash's *zīj*es].[72]
- Ptolemy.
- *Ahl al-mumtaḥan*.

Finally, al-Baqqār states that Azarquiel, after having observed the sun for 25 years, was the first one to give a geometrical and mathematical model to explain the accession and recession motion.

As we have seen, all this is also found in other authors. Azarquiel himself in the introduction to his Book on the Fixed Stars offers a complete account which this part of the text by al-Baqqār seems to draw on; in most parts it is reproduced almost word for word. The only additions by al-Baqqār are the authors who rejected the theory, as well as Ibn Waḥshiyya, Hermes, the *Aṣḥāb al-ṭalismāt* and Ḥanash. As we can see, these authors use trepidation just for astrological means.

Ibn 'Ezra (12th c.) in his Book on the Foundations of the Astronomical Tables offers a similar account in which, however, there is something rather strange. He distinguishes between those who accept the accession and recession motion, that is to say the oldest authors and those who discussed this theory, that is to say the

70. See F.J. Ragep, 'Al-Battānī, Cosmology and the History of Trepidation in Islam', *op. cit.*, pp. 271-273.

71. Cf. D. King, *Mathematical Astronomy in Medieval Yemen. A Biobibliographical Survey*, Malibu, 1983, pp. 19-20.

72. See J.M. Millás, *Estudios sobre Azarquiel*, *op. cit.*, p. 276 and F.J. Ragep, 'Al-Battānī, Cosmology and the History of Trepidation in Islam', *op. cit.*, pp. 281.

authors of the *Mumtaḥan* tables and their followers except Abencine. In fact, Ibn Sinā in the *Shifā'* seems to describe the trepidation // model of Ibrāhīm b. Ṣinān, without mentioning his name.[73] Amongst the ones who accept the theory, he distinguished between those who attribute this northward and southward motion to the motion of the poles, mainly the talismanists, and those who attribute it to the rotation of two circles in the head of Aries and Libra. All of them, however, according to our author, agree on an amplitude of 8°, except Azarquiel, who considers this amplitude to be 10;40°. As far as we know, 10;40° cannot be attributed to Azarquiel for who P_{max}=10;24°. But P_{max} =10;40° is the figure found in Ibn al-Raqqām's *zīj* al-Qawīm (680h/1281-82) and in Abū-l-Ḥasan al-Qusunṭīnī (14th c.). Interestingly enough Ibn 'Ezra wrote in the middle of 12th c. and the manuscripts of his Book on the Foundations of the Astronomical Tables used by Millás, where I found this statement, are from the 12th and 13th centuries so we should probably consider the possibility of attributing this value to an author placed between Azarquiel and Ibn al-Raqqām. Another possibility is to think that he is referring to the *Liber de motu* value which is 10;45° attributing its authorship to Azarquiel, which is not new in Andalusian sources, specially Hebrew (for example in Isaac Israeli's *Yesod ha-'Olam*).[74]

Texts c3 and c4 are also very interesting from the point of view of the astronomers quoted, as we have seen when dealing with precession and obliquity of the ecliptic values.

Conclusions

We find in these texts the theory of trepidation applied to astrological predictions, based on the world-year concept according to which astronomical events imply important world disturbances.

It is obvious that we also find here an evaluation of the old trepidation parameters and models, criticized on the basis of new observations, but not reworked. Our authors simply determine the difference and add it, or suggest doing so, to the values when needed, but they never try to re-examine the models or their

73. See F.J. Ragep, *Nasīr al-Dīn al Ṭūsī's Memoir on Astronomy...*, II, *op. cit.*, p. 394.

74. On this attribution see also the bibliography in note 2. It is also worth mentioning that Ibn al Ḥā'im in his *al-zīj al-Kāmil* attributes to Azarquiel besides the well-known radius of the Head of Aries Epicycle of 4;07,58°, another of 4;19,31 very similar to the 4;18,43 of the *Liber.*

theoretical basis. In this regard, they are very far from astronomers like Ibn Abī l-Shukr, on whose observations they base their rejection of the old parameters and models, because they are merely interested in application, that is to say in the use of astronomy but not in its development. Nonetheless, their accounts are useful to understand why and how a theory in use for centuries came to its end.

Besides, this is an small contribution to establishing the connections between al-Andalus and al-Maghrib's traditions in astrology and astronomy, as well as the influence that Ibn Abī l-Shukr al-Maghribī's observations made in Damascus had in al-Maghrib.

LOS CUADRADOS MÁGICOS MATEMÁTICOS EN AL-ANDALUS. EL TRATADO DE AZARQUIEL

MATHEMATICAL MAGIC SQUARES IN AL-ANDALUS: AZARQUIEL'S TREATISE

MERCÈ COMES
ROSA COMES

El artículo estudia la presencia de los cuadrados mágicos matemáticos en al-Andalus. Después de un repaso introductorio a la historia de dichos cuadrados mágicos, al problema de su origen y a su desarrollo en el oriente islámico, se examinan los métodos de construcción de los cuadrados talismánicos que aparecen en dos manuscritos del tratado de Azarquiel, el único sobre este tema conocido en al-Andalus, así como su recepción en Europa.

Palabras clave: cuadrados mágicos; al-Andalus; Azarquiel; magia talismánica.

This paper focuses on the presence of mathematical magic squares in al-Andalus. After an introductory review on the history of magic squares, the problem of their origins and their development in Eastern Islam, the methods of construction of the talismanic squares appearing in two manuscripts of Azarquiel's treatise, the only one on this subject known in al-Andalus, as well as their reception in Europe are examined.

Key words: Magic squares; al-Andalus; Azarquiel; Talismanic magic.

Introducción

Este artículo tratará exclusivamente de los cuadrados mágicos matemáticos en al-Andalus, es decir de aquellos cuyas casillas contienen una serie de números naturales consecutivos, empezando por el 1, que mantienen entre sí una relación matemática, excluyendo, por lo tanto, los cuadrados con letras o números representando palabras que no guardan las proporciones matemáticas exigidas.

No disponemos de información fiable sobre los orígenes de estos cuadrados mágicos en al-Andalus, ni en el mundo islámico en general. Ni siquiera el gran esfuerzo investigador que les ha dedicado Jacques Sesiano permite ofrecer alguna certidumbre al respecto. Sesiano propone algunas hipótesis, entre ellas, la posibilidad de que existiera una cierta conexión con la introducción del juego del ajedrez en Per-

sia, lo que explicaría el uso de ciertos movimientos de las piezas del ajedrez, especialmente el caballo, el alfil y la reina, en la construcción de algunos cuadrados [1].

Lo que sí está claro es que, en sus inicios, la ciencia de los cuadrados mágicos, tal como la encontramos en los documentos islámicos, ofrecía una vertiente puramente matemática y así lo demuestran los manuscritos más antiguos encontrados. También el nombre árabe con el que eran designados, *wafq al-a'dād* o *al-awfāq al-'adadiyya* (disposición armónica de los números) y el de su estudio *ḥisāb al-wafq* o *al-wifq* [2] (cálculo de la disposición armónica), apuntan en esta misma dirección.

Según Sesiano, la conexión de estos cuadrados matemáticos con la magia y la influencia de los planetas no solamente sería más tardía sino que se trataría de la única tradición que se transmitiría a la Europa latina donde, efectivamente, no encontraremos ningún ejemplo de la tradición matemática. Esto habría dado pie a que hoy se les conozca como «cuadrados mágicos» [3]. Sin embargo, aunque efectivamente la tradición que llegará a la Europa latina será la talismánica de Azarquiel, no debemos olvidar que fuentes anteriores, como las *Rasā'il* de los Ijwān al-Ṣafā', ya atribuyen propiedades mágicas a los cuadrados matemáticos, combinados con ciertos datos astrológico-planetarios, que coinciden con las que ofrecerán los autores que relacionan directamente cada uno de los cuadrados con un planeta en concreto [4].

En líneas generales, cabe decir que en el mundo islámico la ciencia de los cuadrados mágicos tiene sus inicios en el siglo IX, se desarrolla entre los siglos X y XI, ofrece su máximo esplendor en el XII y comienza a declinar en el XIII. A partir de este momento su uso se relaciona cada vez más con la magia y se vuelve más popular [5]. En consecuencia, comienzan a escasear los autores que conocen los distintos métodos de construcción y son capaces de desarrollar tratados mate-

[1] Sesiano, J., "Construction of Magic Squares Using the Knight's Move in Islamic Mathematics", *Archives for the History of Exact Sciences,* 58 (2003), 1-20.

[2] Souissi, M., *La langue des mathématiques en arabe,* Túnez, 1968, 353.

[3] Sesiano, J., "Magic Squares for Daily Life", en Ch. Burnett *et alii* (eds.), *Studies in the History of Exact Sciences in Honour of David Pingree,* Leiden-Boston, 2004, 715-734.

[4] *Rasā'il Ijwān al-Ṣafā',* ed. Beirut, s.f., 1, 109-113.

[5] Ibn Jaldūn en la *Muqaddima,* dedica un capítulo a la magia y los talismanes, donde se mencionan cuadrados de letras y números. Ver Rosenthal, F. (trad.), *The Muqaddimah: an Introduction to History,* Princeton, 1958, III, 156-227.

máticos al respecto, pues les basta con copiar los cuadrados, previamente atribuidos a un planeta, e indicar las posibles utilidades mágicas. Es por ello que prácticamente nunca aparece junto al cuadrado la descripción del procedimiento empleado en su construcción y que los diferentes manuscritos de una misma obra ofrecen cuadrados de distinta procedencia, a menudo extremadamente corruptos.

Definición del cuadrado mágico desde el punto de vista matemático [6]

Una breve definición del cuadrado mágico y una descripción de su tipología nos permitirán identificar los cuadrados andalusíes.

En términos generales, se trata de una construcción formada por un cuadrado dividido en un número igual de casillas por lado, que contienen números naturales consecutivos, comenzando por el 1, ordenados de tal forma que la suma de los números que aparecen en las casillas de cada una de las líneas horizontales es constante e igual a la suma de las casillas verticales, así como a la de las dos diagonales principales. Dicha suma recibe el nombre de suma mágica o constante mágica y se representa habitualmente por M_n. Los cuadrados mágicos se distinguen por su número de orden (n), que viene dado por el número de casillas por lado. Así, un cuadrado que contiene 3 casillas por lado será un cuadrado de orden 3, uno que contenga cuatro casillas será de orden 4, etc. [7] Generalmente se emplean los primeros números enteros que corresponden a n^2, siendo la suma de estos números: $n^2 (n^2 + 1) / 2$. La suma de todas las filas, todas las columnas y las dos diagonales principales será: $M_n = n (n^2 + 1) / 2$.

[6] J. Sesiano ofrece una descripción detallada en la mayoría de sus publicaciones sobre el tema. Véase muy especialmente los prólogos de *Un traité médiéval sur les carrés magiques de l'arrangement harmonieux des nombres,* Lausanne, 1996 y *Les carrés magiques dans les pays islamiques,* Lausanne, 2004.

[7] El cuadrado de orden 3 es el mínimo posible, puesto que un cuadrado de orden 2 no es factible ya que para que se cumpliera la condición principal, según la cual todas las filas, columnas y diagonales deben sumar lo mismo, todos sus números deberían ser iguales, lo que invalida la condición indispensable de que todos los números sean consecutivos y, por lo tanto, diferentes.

Tipos de cuadrados

De forma muy general y siguiendo a Sesiano, podemos dividir los cuadrados en tres categorías según el orden al que pertenezcan.

a) Impares: *n* es impar (n = 2k+1), donde *n* es el número de casillas por lado y *k* cualquier número natural. Por ejemplo 3, 5, 7, 9, etc.

b) Parmente pares: *n* es par y divisible por 4 (n = 4k), por ejemplo 4, 8, 12, etc.

c) Imparmente pares: *n* es par y divisible únicamente por 2, por lo que se refiere a los números pares, siendo el resultado de esta división impar (n = 2 (2k+1)), por ejemplo 6, 10, 14, etc.

Si atendemos al tipo, que implica la adición de condiciones complementarias que se reflejan a menudo en los métodos de construcción, podemos dividirlos en:

1) De magia simple: los que únicamente cumplen con los requisitos esenciales.

2) Con bordes: aquellos en los que aunque se vayan suprimiendo los sucesivos bordes siempre queda en el interior un cuadrado mágico.

3) Pandiagonales: los cuadrados en los cuales, además de ser mágicas las sumas de sus diagonales principales, lo son también las sumas de las diagonales parciales (paralelas a una diagonal principal) complementarias.

4) Compuestos o compartimentados: es decir, que se componen de una serie de compartimentos cada uno de los cuales es, en sí mismo, un cuadrado mágico.

Existen también varios métodos de construcción que no implican cambio de tipo, como por ejemplo:

i) El método de las diagonales complementarias, que se basa en llenar mediante números consecutivos y en operaciones sucesivas, primero la mitad superior y luego la inferior (o viceversa) de las casillas de las diagonales complementarias paralelas a una de las principales.

ii) El método del diamante o cuadrado oblicuo, consistente en la inclusión en el cuadrado a completar de un cuadrado oblicuo, que se rellena en primer lugar, generalmente con los números impares. Mediante este método se obtiene un cuadrado mágico similar al del método anterior [8].

[8] Los cuadrados construidos con el método del cuadrado oblicuo presentan la particularidad de que la cifra central es igual a $(n^2 + 1)/2$ (n = número de orden); mientras que

iii) El método de puntuación: que es un sistema pensado para completar los cuadrados de orden parmente par, especialmente el de orden 4, y que consiste en marcar con puntos las diagonales principales y a partir de ahí, llenar con números consecutivos en dos operaciones sucesivas, primero las casillas de las diagonales principales, partiendo del cuadrado superior derecho y en dirección sinistrorsa, es decir de derecha a izquierda; a continuación se llenan las casillas que han quedado en blanco, partiendo del cuadrado inferior izquierdo y en dirección dextrorsa (de izquierda a derecha). Este método fue creado en principio para el cuadrado de orden 4 pero se adaptó con facilidad a los otros cuadrados parmente pares, como los de orden 8. También los cuadrados de orden imparmente par, como los de orden 6, se pueden completar con una adaptación de este método [9], aunque dichos cuadrados fueron los más difíciles de sistematizar, puesto que no admiten la aplicación directa de los métodos que funcionan sin problema en los otros casos (impares y parmente pares) [10].

iiii) El método del salto de caballo, que implica, como su nombre indica, la distribución de los números en las distintas casillas mediante el movimiento de esta pieza del ajedrez y el salto de una casilla, o bien a inicio de columna o de fila, cuando la casilla a completar está ya ocupada por un número anterior.

Asimismo, podemos hablar de transformaciones de los cuadrados, lo que implica rotaciones, inversiones, etc.

la cifra que le antecede en la columna central es igual a n^2 y la que le sigue, 1. Aparte de en los cuadrados de 3 de los manuscritos de Azarquiel de Viena (V) y Londres (B) identificados en las notas 43 y 44 y que como veremos más adelante no son representativos, encontramos también esta característica en los cuadrados de 5 y 9 (B) y en la tradición posterior, especialmente en *Agrippa.*

[9] Para una descripción del método usado en el cuadrado de 6 (V), cf. Nowotny, K.A., "The Construction of Certain Seals and Characters in the Work of *Agrippa* of Nettesheim", *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes,* 12 (1949), 46-57, 51 y Sesiano, J., "Un traité persan sur les carrés magiques", *Ayene-ye Miras,* ns, v. 3, n.º 1 (28), 2005, 69-116, esp. 93-95, figs. 25-26.

[10] Savage, D.F., "Oddly-Even Magic Squares", en W.S. Andrews *et alii, Magic Squares and Cubes,* Nueva York, 1960, 217-224, esp. 217.

Relación de los cuadrados con los planetas

La relación de los cuadrados mágicos, en concreto de los siete primeros, es decir del orden 3 al 9, con las virtudes mágicas de los siete planetas conocidos desde la antigüedad (aquellos observables a simple vista), está documentada en épocas muy diversas. Ya desde tiempos muy antiguos, los espíritus de los planetas se invocaban para suplicar ciertos favores, sobre todo en la magia que emplea talismanes, construidos mediante ciertos rituales y bajo condiciones astrales determinadas, con el fin de modificar de alguna manera el destino, en contraposición a la magia adivinatoria, que pretende averiguar el futuro [11]. La invocación a los planetas en el contexto de la magia talismánica era una costumbre habitual entre los sabeos [12] y quizás no deba sorprendernos que los primeros textos matemáticos sobre cuadrados mágicos procedieran de este entorno.

Por otra parte, mientras que en Oriente se desarrolló una importante labor matemática, diseñándose métodos cada vez más sofisticados de construcción, en al-Andalus no conocemos ningún tratado de este tipo. El único tratado andalusí sobre cuadrados mágicos, obra de un científico precisamente, trata únicamente del uso de estos cuadrados relacionándolos con los planetas con el fin de obtener ciertos beneficios mediante algunas de sus virtudes mágicas compartidas.

Precedentes históricos de los cuadrados mágicos

Desde la antigüedad y en gran diversidad de culturas se consideró que la combinación en condiciones específicas de letras y números formando cuadrados tenía unas propiedades mágicas de las que carecían las mismas letras y números considerados aisladamente o combinados de manera distinta.

[11] Ver al respecto la introducción de Savage-Smith, E., *Magic and Divination in Early Islam,* Aldershot, 2003, xiii-li.

[12] Con respecto al papel jugado por los sabeos de Harran en la transmisión de ciertos ritos mágicos, ver el artículo "Ṣābi'a" de Toufic Fahd en *EI²*, VIII, 675-678; Peters, F.E., "Hermes and Ḥarrān. The Roots of Arabic-Islamic Occultism", en Savage-Smith, *Magic and Divination in Early Islam,* 55-86 y Green, T.M., *The City of the Moon God. Religious Traditions of Harran,* Leiden, 1992.

La combinación de los números naturales con propiedades parecidas es también muy antigua y de hecho el primer cuadrado que encontramos es el de orden 3, conocido en el mundo musulmán con el término *budūḥ,* formado con las letras que corresponden a los números de las cuatro esquinas de este cuadrado (fig. 1), el más sencillo posible puesto que admite una única combinación con el 5 en el centro, aunque puede mostrarse en rotación o inversión [13]. Muestra de este cuadrado la encontramos ya, por ejemplo, en la antigua China. No nos consta que cuadrados de orden superior hubieran aparecido en China antes del siglo XIII, momento en que el contacto con las ciencias exactas árabes, especialmente la astronomía y las matemáticas, está ya bien documentado.

No se tienen noticias concretas de que los cuadrados mágicos fueran conocidos en la Grecia antigua, aunque ciertos testimonios árabes evocan una teórica procedencia griega. Este origen, posiblemente mítico y por otra parte habitual en distintos aspectos del conocimiento, muy probablemente tendría por objetivo, como bien señala Sesiano, la justificación que dicha procedencia otorgaría a esta ciencia [14], o simplemente se argüiría por desconocimiento, basándose en la suposición de que todo aquello que tenía implicaciones matemáticas debía provenir de Grecia. Hay que destacar que estas referencias se encuentran en fuentes tardías y de escasa solvencia científica, como puede ser al-Qazwīnī (s. XIII), quien atribuye su invención a Arquímedes. Los bizantinos sí les dedicaron un cierto interés, pero esto ocurriría muy a principios del XIV, de la mano de Manuel Moschopoulos, quien muestra poca originalidad y su tratado parece, según los estudios más recientes, derivar de algún antecedente árabe o persa, ya que los cuadrados que reproduce eran ya bien conocidos del mundo musulmán por lo menos desde el siglo XI [15].

[13] El cuadrado de orden 3 no es representativo ya que las 8 apariencias que puede mostrar son el resultado de las 3 rotaciones y 4 inversiones posibles de un mismo cuadrado, independientemente del método de construcción empleado.

[14] Sobre la mitología alrededor del origen de los cuadrados mágicos, ver Sesiano, *Les carrés magiques dans les pays islamiques,* 8 y 266-268. En cuanto a su posible conocimiento en Grecia, ver Vinel, N., "Un carré magique pythagoricien? Jamblique précurseur des témoins arabo-byzantins", *Archive for the History of Exact Sciences,* 59 (2005), 545-562.

[15] Sesiano, J., "Les carrés magiques de Manuel Moschopoulos", *Archive for the History of Exact Sciences,* 53 (1998), 377-397.

Aunque en la India aparecerán también durante el XIII, sin que se tengan noticias anteriores al respecto, cabe destacar que alrededor del siglo VII, Persia importará de la India el juego del ajedrez, en el que se basa la construcción primitiva de los cuadrados. Sesiano apunta la posibilidad de que éste fuera el lugar donde se originaran, basándose en el hecho de que los primeros autores de tratados del género en lengua árabe y la mayoría de los posteriores eran de origen persa [16].

Desarrollo en el Oriente islámico

Como ya hemos visto, los cuadrados mágicos se desarrollaron básicamente en los países del Oriente islámico donde, entre los siglos X y XVIII, autores de todo tipo dedicaron su atención a este tema. Aunque se tienen noticias de textos sobre cuadrados mágicos del siglo IX, no se ha conservado ninguno. En un texto árabe de Ŷābir b. Ḥayyān (s. VIII) se describe el uso como amuleto de un cuadrado de orden 3 [17], aunque parece que la transmisión dataría del siglo IX o X. Sin embargo, el tratado más antiguo sobre el tema que mencionan los biógrafos árabes se debería a Ṯābit b. Qurra, sabeo de Ḥarrān (s. IX), a quien Ibn Abī Uṣaybi'a le atribuye el opúsculo titulado *Risāla fī 'adad al-wafq* [18]. Ahora bien, los primeros tratados de construcción de estos cuadrados que se han conservado datan del siglo X y en ellos se explican los distintos métodos para construir cuadrados de los tipos y órdenes más diversos. El tratado más antiguo es el de Abū l-Wafā' al-Būzŷānī (X) [19]. Medio siglo más tarde también dedicará su atención al género Abū 'Alī l-Ḥasan b. al-Hayṯam (Alhazen) (965-1040), cuyas descripciones nos han sido transmitidas por un tratado anónimo del siglo XII [20].

[16] Sesiano, J., "La science des carrés magiques en Iran", en D.N. Pourjavady y Ž. Vesel (eds.), *Sciences, techniques et instruments dans le monde iranien (X^e-XIXe siècle)*, Teherán (2004), 165-181, esp. 167-8.

[17] Ahrens, W., "Studien über die magischen Quadrate der Araber", *Der Islam*, 7 (1917), 186-250 e *idem*, "Magische Quadrate und Planetenamulette", *Naturwissenschaften Wochenschrift*, 19 (1920), 465-475.

[18] Ibn Abī Uṣaybi'a, *'Uyūn al-anbā' fī Ṭabaqāt al-aṭibbā'*, Beirut, 1957, 2, 193-201.

[19] Sesiano, J., "Le traité d'Abū l-Wafā' sur les carrés magiques", *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften*, 12 (1998), 121-244.

[20] Ms. Fatih 3439. Ver al respecto Sesiano, J., "Herstellungsverfahren magischer Quadrate aus islamischer Zeit (I)", *Sudhoffs Archiv. Zeitschrift für Wissenschaftgeschichte*, 64 (1980), 187-196, esp. 187, n.º 3.

Los siglos XI y XII corresponderán a la época de oro de los cuadrados mágicos en los países musulmanes. En este momento, se llegará a la mayor sofisticación en la descripción y variedad de los métodos de construcción. Hasta entonces, la finalidad era predominantemente matemática, su estudio pertenecía a la teoría del número, al mismo nivel que el estudio de los números amigos. Sin embargo, a partir del XII el elemento mágico, que no tuvo un papel esencial en sus orígenes, irá ganando importancia [21].

También, como hemos visto, encontramos la serie de siete cuadrados en las *Rasā'il* de los Ijwān al-Ṣafā' [22]. A partir de este momento destacarán una serie de matemáticos persas, como Abū Ḥātim Muẓaffar Asfizārī, Ŷamāl al-Zamān 'Abd al-Ŷabbār Jaraqī, ambos de finales del XI principios del XII o ya entrado el siglo XIII, 'Abd al-Wahhāb b. Ibrāhīm Zanānī, que escribirán tratados al respecto, aportando innovaciones de interés. Es en este momento cuando empieza a perderse originalidad y, tal como ocurre en otros ámbitos de la ciencia, se desarrollan las compilaciones y encontramos tratados en otras zonas, como por ejemplo Egipto, donde Muḥammad Šabrāmallisī compuso un tratado, alrededor de 1600, en el que el autor discute otras figuras mágicas, como círculos con cuadrados inscritos, cuyo valor se inscribe más en el campo de los amuletos que en el matemático [23]. El tratado más tardío, estudiado también por Sesiano, es del sudanés Muḥammad al-Fulānī l-Kišnāwī, del XVIII [24], quien vivió durante cierto tiempo en El Cairo, donde murió.

[21] Ver al respecto Savage-Smith, E., "Magic and Islam", en F. Madison y E. Savage-Smith (eds.), *Science, Tools & Magic,* Londres-Oxford, 1997.

[22] En muchos manuscritos de las *Rasā'il* faltan algunos de los cuadrados. Por ejemplo, en el ms. Árabe 2304 de la Biblioteca Nacional de París (antes 1005), encontramos llenos los cuadrados de orden 3, 4, 5 y 6, mientras que los de orden 7, 8 y 9 aparecen vacíos. Ver traducción parcial de Dieterici, F., *Die Propaedeutic der Araber in zehnte Jahrhundert,* Berlín, 1865. Sin embargo, la edición de El Cairo de 1928 presenta la totalidad de los cuadrados, lo mismo que la edición de Beirut sin fecha que se ha utilizado en este artículo. Ver también Hermelink, H., "Die ältesten magischen Quadrate höherer Ordnung und ihre Bildungsweise", *Sudhoffs Archiv für Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften,* XLII, 3 (1958), 199-217.

[23] Sesiano, "Construction of Magic Squares", 1-20.

[24] *Idem,* "Quelques méthodes arabes de construction des carrés magiques impairs", *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles,* 83 (1994), 51-76.

Desarrollo en el Occidente islámico. Al-Andalus y Norte de África

Vista la panorámica general de la atención que se dedicó a estos cuadrados mágicos en el Oriente islámico, cabe centrarse ahora en lo que ocurrió en el Occidente musulmán, donde no despertaron, ni por asomo, el mismo interés, especialmente desde el punto de vista matemático, dominante en Oriente. Hay que señalar únicamente dos casos destacables, el de Abū Isḥāq al-Zarqālluh, nuestro Azarquiel, en al-Andalus, siglo XI, y el del argelino Aḥmad al-Būnī a principios del XIII.

Tenemos referencias varias a autores andalusíes que trataron el tema, directa o indirectamente, pero no se conserva su obra. Conocemos un cuadrado mágico, de orden 5, que aparece en un manuscrito de la *Geografía* de al-Zuhrī (s. XII), aunque al parecer no habría formado parte del original, puesto que no se menciona en la edición de los demás manuscritos y el texto de la página anterior (69) continúa sin interrupción en la página posterior (71). Junto al cuadrado aparece una breve descripción sobre los cuadrados mágicos. El cuadrado contiene muchos errores, además de faltarle los números 8, 18 y 19, le sobra el 26 y muestra el 13 y el 14 repetidos [25]. Por otra parte, no podemos descartar la posibilidad de que otro andalusí más tardío, el matemático Ya'īš b. Ibrāhīm al-Umawī al-Andalusī (s. XIV), fuera también autor de un opúsculo sobre cuadrados mágicos. Después de dos tratados aritméticos de este autor, en un manuscrito que se conserva en la British Library [26] aparece un método de construcción de cuadrados mágicos de orden impar, sin atribución de autor, en el que se menciona a al-Būnī [27].

La tradición continuará también en el norte de África donde, ya entrado el siglo XV, encontramos a Naṣīr al-Dīn Muḥammad b. Muḥammad b. Qūqamāz al-Buktumrī al-Qāhirī al-Ḥanafī, quien dedica

[25] Manuscrito SM288 de la colección de manuscritos orientales de la Houghton Library de la Universidad de Harvard. Ver Tolmacheva, M., "Al-Zuhrī's *Geography* in the Houghton Collection", *Al-Qanṭara,* VI (1985), 507-516. La posible explicación que da la autora del artículo respecto a la inclusión del cuadrado es inadecuada, entre otros motivos porque la constante mágica del cuadrado de 5 es 65 y no 70. Este cuadrado está siendo estudiado por las autoras.

[26] MS. Stowe Or. 10 (OMPB 7554).

[27] Saidan, A.I., "Magic Squares in an Arabic Manuscript", *Journal for the History of Arabic Science,* 4 (1980), 87-89.

también una obra a esta temática, el *Fatḥ al-jallāq fī 'ilm al-ḥurūf wa-l-awfāq.* Sin embargo, el autor más importante de la zona será Muḥyī l-Dīn Abū l-'Abbās Aḥmad al-Būnī (m. 622/1225), nacido y muerto en Būna, la actual Annaba en Argelia, aunque vivió y trabajó en Egipto, a quien se le atribuyen un gran número de obras conteniendo cuadrados mágicos [28]. Al-Būnī escribió en el *Kitāb Šams al-ma'ārif al-kubrà wa-laṭā'if al-'awārif* [29] un capítulo sobre el conocimiento de las predisposiciones del individuo mediante el uso de los cuadrados numéricos y el modo de obtener la ayuda de los cuerpos celestes. Sin embargo, aun siendo también su interés más talismánico que matemático, y teniendo en cuenta que en algunas de sus obras también relaciona los siete primeros cuadrados con los planetas, al-Būnī, a diferencia de Azarquiel, explica dos métodos de construcción de cuadrados con bordes [30]. Analizando el vocabulario que emplea a menudo para designar las piezas de ajedrez (*šāh, roj, ferzāneh*), a través de cuyo movimiento se irán construyendo algunos cuadrados, resulta evidente que estas descripciones tienen un claro origen persa. Otras obras en las que trata una temática similar son *al-Durr al-manẓūm* y el *Šarḥ ism Allāh al-a'ẓam.* Sus antecedentes se remontan al oriente islámico, y, como en el caso de los Ijwān al-Ṣafā', parecen estar también relacionados con los sabeos. Nos constan los nombres de Šihāb al-Dīn Aḥmad b. Yūsuf al-Būnī, autor del *Baḥr al-wuqūf fī 'ilm al-awqāf wa-l-ḥurūf,* de Abū l-Ḥasan b. 'Alīb. Ibrāhīm b. Muḥammad al-Ḥarrānī, quien vivió en Ḥāma, donde murió en el año 538, autor del *Kitāb al-Lam'a* y del *Kitāb Šams maṭāli' al-qulūb,* y de quien sería discípulo directo Aḥmad b. 'Alī l-Būnī.

[28] Sobre los cuadrados mágicos y la magia en al-Būnī, ver Ahrens, W., "Die magischen Quadrate al-Bunis [The magic squares of al-Buni]", *Der Islam,* 12 (1992), 157-177; Pielow, D.A.M., *Die Quellen der Weisheit. Die arabische Magie im Spiegel des "Uṣūl al-ḥikma" von Aḥmad 'Alī l-Būnī,* Hildesheim, 1995; Lory, P., "La magie des lettres dans le *Shams al-ma'ārif* d'al-Būnī", *Bulletin d'études orientales,* 39-40 (1987-1988), 97-111 y Hermelink, "Die ältesten magischen Quadrate".

[29] Edición de El Cairo (s.f.).

[30] Carra de Vaux, B., "Une solution arabe du problème des carrés magiques", *Revue d'histoire des sciences,* 1 (1947), 206-212.

Posible relación de los cuadrados mágicos con las monedas almohades

Uno de los rasgos sobresalientes de las monedas de plata almohades (s. XII y XIII) es su forma cuadrada, y de las de oro, su cuadrado inscrito en un círculo. Según M. Vega y S. Peña, esta forma cuadrada estaría relacionada con el valor simbólico que se le daba en el sistema de ideas religiosas islámicas como representación del universo de lo contingente en la cosmología sagrada [31]. Por otra parte conocemos un amuleto cuadrado de plata tipo almohade con un cuadrado mágico de orden 4 inscrito en cada cara, con distinta notación numérica (indoarábica oriental [32] y *abŷad*), que se conserva en el Museo Arqueológico Nacional de Madrid (MAN) [33]. Maribel Fierro plantea la hipótesis de una posible relación entre la figura cuadrada de las monedas y los cuadrados mágicos [34]. El cuadrado mágico inscrito en el amuleto del MAN, no solamente coincide con el de orden 4 de al-Būnī, tal como apuntan Rodríguez y Kind, sino también con el de los Ijwān al-Ṣafā' y el de Azarquiel de los manuscritos de Viena y Londres, aunque la tradición mágica requiere que el cuadrado de orden 4 se grabe sobre estaño, quedando la plata destinada al cuadrado de orden 8. Sin embargo, hay que decir que cuadrados mágicos en medallas, amuletos y sellos se encuentran abundantemente en todas las épocas y en notación alfanumérica de distintas lenguas, incluidos el árabe y el he-

[31] Vega, M. y Peña, S., "El hallazgo de monedas almohades de Priego de Córdoba: aspectos ideológicos", *Antiquitas,* 15 (2003), 65-71, e *idem,* "El nombre de Priego en una moneda almohade", *Antiquitas,* 17 (2005), 143-7.

[32] Según terminología de Kunitzsch, P., *Zur Geschichte der "arabischen" Ziffern,* Bayerische Akademie der Wissenschaften, Munich, 2005, 39, T. 2, donde se muestran las formas medievales de la numeración indoarábiga oriental (*Eastern Arabic*), con indicación de las grafías más modernas (*newer forms*) y las de la numeración indoarábiga occidental (*Western Arabic*). Ver también Burnett, Ch., "Indian Numerals in the Mediterranean Basin in the Twelfth Century", en Y. Dold-Samplonius *et alii* (eds.), *From China to Paris: 2000 Years Transmission of Mathematical Ideas,* Stuttgart, 2002, 237-288, esp. las tablas de pp. 265-268.

[33] Rodríguez Lorente, J.J. y Kind. H.D., "Un amuleto arábigo con un cuadrado mágico en el monetario del Museo Arqueológico Nacional de Madrid", *Al-Qanṭara,* XII (1991), 401-414.

[34] Fierro, M., "La Magia en al-Andalus", en A. Pérez Jiménez y G. Cruz Andreotti, *Daímon Páredros: Magos y prácticas mágicas en el mundo mediterráneo,* Madrid-Málaga, 2002, 245-273, esp. 272-3.

breo [35], así como formando parte de diversos manuscritos mágicos sin relación directa con el texto en el que se incluyen.

Por lo que respecta a al-Andalus, como ya hemos avanzado, únicamente disponemos del tratado de Azarquiel. Se trata de un pequeño opúsculo, en absoluto comparable con los grandes tratados matemáticos anteriores, puesto que no ofrece ningún tipo de explicación sobre la construcción de los cuadrados. No hay que olvidar que Azarquiel fue un gran astrónomo y constructor de instrumentos pero no era matemático, a diferencia de la mayoría de los autores que dedicaron sus esfuerzos a estos cuadrados. En el tratado de Azarquiel encontramos simplemente los siete cuadrados, de orden 3 a 9, relacionados con los siete planetas. Esta somera presentación viene acompañada por la exposición detallada de las virtudes mágicas de cada uno de ellos.

Es posible que Azarquiel conociera esta tradición de cuadrados mágicos relacionados con los planetas gracias a que en su época se introdujeron en al-Andalus las *Rasā'il* de los Ijwān al-Ṣafā'. García Gómez [36] nos recuerda que la introducción de esta obra en al-Andalus, documentada en las *Ṭabaqāt* de Ṣā'id al-Andalusī, la llevó a cabo al-Kirmānī (m. 1066), matemático y geómetra originario de Córdoba, a su regreso de Oriente [37]. Sin embargo, apunta también la posibilidad de que hubiese sido introducida con anterioridad por el matemático Maslama (950-c.1007) a su regreso de tierras orientales, aunque esta referencia no aparezca en las *Ṭabaqāt,* con el argumento de que ya aparecen citados en algunos poemas andalusíes de la época. Probablemente confunda al matemático Abū l-Qāsim Maslama b. Aḥmad b. Qāsim al-Maŷrīṭī, de quien no se tiene constancia que hubiese viajado a Oriente, con el tradicionista Abū l-Qāsim Maslama b. Qāsim b. Ibrāhīm al-Qurṭubī (906-964), cuyo viaje a tierras de oriente está ampliamente documentado, y es probablemente autor de una versión de las *Rasā'il* [38], así como de la *Rutbat al-ḥakīm* y la *Gāyat al-ḥakīm* (*Pi-*

[35] Ver, por ejemplo, Nowotny, K.A., *Henricus Cornelius Agrippa ab Nettesheym. De Oculta Philosophia,* Graz, 1967, Apéndices V, XI y XIII.

[36] García Gómez. E., "Alusiones a los *Ijwān al-Ṣafā'* en la poesía árabigoandaluza", *Al-Andalus,* 4, 2 (1939), 462-466.

[37] Ṣā'id al-Andalusi, *Kitāb ṭabaqāt al-umam,* Bū 'Alwān (ed.), Beirut, 1985, 171-172.

[38] Gonzalvo, L., "Apunte sobre algunos musulmanes madrileños", en *Homenaje a Don Francisco Codera,* Zaragoza, 1904, 354-355 y Fierro, M., "Bāṭinism in al-Andalus. Maslama b. Qāsim al-Qurṭūbī (d. 353/964), author of the *Rutbat al-ḥakīm* and the *Ghāyat al-ḥakīm* (*Picatrix*)", *Studia Islamica,* 84 (1996), 87-112, esp. 108.

catrix [39]). Otro autor andalusí contemporáneo de Maslama al-Qurṭubī, que también trató la temática de los talismanes relacionados con los astros, fue Abū 'Alī b. al-Ḥasan b. al-Ḥātim, aunque en la única obra que le conocemos, traducida en el XV al latín con el título de *De imaginibus caelestibus,* tampoco utiliza los cuadrados mágicos [40]. De todas maneras, las técnicas de magia talismánica de origen harranio podrían también haber sido introducidas por Aḥmad y 'Umar b. Yūnus al-Ḥarrānī, que según Ibn Ŷulŷul estudiaron en Bagdad con Ṯābit b. Sinān b. Ṯābit b. Qurra al-Ḥarrānī la obra matemático-astronómica de Ṯābit b. Qurra, a quien ya hemos mencionado como uno de los introductores de la magia talismánica de Ḥarrān en el mundo islámico [41]. También pudo influir en nuestro autor el ambiente propicio a la magia de la ciudad de Toledo, donde debían circular libros de distinta índole. Muy pocos años después de la muerte de Azarquiel, a principios del XII, encontramos allí a Adelardo de Bath traduciendo precisamente la obra talismánica de Ṯābit b. Qurra [42].

Del tratado de Azarquiel conocemos los siguientes manuscritos: Viena (NW, 1421) [43], Londres (BM, 977 Add. 9599) [44] y El Cairo (BN TJ, 423, 3; SH, 124 y DM, 920) [45]. Actualmente estamos preparando

[39] Una argumentación muy convincente de esta atribución ha sido desarrollada por M. Fierro en "Batinism in al-Andalus".

[40] Un cuadrado mágico, tipo *buduḥ* en letras hebreas, aparece en la introducción a la versión latina de Guglielmo Raimondo de Moncada (XV), previa a la traducción del texto árabe de Ibn al-Ḥātim. Ver al respecto la edición del texto latino y la traducción del texto árabe en Lippincott, K. y Pingree, D., "Ibn al-Ḥātim on the Talismans of the Lunar Mansions", *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes,* 50 (1987), 57-81 e *idem,* "More on Ibn al-Ḥātim", *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes,* 51 (1988), 188-190. La edición del texto árabe se publica en este mismo número de *Al-Qanṭara:* Oliveras, M., "El *De imaginibus caelestibus* de Ibn al-Ḥātim".

[41] Samsó, J., *Las Ciencias de los Antiguos en al-Andalus,* Madrid, 1992, 48.

[42] Burnett, Ch., "Talismans: Magic as Science? Necromancy among the Seven Liberal Arts", en *idem, Magic and Divination in the Middle Ages. Texts and Techniques in the Islamic and Christian Worlds,* Ashgate, 1996, I, 6.

[43] Nationalbibliothek Wien AF 162d (76), Flügel 1421, 1r-11v. Facsímil en Nowotny, *Henricus Cornelius,* Apéndice VIII. Fechado 963/1556.

[44] British Museum, Londres 977[18] (Add. 9599), fols. 133r-145v.

[45] King, D.A., *A Survey of the Scientific Manuscripts in the Egyptian National Library,* American Research Center in Egypt / Catalogs, vol. 5, Winona Lake, Indiana, 1986, B87, 50. Con el título *Risāla fī ḥarakāt al-kawākib al-sayyāra wa tadbīri-hā* se encuentra en El Cairo BN TJ (Ṭal'at maŷāmi') 424, 3 (fols. 51v-60v, ca. 1200H), Sh (Ḥurūf wa-awfāq) 124 (10 fols. ca. 1200H) y DM (Dār al-Kutub miqāt) 920 (13 fotografías del Ms. British Library add. 9599). David King señala que los textos de las tres copias son sustancialmente distintos.

la edición, traducción y comentario de este tratado, en base a los manuscritos de Viena (Ms. V) y Londres (Ms. B), ya que ha sido imposible acceder a los de El Cairo, al igual que la de sus derivados latinos, de los que disponemos de abundantes manuscritos.

Una vez estudiado su contenido, se puede ya avanzar, por una parte, que siguiendo una costumbre antigua, Azarquiel ofrece la influencia de cada uno de los siete planetas, Saturno, Júpiter, Marte, Sol, Venus, Mercurio y Luna, en este orden, y la pone en combinación con otros elementos, que actuarán reforzándola o disminuyéndola. Estos elementos pertenecen al mundo animal, vegetal y mineral, y se relacionan con datos calendáricos y astrológico-planetarios, que proporcionarán los momentos propicios o nefastos. Este tipo de combinaciones lo encontramos ya en las *Rasā'il* de los Ijwān al-Ṣafā' [46] y en la *Gāyat al-ḥakīm,* más conocida por su nombre latino de *Picatrix* [47], donde se cita a Ṯābit b. Qurra y a su libro sobre los talismanes [48]. Todo ello, con la intención de facilitar la construcción de talismanes tanto con fines benéficos como maléficos. Estos talismanes, también siguiendo antiguas tradiciones, se inscribirán en distintos materiales según el planeta con el que se identifiquen, plomo, cobre rojo, cobre amarillo, estaño, oro, plata, así como cerámica, algodón o pieles de animales.

Por otra parte, Azarquiel combina cada uno de estos planetas, siguiendo el orden antes enunciado, con un cuadrado mágico. Así Saturno se corresponderá con el cuadrado de 3, Júpiter con el de 4, Marte con el de 5, el Sol con el de 6, Venus con el de 7, Mercurio con el de 8 y la Luna con el de 9. Algunas de las propiedades descritas por Azarquiel para los cuadrados y sus planetas respectivos las ofrecían ya los Ijwān al-Ṣafā' y las encontraremos también recogidas por al-Būnī y las versiones latinas que aparecerán a partir del XV, aunque los talismanes propuestos no son siempre los mismos.

Por poner únicamente un ejemplo, tanto al-Būnī [49] como Azarquiel y los textos latinos derivados proponen, para ayudar al parto, la utilización de Saturno y el cuadrado de tres. Es curioso constatar aquí

[46] Marquet, I., "Sabéens et Ikhwān al-ṣafā'", *Studia Islamica,* 24 (1966), 35-80 y 25 (1966), 77-109.

[47] Ritter, H. (ed.), Pseudo-Majrīṭī, *Daz Ziel des Weisen. 1. Arabischer Text,* Leipzig, 1933 y Pingree, D., Picatrix, *the Latin Version,* Londres, 1986.

[48] Burnett, "Talismans", 7.

[49] Souissi, M., "Ḥisāb al-wafq", *Ḥawaliyyāt al-ŷāmi'a l-tūnisiyya,* 27-43.

que los Ijwān al-Safā' usan también el cuadrado de tres con la misma finalidad, aunque sin relacionarlo con Saturno. Todos ellos sugieren tener en cuenta la Luna para la determinación del momento propicio. Sin embargo, mientras que Azarquiel propone usar un trapo nuevo de algodón y atarlo al costado izquierdo de la mujer [50], al-Būnī, siguiendo en parte a los Ijwān, sugiere el uso de tres fragmentos de cerámica nuevos a los que no haya tocado el agua. La diferencia estriba en que los Ijwān proponen dos pedazos de cerámica a los que no haya tocado el agua, en lugar de tres, y se limitan a decir que hay que ponerlos encima de la mujer, mientras que al-Būnī especifica que hay que colocar uno de ellos enfrente de la casa de la mujer y los otros dos sobre sus muslos. El *Picatrix* también menciona el número 15 [51] en relación a facilitar el parto. Las versiones latinas, por su parte, presentan una combinación de estos elementos. Por una parte recogen la idea de Azarquiel de escribir el cuadrado en un paño de algodón nuevo, y la de al-Būnī de colocarlo sobre los muslos de la mujer, aunque en este caso se trata únicamente del muslo derecho. Ésta debía ser una aplicación bien conocida pues la encontramos descrita en el capítulo nueve del *Sefer Hanisyonot,* atribuido a Abraham ibn Ezra, en el contexto de distintos procedimientos para facilitar el parto. El autor atribuye a Galeno el procedimiento de dibujar el cuadrado de orden tres en un fragmento de cerámica que jamás haya estado en contacto con el agua y ponerlo debajo de las plantas de los pies de la mujer [52].

Estudio de los cuadrados mágicos en el manuscrito de Viena (V) de Azarquiel

Los cuadrados que aparecen en este manuscrito parecen ser casi contemporáneos del autor. De hecho, por una parte, sólo los cuadrados más sencillos y con pocas posibilidades combinatorias, como los de orden 3 y 4, tienen su antecedente en aquellos que podemos datar a

[50] Es curioso que uno de los sentidos del verbo *yasara* sea el de tener un parto fácil.

[51] Hay que recordar que el número 15 corresponde a la suma mágica del cuadrado de orden tres.

[52] Agradecemos a T. Langermann que nos haya proporcionado información sobre este cuadrado mágico y la referencia del *Sefer Hanisyonot. The Book of Medical Experiences attributed to Abraham ibn Ezra.* Edición, traducción y comentario de J.O. Leibowitz y S. Marcus, Jerusalén, 1984, 238-243.

finales del siglo X, como los de los Ijwān al-Ṣafā' [53] o los descritos por Abū l-Wafā' [54] y, por otra, el método empleado para construir el cuadrado «parmente impar» de orden 6 fue descubierto, según J. Sesiano [55], en la segunda mitad del siglo XI. Una característica de los cuadrados en este manuscrito es que presentan una casilla vacía, pero a diferencia de los tradicionales, dicha casilla no es la central (*jālī l-wasaṭ*) [56] y además el número correspondiente está escrito fuera de las líneas exteriores del cuadrado.

Cuadrados impares de orden 3, 5, 7 y 9

Están en notación indoarábiga oriental y construidos, en sentido dextrorso, mediante el método de diagonales complementarias, descrito al parecer como un caso particular de cuadrado de magia simple de orden impar en un ms. anónimo del s. XI [57]. Aunque, de hecho, según Sesiano las figuras correspondientes no se encuentran en el manuscrito y se trataría de adiciones de un lector [58].

El cuadrado de orden 3 está testimoniado desde finales del siglo X en los Ijwān al-Ṣafā' [59] y en Abū l-Wafā' [60], así como en un tratado anónimo de inicios del siglo XI [61]. Encontramos esta tradición en la Europa Renacentista, en los trabajos del médico y filósofo Cornelio *Agrippa* (1486-1535) [62], así como en los del médico y matemático Girolamo Cardano (1501-1576) [63]. El cuadrado del manuscrito V de Azarquiel presenta dos errores [64].

[53] Ed. Beirut, 109 y 112.

[54] Sesiano, "Le traité d'Abū l-Wafā'", 141 y 144-145, f. 1 y 5b.

[55] *Idem,* "Quelques constructions des carrés a magie simple dans les textes arabes", *Actes du 3me Colloque Maghrébin sur l'Histoire des Mathématiques Arabes, Tipaza 1-3 Décembre 1990,* Argel, 1998, 251-262, esp. 255-256.

[56] *Idem,* "Quelques méthodes arabes de construction", 51-76, esp. 72-76.

[57] Sesiano, *Les carrés magiques dans les pays islamiques,* 29-30.

[58] *Idem, Un traité médiéval,* 31-35, n.º 55, fig. 8'.

[59] Ed. Beirut, 109 y 112.

[60] Sesiano, "Le traité d'Abū l-Wafā'", 141 y 144-145, figs. 1 y 5b.

[61] *Idem, Un traité médiéval,* 27-28, esp. 28, fig. 1.

[62] Nowotny, "The Construction of Certain Seals", esp. 50, figs. 2-4.

[63] Folkerts, M., "Zur Frühgeschichte der magischen Quadrate in Westeuropa", *Sudhoffs Archiv. Zeitschrift für Wissenschaftgeschichte,* 65 (1981), 313-338, esp. 324-325.

[64] Los números 3 y 8 están intercambiados, como sucede también en los cuadrados de orden 5 y 6 del mismo manuscrito, lo cual indica que dichos cuadrados fueron copiados muy probablemente de un original en *abŷad.*

Figura 1.—ms. V, O.3

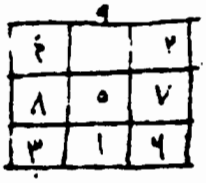


Figura 2.—ms. V, O.3 corregido [65]

4	9	2
3	5	7
8	1	6

El cuadrado de orden 5 se inicia en la parte inferior izquierda del cuadrado, lugar poco habitual, y presenta tres errores [66].

Figura 3.—ms. V, O.5.

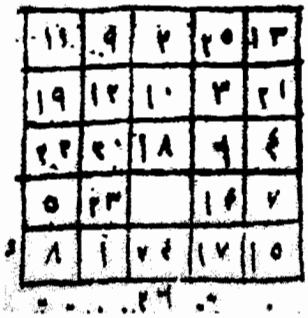


Figura 4.—ms. V, O.5, corregido

11	9	2	25	**18**
19	12	10	3	21
22	20	**13**	6	4
5	23	**16**	14	7
8	1	24	17	15

El cuadrado de orden 7 se inicia, en cambio, en la parte superior derecha del cuadrado y presenta un error [67].

[65] Las cifras corregidas se indican en negrita.

[66] Dos de los cuales consisten en la confusión de 3 y 8 (ver nota 64). El otro error es un 2 en lugar del 1.

[67] Confusión entre 2 y 3.

Figura 5.—ms. V, O.7.

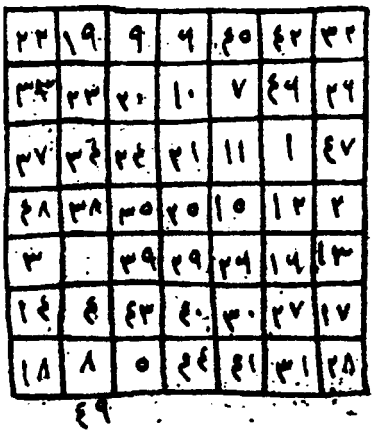
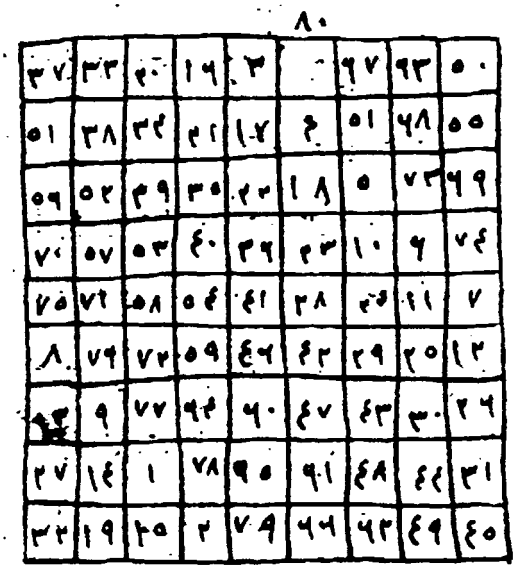


Figura 6.—ms. V, O.7 corregido

22	19	9	6	45	42	32
33	23	20	10	7	46	**36**
37	34	24	21	11	1	47
48	38	35	25	15	12	2
3	49	39	29	26	16	13
14	4	43	40	30	27	17
18	8	5	44	41	31	28

El cuadrado de orden 9 se inicia en la tercera casilla de la penúltima fila empezando por la izquierda y también presenta un error [68].

Figura 7.—ms. V, O.9



[68] Confusión entre 5 y 8.

Figura 8.—ms. V, O.9, corregido

37	33	20	16	3	80	67	63	50
51	38	34	21	17	4	**81**	68	55
56	52	39	35	22	18	5	73	69
70	57	53	40	36	23	10	6	74
75	71	58	54	41	28	24	11	7
8	76	72	59	46	42	29	25	12
13	9	77	64	60	47	43	30	26
27	14	1	78	65	61	48	44	31
32	19	5	2	79	66	62	49	45

Cuadrados parmente pares de orden 4 y 8

El cuadrado de orden 4 es el único cuadrado de este manuscrito escrito en *abŷad.* Por otra parte, además de estar testimoniado en los Ijwān al-Ṣafā' [69] y en Abū l-Wafā' [70], está construido mediante el método de puntuación, descrito a finales del X o inicios del XI por Ibn al-Hayṯam, según el autor anónimo del ms. Fatih 3439 (s. XII) [71], y en un tratado anónimo de inicios del siglo XI [72], además de por al-Jaraqī en el XII [73] y Moschopoulos en el XIV [74]. Dicho método, conocido en el s. X y corriente en el XI, ha sido bien estudiado por los autores modernos [75]. Se trata de un tipo muy frecuente en los amuletos (es el

[69] Ed. Beirut, 109.

[70] Sesiano, "Le traité d'Abū l-Wafā'", 141 y 144 -145, figs. 1 y 5b.

[71] Fols. 178r-182r. Ver Sesiano, "Herstellungsverfahren magischer Quadrate (I)", esp. 187, n.º 3 y 191-192 e *idem,* "Une compilation arabe du XIIe siècle sur quelques propriétés des nombres naturels", *Sciamvs,* 4 (2003), 137-189, esp. 144, figs. 10-11.

[72] Sesiano, *Un traité médiéval,* esp. 40-43,-figs. 16 y 17.

[73] *Idem,* "Herstellungsverfahren magischer Quadrate aus islamischer Zeit (III)", *Sudhoffs Archiv. Zeitschrift für Wissenschaftgeschichte,* 79 (1995), 193-226, esp. 200, fig. 10.

[74] Tannery, P., "Le traité de Manuel Moschopoulos sur les carrés magiques", *Memoires Scientifiques,* IV, París, 1920, 27-60. Trad. de J.C. McCoy en *Scripta Mathematica,* VIII, 1941, 15-26 y Sesiano, "Les carrés magiques de Manuel Moschopoulos", 385-389, figs. 9 y 13.

[75] Hermelink, "Die ältesten magischen Quadrate", 207; Cammann, S., "Islamic and Indian Magic Squares (I)", *History of Religions,* 8, 3 (1969), 181-209, 204; Sesiano,

mismo que aparece en el talismán del MAN [76] y en el ms. B), que recogerán también en la Europa del siglo XVI, junto con el de orden 3, Cornelio *Agrippa* [77] y Girolamo Cardano, así como la tradición de los amuletos planetarios [78].

Figura 9.—ms. V, O.4.

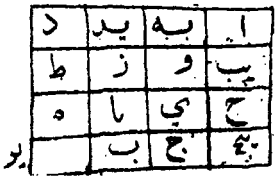


Figura 10.—ms. V, O.4.

4	14	15	1
9	7	6	12
5	11	10	8
16	2	3	13

El cuadrado de orden 8, en numeración indoarábiga oriental, sigue el método, basado en la repetición del esquema del cuadrado de 4, descrito por el autor anónimo árabe del siglo XI [79] y, más adelante, en el siglo XIV, por el bizantino Moschopoulos [80]. Posteriormente fue usado en el Renacimiento por *Agrippa,* Cardano y Paracelso, así como en la tradición de los amuletos planetarios [81]. El cuadrado del ms. V de Azarquiel presenta siete errores [82].

"Herstellungsverfahren magischer Quadrate (I)", 191-192, f. 4; *idem,* "Une compilation arabe", 144-146, figs. 10-14, donde se muestra la forma de trasladar este sistema a los cuadrados de orden 8 y 12; *idem, Les carrés magiques dans les pays islamiques,* 42-45, esp. 44, figs. 62-64 e *idem,* "Quelques constructions des carrés", 254-255, figs. 16-18.

[76] Rodríguez Lorente y Kind, "Un amuleto arábigo", 401-405.

[77] Cf. Nowotny, "The Construction of Certain Seals", 50, figs. 5-7.

[78] Ver al respecto, Folkerts, "Zur Frühgeschichte", basado en W. Ahrens especialmente por lo que se refiere a los amuletos planetarios, 324-328, 4B. Cf. 338 para una bibliografía completa de Ahrens sobre el tema.

[79] Sesiano, *Un traité médiéval,* 40-43, fig. 17.

[80] Tannery, "Le traité de Manuel Moschopoulos", 43-45, f. 10 y Sesiano, "Les carrés magiques de Manuel Moschopoulos", 385-388, fig. 10.

[81] Ver nota 78.

[82] Aparte de la posible confusión de números concretos, el autor del ms. V o de su fuente parece haber querido corregir sus propios errores. Así, por ejemplo, en la columna derecha externa escribe 16 por 56 en la segunda fila y lo "corrige" en la fila séptima de la misma columna con un 56 en lugar del 16 que correspondería, asimismo, en la fila cuarta, después de haber escrito 39 por 29 en la cuarta columna lo "corrige" en la séptima con un 29 por 39. Por otra parte, junto a las confusiones entre 3 y 8 por lo que se refiere a las unidades (ver nota 64), confunde también en algunos casos 5 y 1 en las decenas, todo lo cual sugiere un original en *abŷad.*

Figura 11.—ms. V, O.8.

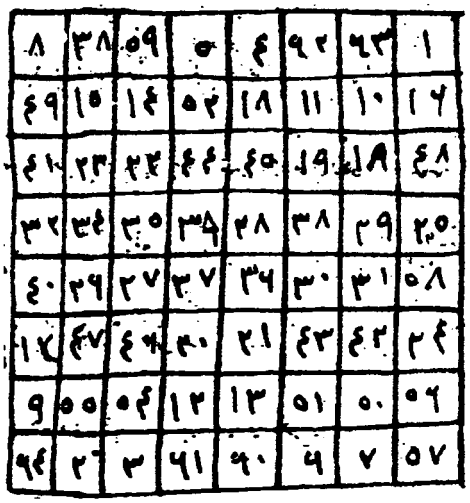


Figura 12.—ms. V, O.8, corregido

8	**58**	59	5	**4**	62	63	1
49	15	14	52	**53**	11	10	**56**
41	23	22	**44**	**45**	19	18	48
32	34	35	**29**	28	38	**39**	25
40	26	27	37	36	30	31	**33**
17	47	46	20	21	43	42	24
9	55	54	12	13	51	50	**16**
64	2	3	61	60	6	7	57

Cuadrado «imparmente» par de orden 6

El único cuadrado de este tipo de orden, también en numeración indoarábiga oriental, está construido según el método descrito por J. Sesiano [83] que sigue un procedimiento parecido o inspirado en el del Anónimo del s. XI y el de al-Jaraqī (s. XII) [84] para el orden 4 [85], pero adaptado a las diagonales del orden 6. Aparece en *al-Durr al-manẓūm* de al-Būnī [86]. Fue descrito por ʻAlī Yazdī en el siglo XV [87] y, ya en Europa, lo encontramos en *Agrippa* [88], Cardano, Paracelso y en los amuletos planetarios [89]. El del ms. V presenta dos errores [90].

Figura 13.—ms. V, O.6.

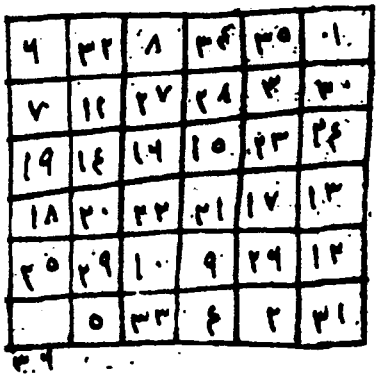


Figura 14.—ms. V, O.6, corregido

6	32	3	34	35	1
7	11	27	28	8	30
19	14	16	15	23	24
18	20	22	21	17	13
25	29	10	9	26	12
36	5	33	4	2	31

[83] Sesiano, "Quelques constructions des carrés", 255-256, figs. 25-26.

[84] *Idem,* "Herstellungsverfahren magischer Quadrate (III)", 193-226, esp. 200, fig. 10.

[85] *Idem, Un traité médiéval,* 40-43, esp. 41, fig. 16.

[86] Cf. Hermelink, "Die ältesten magischen Quadrate", 212.

[87] Sesiano, "Un traité persan", 93-95, figs. 25-26.

[88] Cf. Nowotny, "The Construction of Certain Seals", 51, figs. 11-13.

[89] Ver nota 78 y Sesiano, *Les carrés magiques dans les pays islamiques,* 90-91, figs. 139, 257-258 y 417-419.

[90] Los dos errores, que consisten en la confusión de 3 y 8 y repiten el error del cuadrado de orden 3 y dos de los tres del de orden 5, implican, como ya hemos comentado, una alta probabilidad de un original con numeración *abŷad.*

Estudio de los cuadrados mágicos en el manuscrito B de Azarquiel

Los cuadrados que aparecen en este manuscrito, sobre todo los de órdenes superiores (6, 7, 8 y 9), contienen una proporción de errores mucho mayor que los del manuscrito V. El problema pudo residir en el hecho de manejar varias fuentes [91], probablemente más antiguas y con diversos tipos de numerales poco conocidos por el copista, por lo que o bien los copiaría o bien los transcribiría con mayor o menor fortuna.

Cuadrados impares de orden 3, 5, 7 y 9

El sistema de construcción de estos cuadrados, mediante el método del diamante [92] o cuadrado oblicuo [93] (3, 5 y 9) está ya testimoniado en Ibn al-Hayṯam, según la fuente anónima del siglo XII anteriormente mencionada [94]. El método de las diagonales complementarias (7), por otro lado, estaría descrito como un caso particular de cuadrado de magia simple de orden impar en un ms. anónimo del s. XI [95], como ya hemos comentado.

Por lo que se refiere al cuadrado de orden 3, resulta interesante constatar que, igual que el de orden 4, presenta doble notación numérica en cada casilla, indoarábiga oriental y *abŷad,* aunque no siempre en el mismo orden. Parece que presenta un error [96].

[91] Posiblemente los cuadrados estén basados en más de una fuente, a juzgar por la doble notación en los de orden 3 y 4 y las numeraciones mixtas y múltiples errores que aparecen en los cuadrados de los órdenes superiores.

[92] Cammann, "Islamic and Indian (I)", 197, figs. 4c-d.

[93] Sesiano, "Quelques constructions des carrés", 251-262, esp. 253-254, figs. 6-8; *idem,* "Quelques méthodes arabes de construction", 58-59, e *idem,* "Une compilation arabe", 141-143, figs. 4-9.

[94] Ms. Fatih 3439, f. 178r-182r. Ver Sesiano, "Herstellungsverfahren magischer Quadrate (I)", 187, n.º 3 y 191-192 e *idem,* "Une compilation arabe", 141-143, figs. 4-9.

[95] Sesiano, *Les carrés magiques dans les pays islamiques,* 29-30.

[96] El 8, en numeración indoarábiga oriental, quizás defectuoso en el original, parece haberse interpretado como un 1.

Figura 15.—ms. B, O.3.

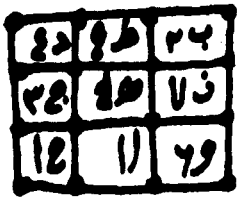


Figura 16.—ms. B, O.3 corregido

4	9	2
3	5	7
8	1	6

El cuadrado de orden 5, a diferencia del cuadrado del ms. V, está en *abŷad.* Este cuadrado está documentado en Ibn al-Hayṯam, según la fuente anónima del XII [97], así como en un ms. anónimo del siglo XI [98], en Moschopoulos (s. XIV) [99], *Agrippa* y los amuletos planetarios [100] y en al-Fullānī al-Kišnāwī (s. XVIII) [101]. El cuadrado del manuscrito B de Azarquiel presenta dos errores [102].

Figura 17.—ms. B, O.5

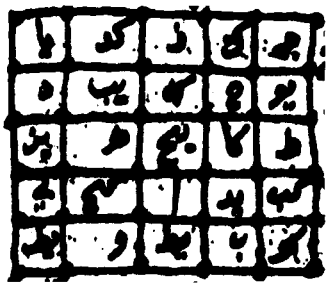


Figura 18.—ms. B, O.5, corregido

11	24	7	20	3
4	12	25	8	16
17	5	**13**	21	9
10	18	1	14	22
23	6	19	2	15

[97] Sesiano, *Les carrés magiques dans les pays islamiques,* 23-29, esp. 26, figs. 34, 256 y 415; *idem,* "Herstellungsverfahren magischer Quadrate aus islamischer Zeit (II)", *Sudhoffs Archiv. Zeitschrift für Wissenschaftgeschichte,* 64 (1980), 187-196, esp. 190, figs. 1-2 e *idem,* "Quelques méthodes arabes de construction", 58-59.

[98] *Idem, Un traité médiéval,* 32-35, esp. 33, fig. 17.

[99] *Idem,* "Les carrés magiques de Manuel Moschopoulos", 382.

[100] Ver nota 78.

[101] Basado esencialmente en al-Šabrāmallisī, c. 1600. Ver Sesiano, "Quelques méthodes arabes de construction", 54.

[102] Confusión de 8 por 3 (en la casilla central), uno de los errores más habituales en la transcripción de notación alfanumérica *abŷad,* y repetición de un número por error (el 19 en su casilla y en la que correspondería al 23) también frecuente.

El cuadrado de orden 7, en numeración indoarábiga oriental y construido con el método de las diagonales complementarias, es igual al de orden 7 del ms. V, pero presenta nueve errores [103].

Figura 19.—ms. B, O.7.

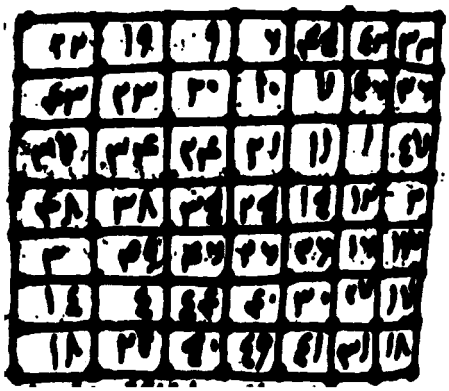


Figura 20.—ms. B, O.7, corregido

22	19	9	6	45	42	32
33	23	20	10	7	46	36
37	34	24	21	11	1	47
48	38	35	25	15	12	2
3	49	**39**	**29**	**26**	16	13
14	4	**43**	40	30	27	17
18	**8**	**5**	**44**	41	31	**28**

El cuadrado de orden 9, escrito en notación alfanumérica *abŷad,* está testimoniado ya en el manuscrito anónimo del s. XI [104] y en Moschopoulos [105]. También se corresponde con los de Paolo dell'Abaco, *Agrippa,* Cardano, Paracelso y la tradición de los amuletos planetarios [106]. Es el único de las dos series (V y B) que coincide con el ms. latino Viena 5239 [107]. Presenta 21 errores [108].

Sesiano [109] ofrece un ejemplo para los cuadrados mágicos construidos por medio del movimiento del salto de caballo del ajedrez en el que las filas coinciden con éste de Azarquiel, aunque distribuidas en un orden distinto.

[103] Confusión entre los números 4 y 3 en la primera casilla de la segunda fila y en la tercera casilla de las filas quinta y sexta; la quinta fila presenta además 6 por 9 y 3 por 2 y en la séptima hay cuatro errores sobre siete: 9 por 4; 1 por 2; 50 por 5 y en la segunda casilla un injustificable 27 por 8.

[104] Sesiano, *Un traité médiéval,* 34-35, n.º 61, fig. 8.

[105] *Idem,* "Les carrés magiques de Manuel Moschopoulos", 382.

[106] Ver nota 78.

[107] Texto trascrito y traducido por Sesiano, "Magic Squares for Daily Life", 715-734.

[108] Los cuadrados de orden 9 y 8 presentan un cúmulo de errores injustificables que resulta inútil detallar. Algunos responden a una cierta lógica, como la repetición de un número o la continuación de una serie a partir de un número erróneo y otros parecen tener un origen paleográfico.

[109] Sesiano, "Construction of Magic Squares".

Figura 21.—ms. B, O.9.

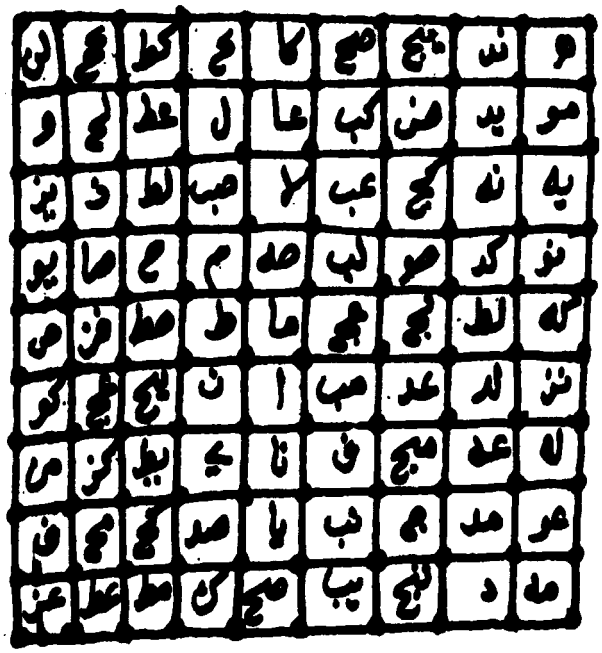


Figura 22.—ms. B, O.9 corregido

37	78	29	70	21	**62**	13	54	5
6	38	79	30	71	22	**63**	14	46
47	7	39	**80**	31	72	23	55	15
16	**48**	8	40	**81**	32	64	24	56
57	**17**	49	9	41	73	33	**65**	25
26	**58**	18	50	1	42	74	34	**66**
67	27	**59**	10	51	**2**	43	75	35
36	**68**	**19**	**60**	11	52	3	44	76
77	**28**	**69**	20	**61**	12	53	4	45

Cuadrados «parmente» pares de orden 4 y 8

El cuadrado de orden 4 presenta, como el de orden 3, doble numeración en cada casilla, indoarábiga oriental y *abŷad,* no siempre en el mismo orden.

Figura 23.—ms. B, O.4.

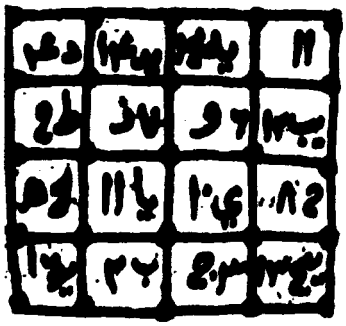


Figura 24.—ms. B, O.4. Transcrito

4	14	15	1
9	7	6	12
5	11	10	8
16	2	3	13

El cuadrado de orden 8 presenta únicamente numeración indoarábiga oriental. Se trata de un cuadrado pandiagonal, descrito ya en la fuente anónima del s. XI [110] que no menciona, sin embargo, esta importante característica, y presenta 15 errores [111].

[110] Sesiano, *Un traité médiéval,* 44-45.

[111] Como se ha visto en el cuadrado de orden 9 de este mismo manuscrito, la multiplicidad de errores, la mayoría de ellos sin justificación paleográfica, hace inútil su enumeración. Citaremos el error, ya encontrado en el cuadrado de 7, de escribir 50 por 5, lo que produce una repetición en la penúltima fila del 50 de la primera y la confusión no infrecuente entre 2 y 3 ó 7 y 8, aparte de la confusión entre 3 y 8, error que sugiere como ya hemos comentado (ver nota 64) un original en *abŷad.*

Figura 25.—ms. B, O.8.

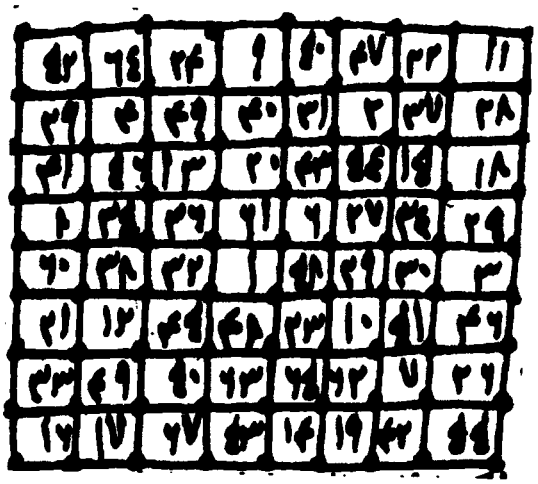


Figura 26.—ms. B, O.8 corregido

52	**45**	24	9	50	47	22	11
29	4	**57**	40	31	2	**59**	**38**
41	56	**12**	20	43	54	15	18
8	**25**	36	61	6	27	34	**63**
60	**37**	32	1	58	**39**	30	3
21	12	**49**	48	23	10	51	46
33	**64**	**5**	**28**	**35**	62	7	26
16	17	**44**	53	14	19	42	55

Cuadrado «imparmente» par de orden 6

Este cuadrado está escrito en *abŷad* y plagado de errores. El método de construcción podría corresponderse *mutatis mutandis* con el usado en el ms. V. Sin embargo, hay que decir que los cuadrados de orden 6 no parecen haber gozado de un método sistemático de cons-

trucción hasta finales del siglo XI [112] o inicios del XII [113]. De hecho, los cuadrados imparmente pares fueron los más difíciles de sistematizar, puesto que no admiten la aplicación de los métodos que funcionan sin problema en los otros casos (impares y parmente pares) [114]. Concretamente este cuadrado del ms. B es un cuadrado extremadamente corrupto, por lo que carece de sentido la corrección de los errores.

Figura 27.—ms. B, O.6.

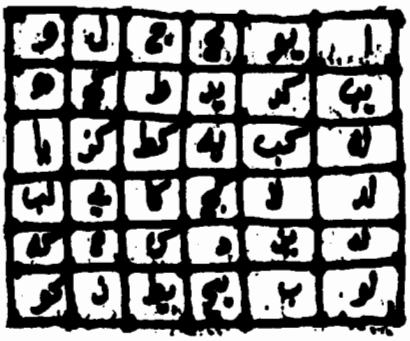


Figura 28.—ms. B, O.6. Transcrito

6	30	3	33	16	1
5	28	9	14	24	12
11	27	29	15	22	35
32	10	21	23	31	34
25	8	20	4	17	35
26	7	19	18	2	36

Conclusiones sobre los cuadrados de Azarquiel

En general, podemos decir que los métodos de construcción de los cuadrados que aparecen en los manuscritos de Azarquiel que nos ocupan son bastante sistemáticos:

Los cuadrados de orden impar (3, 5, 7 y 9) están construidos, esencialmente, con el método de las diagonales complementarias (especialmente en el ms. V) o con el método del diamante o cuadrado oblicuo (en general en el ms. B), que produce un cuadrado mágico similar al del método anterior.

Los de orden parmente par (4 y 8) se completaron, excepto el pandiagonal de orden de 8 del ms. B, con el método de puntuación, creado en principio para el cuadrado de orden 4 pero que se adaptó con facilidad a los otros cuadrados parmente pares, en este caso el de orden 8 de V.

[112] Sesiano, "Quelques constructions des carrés", 252.

[113] *Idem,* "Herstellungsverfahren magischer Quadrate (III)", 193-226, e *idem, Un traité médiéval,* 9.

[114] Savage, "Oddly-Even Magic Squares", 217.

El cuadrado de orden imparmente par (6) de los manuscritos que nos ocupan, especialmente el V, se basa en una adaptación de dicho método [115]. En el ms. B, cuajado de errores, parecen subyacer las vacilaciones propias de un método en vías de generalización en época de Azarquiel, aparte de los errores de copia.

Aunque Europa habría recibido, según los estudiosos [116], dos series de cuadrados de orden 3 a 9 de origen árabe, ninguna de ellas en su conjunto es exactamente igual a las que encontramos en los mss. de Azarquiel que nos ocupan, si bien la mayoría de estos cuadrados o, al menos, otros construidos con los mismos métodos sí se encuentran en parte de la tradición renacentista: *Agrippa,* Cardano y algunos de los amuletos planetarios.

En cambio, algunos cuadrados, básicamente los de orden 5 y 9, entre los impares, el pandiagonal de 8 y los imparmente pares, presentan un método de construcción diferente en las obras de Pacioli, Paracelso y el resto de los amuletos planetarios.

Por otra parte, los cuadrados de orden 3 (aunque poco representativos como ya hemos comentado) y 7 de Azarquiel (B y V) son dextrorsos a diferencia de los de Pacioli, Paracelso y los amuletos planetarios que son, en general, sinistrorsos.

Curiosamente, los cuadrados de orden impar de los manuscritos de Azarquiel V y B son todos dextrorsos, mientras que los de orden parmente par e imparmente par son sinistrorsos, a excepción del cuadrado pandiagonal de orden 8 del ms. B.

Todo ello nos habla de más de una fuente, no tanto en el ms. V, que es más regular, aunque muestra un cuadrado en notación alfanumérica *abŷad,* sino especialmente por lo que se refiere al ms. B, que presenta además la coexistencia de diversas grafías en un mismo cuadrado y en los diferentes cuadrados y multitud de errores. Además el cuadrado de orden 7 de B (8 errores) es igual al de V (1 error). V podría, pues, haber sido uno de las fuentes indirectas de B, a pesar de que entre los 8 errores del ms. B no figura el único error del V.

Por otra parte, Azarquiel no tiene ningún cuadrado con bordes ni ninguno que se corresponda con un sistema de construcción de este

[115] Para una descripción del método usado en el cuadrado de 6V cf. Nowotny, "The Construction of Certain Seals", 51 y Sesiano, "Un traité persan", 93-95, figs. 25-26.

[116] W. Ahrens, S. Cammann, H.S. Schuster, H. von Hermelink, M. Folkerts y J. Sesiano, entre los más importantes.

tipo, uno de los más antiguos en el mundo musulmán (*Quadratus Mirabilis*), según Sesiano [117]. Este sistema, descrito por Ibrāhīm al-Zinjānī (s. XIII) [118] se encontraba, al parecer, ya en embrión en Abū l-Wafā al-Būzŷānī (940-997/998) [119], y fue desarrollado por 'Alī b. Ahmad al-Anṭākī (m. 987) [120].

Los métodos generales para los cuadrados de magia simple, como los de los manuscritos de Azarquiel, aunque fáciles de memorizar y aplicar son posteriores al descubrimiento de los métodos de construcción de cuadrados con bordes, puesto que los primeros requieren consideraciones globales y una reflexión teórica mucho más elaborada que la de la construcción de un «borde» aislado [121]. De hecho, el método de construcción que da lugar a los parámetros concretos de los cuadrados de orden 3, 4, 6 y 8 del ms. V y los de orden 5, 9, y probablemente 6, del ms. B está descrito en el tratado anónimo del siglo XI traducido por Sesiano [122]. Además, en el ms. B encontramos excepcionalmente un cuadrado pandiagonal (orden 8), construcción conocida ya en el siglo X pero cuyo método general de construcción no se desarrolló hasta el siglo XI.

Todo ello nos lleva a considerar la posibilidad de que la estructura de los cuadrados en estos manuscritos, en general sistemática respecto al método de construcción, sea contemporánea de Azarquiel.

Finalmente, respecto a la grafía de los números en ambos manuscritos, cabe destacar que las cifras en numeración indoarábiga oriental de los cuadrados del ms. V son bastante regulares [123] y de forma más moderna que los del B [124]. En cambio, en el ms. B encontramos múlti-

[117] Sesiano, "Un traité persan", 80, e *idem, Les carrés magiques dans les pays islamiques,* 124-125.

[118] Ms. Feyzullah, Ef.1362. Ver Sesiano, "Herstellungsverfahren magischer Quadrate (II)", 251, n.º 1.

[119] Sesiano, "Le traité d'Abū l-Wafā'", 121-244.

[120] *Idem,* "Quadratus Mirabilis", en J.P. Hogendijk y A.I. Sabra (eds.), *The enterprise of Science in Islam. New Perspectives,* Cambridge Mass., 2003, 199-233.

[121] *Idem,* "Le traité d'Abū l-Wafā'", 193, n.º 4.

[122] *Idem, Les carrés magiques dans les pays islamiques,* 29-30, figs. 39-40.

[123] Salvo ciertas vacilaciones en el cuadrado de orden ocho, como el 9 del 39 (por 29), que parece corresponder en realidad a un 8 corregido (fig. 11). Por otro lado, la diferencia entre el 3 y el 2 está a veces poco marcada, lo cual podría explicar algunos errores como el de las casillas 43 y 36 del cuadrado de orden siete.

[124] Ver, por ejemplo, Kunitzsch, *Zur Geschichte,* esp. el cuadro de la página 39 y Burnett, "Indian Numerals", esp. las tablas de las páginas 265-268.

ples vacilaciones: por ejemplo, los cuadrados de orden 3 y 4 presentan en todas las casillas doble numeración, indoarábiga oriental y *abŷad,* pero no siempre en este orden [125] y en otros cuadrados coexisten cifras más antiguas con otras de grafía moderna [126].

Recibido: 11/03/2008
Aceptado: 05/06/2008

Umayya b. ʻAbd Al-ʻAzīz

Umayya b. ʻAbd Al-ʻAzīz, Abu l-Ṣalt Al-Dānī Al-Ishbīlī, Spanish Muslim scholar who has left especially significant works in the fields of medicine, the natural and astronomical sciences and music (460-528/1068-1134).

1. Life

Probably born at Denia, he acquired a vast knowledge from his teacher, the *ḳādī* al-Waḳḳāshī [*q.v.*], inheriting from him an encyclopaedic knowledge of the sciences. He may have studied at Seville, but in 489/1096 arrived in Fāṭimid Egypt, where the caliph's vizier al-Afḍal had a lively interest in astronomy and soon introduced Abu l-Ṣalt to the caliphal court. It was in Egypt that he lectured and composed his most important works. But in *ca.* 500/1106-7 he fell into disgrace, allegedly, says Ibn Abī Uṣaybiʻa, because he failed to make materialise his promise to raise and keep afloat a ship with its valuable cargo which had [837] // sunk off Alexandria. He was imprisoned by the angry caliph for three years, which he used for study and composition. On being freed, he intended to return to al-Andalus via al-Mahdiyya [*q.v.*], capital in Tunisia of the Zīrids, but was so well received by the ruler ʻAlī b. Yaḥyā that he remained at his court, as eulogist and chronicler, for the rest of his life, dying there. Abu l-Ṣalt had a son, ʻAbd al-ʻAzīz, who was also a great poet. On both the historical and literary levels, Abu l-Ṣalt was an important source for many later authors, such as Ibn Abī Uṣaybiʻa, Ibn al-Ḳifṭī, etc., and in their works numerous fragments of his works are given.

He was an abundant and eclectic author —medical man, philosopher, astronomer, musician, historian and poet, though he had no interest whatever in the religious sciences.

2. Works

Medicine. (a) *K. al-Adwiya al-mufrada*, of which Latin and Hebrew trs. were made, partial ed. Ibrāhīm b. Murād, in *al-Ḥayāt al-Thaḳafiya*, iv/3 (1979), 153-68, ed. al-Khaṭṭābī, in *al-Aghḍhiya wa l-adwiya*, 8. See Steinschneider, in *Archiv für Pathologische Anatomie und für Klinische Medicin*, xciv (1883), 28-50. (b) *K. al-Intiṣār li-Ḥunayn b. Isḥāḳ ʻalā Ibn Riḍwān*. (c) *Fi ʻl-ṭibb wa l-tandjīm wa l-alḥān*. (d) *K. al-Intiṣār fī uṣūl al-ṭibb*. On his place in the history of medicine, see Leclerc, *Histoire de la médecine arabe*, Paris 1876, ii, 74-5.

Philosophy. (a) *Taḳwīm al-dhihn*, a treatise on Aristotelian logic, Span. tr. and study by A. González Palencia, *Rectificación de la mente*, Madrid 1915.

History. (a) *al-Risāla al-miṣriyya*, describing all he saw and those he met in Egypt, dedicated to the Zīrid prince Yaḥyā b. Tamīm, father of ʻAlī b. Yaḥyā, often cited by al-Maḳrīzī in his *Khiṭaṭ*, ed. Cairo 1951, and also in Hārūn, *Nawādir al-makhṭūṭāt*, i, 5056, partial tr. in A.L. de Prémare, in *MIDEO* (1964-6), 179-208. (b) *al-Dībādja fī mafākhir Ṣanhādja*, on the Zīrid dynasty, known from citations in later North African historians; see Idris, *Zīrīdes*, i, Introd. pp. xvii ff. (c) *Fi l-adab wa l-ʻarūḍ wa l-taʼrīkh*. (d) *Taʼrīkh*, cited by Ibn al-Abbār and al-Balafīḳī.

Literature. (a) *K. Ḥadīḳa*, a poetical anthology on the model of al-Thaʻālibī's *Yatīma*, extracts cited by ʻImād al-Dīn in his *Kharīdat al-ḳaṣr, ḳism shuʻarāʼ Miṣr*, Cairo 1951-2, and ed. al-Dasūḳī and ʻAbd al-ʻAẓīm, Cairo 1964. (b) *K. al-Mulaḥ al-ʻaṣriyya*, dedicated to the poets of al-Andalus. (c) Eulogising poems addressed to al-Afḍal and Yaḥyā b. Tamīm, plus many other poems on varied themes. All these are now lost, but with numerous extracts in Ibn Abī Uṣaybi'a and al-Maḳḳarī. (d) *Dīwān*, ed. M. al-Marzūḳ, Tunis 1974, and see J. Calvo Puig, in *Canfali* (1985), 16. (e) Different meanings of the word *nuḳṭa*. (f) *Dīwān rasāʼilihi*. (g) *Fi l-funūn*.

Astronomy. (a) *R. fi l-ʼamal bi l-asṭurlāb*, analysis in J.M. Millás Vallicrosa, *Assaig d'història de les idees físiques i matèmatiques a la Catalunya medieval*, Barcelona 1931, 75-81. (b) *Ṣifat ʻamal ṣafīḥa djāmīʻa taḳawwama bihā djāmiʼ al-kawākib al-sabʻa*, the last of the equatoria of al-Andalus, studied by E.S. Ken-

nedy, in *Physis*, xii (1970), 73-81, repr. in *Studies in the exact sciences*, Beirut 1983, 481-91, and by M. Comes, *Ecuatorios Andalusíes: Ibn al-Samḥ, al-Zarqalluh y Abū-al-Ṣalt*, Barcelona, 1991. (c). *K. al-Wadjīz fī ʻilm al-hayʼa*, a summary of astronomy, regarded, however, as useless by the Fāṭimid astronomer Ibn al-Ḥalabī. (d) *Adjwiba ʻan masāʼil suʼila ʻanhā fa-adjāba*, the solution of six astronomical problems with the help of geometrical drawings.

Geometry. (a) *K. fī l-handasa (wadjīz)*. (b) *al-Iḳtiṣār fī l-handasa*. (c) A *mukhtaṣar* of Euclid's *Elements*, according to Ibn Khaldūn.

Music. (a) *R. fī ʻl-mūsīḳā*, see on it H. Avenary, in *Musica Disciplina*, vi (1952), 27-32, and in *Yuval*, iii (1974), 7-84; also I. Adler, *Hebrew writings concerning music in manuscripts and printed books from Geonic times up to 1800*, in *Repertoire internat. des sources musicales*, série B, ix/2, Munich 1975, 9-35.

According to the Arabic sources, Abu l-Ṣalt played the lute very well, and he seems to have introduced Andalusī music into Tunisia. He seems also to have undertaken the composition of an encyclopaedia on the scientific disciplines of the *Quadrivium*, and from some indications in Hebrew translations of his works, it apparently dealt with geometry, astronomy, arithmetic and music. The major part of the Hebrew translation made in 1395 by Benvenist ben Lavi of an arithmetical commentary by Abu l-Ṣalt (and also of a musical text) is in fact a translation of the relevant section of Ibn Sīnā's *Shifāʼ*. See T. Langermann, Un nouvel extrait de l'ouvrage des nombres amiables. Le témoignage des textes hebreux médiévaux, in *Arabic Science and Philosophy*, vi (1996), 63-87. On Abu l-Ṣalt and the history of science in Muslim Spain, see J. Samsó, *Las ciencias de los antiguos en al-Andalus*, Madrid 1992, 310-17. Abu l-Ṣalt is cited by many Jewish authors, such as Samuel of Marseilles and Isaiah ben Isaac ben Nathan of Cordova (both 14th century) and Profiat Duran (15th century).

Bibliography (in addition to references in the article):

1. Sources. Ibn al-Abbār, *Takmilat al-Ṣila*, Algiers 1920, 539; Dhahabī, *Siyar aʻlām al-nubalāʼ*, xix, 634-5 no. 375; Yāḳūt, *Irshād*, ed. Margoliouth, ii, 361-3 no. 133; Ibn Khallikān, ed. ʻAbbās, i, 243-7 no. 104, tr. de Slane, i, 228-30; Ibn al-Ḳifṭī, 237; Ibn Saʻīd, *Mughrib*, Cairo 1953, i, 256-7, no. 186; Ṣafadī, *Wāfī*, ix, 402 no. 4333; Ibn al-ʻImād, *Shadharāt*, iv, 83-5, 144; Suyūṭī, *Ḥusn al-muḥāḍara*, i, 232; Ḥādjdjī Khalīfa, vi, 430.

2. Studies and reference works. Pons Boigues, 198-201 no. 159; Suter, *Mathematiker*, 115 no. 272; Steinschneider, in *Virchows Archiv*, xciv, 28-65; J.A. Sánchez Pérez, *Biografías de matemáticos árabes que florecieron en España*, Madrid 1921, 130-2; Brockelmann, I[2], 641, S I, 889; Ziriklī, *A'lam*[1], ii, 23; MJ. Rubiera Mata, *Literatos del Sharq al-Andalus. Abu-ṣ-Ṣalt de Denia e Ibn Diḥya de Calpe*, in *Revista del Instituto de Estudios Alicantinos*, XXXVI (1982), 33-43; M.I. Fierro, *HATA* (database of Andalusī scholars, in course of preparation).

Alfonso X's Armillary Sphere

1. Introduction

The aim of this paper is to discuss the armillary sphere described by Alfonso X (middle 13th c.) in his 'Libro de las Armellas', which belongs to the *Libros del Saber de Astronomía*.

I will also compare this instrument with other similar examples and discuss its significance within the tradition of armillary spheres.

2. The Armillary Sphere

The armillary sphere is an astronomical instrument consisting of several nesting rings, representing the circles of reference of the celestial vault.

Alfonso's armillary sphere is inspired by the Arabic tradition of astronomical instruments, which in turn is based on Ptolemy's *astrolabon* and *meteoroscope*.

We also know of very old Chinese armillary spheres (which were equatorial instead of ecliptical, and had sighting tubes instead of rings or alidades with sights) and of some old Indian examples, although they are of a different kind.

3. Ptolemy's instruments

In the *Almagest*, Ptolemy describes an instrument called the *astrolabon*, composed of seven rings and used to observe the celestial objects, mainly stars, in

order to determine their relative positions in the sky. In Ptolemy's *Geography* there is a mention of a similar instrument, the *meteoroscope*, composed of nine rings (adding the equator and an azimuthal ring), which is used mainly to solve problems of geography and spherical astronomy. Theon is the author of the first extant detailed description of this instrument.

3.1. Ptolemy's Astrolabon

The *astrolabon* contains the following rings:

1) ecliptic ring
2) ring of the solstitial colure
3) first ring of longitudes
4) second ring of longitudes
5) ring of latitudes with sights
6) and 7) double meridian ring

3.2. Ptolemy's Meteoroscope

The *meteoroscope* contains the following rings:

1) ecliptic ring
2) ring of the solstitial colure
3) ring of longitudes
4) ring of latitudes
5) and 6) double meridian ring
6) equatorial ring
7) meridian supporting the equator
8) azimuthal ring

4. Arabic Armillary Spheres[1]

Both the *astrolabon* and the *meteoroscope* had a deep influence on the Arabic tradition of armillary spheres. Until the invention of the telescope, most Islamic and European observatories would have had an *astrolabon*, and the *meteoroscope* is described in a number of Arabic treatises. The *meteoroscope* is attributed to Theon of Alexandria (5th c.) one of the authors who wrote commentaries on the Almagest and the first to describe this instrument in great detail.

In the Islamic milieu, however, a third instrument consisting of a combination of the *astrolabon* and the *meteoroscope* was developed. This instrument could be used for observation as well as for calculation.

The armillary sphere, of the first, second or third type, is called *Dhāt al-ḥalaq* in Arabic.

4.1. Arabic texts

Armillary spheres would have been found in almost every Islamic observatory,[2] but none have survived. However, we have several treatises describing the construction and use of these instruments.

1) On the *astrolabon*:
   a) the *Risāla ma'rifat kayfiyyat al-arṣād wa-l-'amal bi-dhāt al-ḥalaq*[3] by Ḥabash al-Hāsib (d.865), one of the astronomers repeatedly mentioned in al-Andalus, although not in connection with the armillary sphere. The text consists of a brief description of the *astrolabon* plus a few applications of the instrument.

1. See M. Comes's paper 'The Islamic Armillary Spheres', delivered at the 5th International Symposium on the History of Arabic Science (Granada, 1992).

2. A. Sayili, *The Observatory in Islam and its Place in the General History of the Observatory*, Ankara, 1988.

3. MS. Istambul, Ayasofia 1654, ff. 100v-109v.

b) Mu'ayyad al-Dīn al-'Urḍī's *Risāla* on the construction of the instruments for the observatory of Marāgha (*fl*. ca. 1270).[4]

2) On the *meteoroscope*:
   a) the *Kitāb al-'amal bi-dhāt al-ḥalaq li-Thāwūn al-Iskandarī* (12th. c).
   b) the *Kitāb tafsīr dhāt al-ḥalaq allatī dhakara-ha Thīyūn al-Iskandarī* (13th c.).[5]

3) On the mixed instrument:
   a) the *Risāla fī dhāt al-ḥalaq*[6] by Ya'qūb b. Isḥāq al-Kindī (d. 870). A treatise on the construction and use of a combination of the *astrolabon* and *meteoroscope*.
   b) the *Risāla fī'l-'amal bi-l-ālat al-falakiyya al-ma'rūfa bi-dhāt al-ḥalaq* by Dunas ibn Tamīm.[7]

4.1.1. Dunas's relationship with al-Andalus

The instrument described by Dunas ibn Tamīm, although different, bears some relation to the Alfonsine translation of an Arabic source on the construction of the instrument, written by Azarquiel (11th c.). There are, however, differences between the two texts, especially in the second part, on the use of the instrument (an original work by Alfonso); the Alfonsine text deals with 70 problems, while Dunas's book contains only 43.

Dunas's instrument could have been known in al-Andalus around the middle of the 10th century. Dunas maintained correspondence with Ḥasday ibn Shaprut of Cordova, 'Abd al-Raḥmān III's Jewish physician, and wrote a book answering several questions dealing with astronomical and cosmological problems that Ḥasday had raised.

4. H. J. Seemann, 'Die Instrumente der Sternwarte zu Marāgha nach den Mitteilungen von al-'Urḍī', *Sitzungsberichte der Physikalisch-Medizinischen Sozietät zu Erlangen* 60 (1928), pp. 15-126.

5. MSS. Bombay, ulla Firuz 86, ff. 58r-72r (12th c.) and Istanbul, Ahmet III 3505 ff. 117r-133v (13th c.).

6. G. Celentano, *L'epistola di al-Kindī sulla sfera armillare*, Naples, 1982.

7. MS. Istanbul, Ayasofia 4861. Modern foliation, 120 pages. See S.M. Stern, 'A Treatise on the Armillary Sphere by Dunas ibn Tamīm', *Homenaje a Millás-Vallicrosa*, CSIC, vol. 2, Barcelona, 1956, pp. 373-382

5. Alfonso's armillary sphere

5.1. The history of the text

Alfonso's armillary sphere is described in the 'Libro de las Armellas' belonging to the *Libros del Saber de Astronomía* in which the origin of the instrument is attributed to Ptolemy.

Between 1256 and 1259, King Alfonso X of Castile promoted the translation of a series of Arabic treatises on astronomy, mainly devoted to astronomical instruments. When his collaborators could not find a special treatise on a particular topic, the king ordered a new text to be written. This was often the case with astronomical instruments, because it was sometimes difficult to find the treatise on construction or the treatise on use, and hence it was necessary to complete the tandem.

Around 1276-1277 the king decided to put together all the treatises in a codex, known as the 'Libros del Saber de Astrología' or 'Astronomía' (at that time the two terms had the same meaning).

Although it has repeatedly been stated that the codex was copied in Toledo, most recent investigations tend to consider that it was written in Seville, the king's favourite residence. There, the codex was translated into the Tuscan language by Gueruccio, figliolio di Cione Federighi, in 1341. The codex remained in Seville until the 16th century.

From Seville, the codex travelled to Alcalá, where it was kept until the 19th century. The copies we have were made while the codex was in Alcalá, including the copy made by Diego de Valencia with drawings by the famous painter and architect Juan de Herrera for Prince Carlos in 1562, kept today in El Escorial. Finally, in 1841, Queen María Cristina, ordered the codex to be sent to the University of Madrid. Between 1863 and 1867, Manuel Rico y Sinobas undertook the first edition of the text, which is the best known and most used.[8]

8. The extant manuscripts are Universidad Complutense, ms. Villa Amil, 156 (royal codex 1276-7) (Facsimile edition: Barcelona, 1999); Escorial, ms. H.I.1 (1562) (it does not contain the *Libro de las armellas*); Escorial, Real Biblioteca, VII.9 (end 16th c.); Madrid, Biblioteca Nacional, ms. 1197 (16th c.) (it does not contain the *Libro de las armellas*); Madrid, Biblioteca Nacional, ms. 3306 (15th c.); Madrid, Real Academia de la Historia, ms. 9/5707 (beginning 16th c.); Oxford, Bodleian Library, Canon. Misc. 340 (15-16th c.) (it contains only the *Libro de las armellas*); Biblioteca Vaticana, Vat. Lat. 8174 (1341, Tuscan version). The collection has been edited three times: Manuel Rico y Sinobas, *Libros del Saber*

5.2. The instrument

The armillary sphere described in the *Libros* belongs to the third type of Arabic armillary sphere, as it presents features of both the *astrolabon* and the *meteoroscope*. It consists of eleven rings,[9] or ten, if, as the text suggests, the 'armella' of the latitudes with sights is replaced by an alidade.

In the Alfonsine translation of Azarquiel's treatise we find some features that appeared in earlier Arabic treatises. However, the instrument differs from the known examples because the outer meridian ring is replaced by the upper half of an altitude ring plus an auxiliary altitude 'armella'.

The 'Libro de las Armellas' is divided into two sections, as is usual in Alfonso's books on instruments.

1) The first part is the Old Castilian translation of Azarquiel's treatise on the construction of the armillary sphere.
2) The second is an addition by Alfonso's collaborators dealing with the use of the instrument.

5.3. The attribution to Azarquiel

Although the attribution to Azarquiel has been questioned, several points confirm that it is a translation of an original by this scholar.

First of all, the text states this explicitly, and statements of this kind have never been questioned in other instances. In the case of the equatorium, Alfonso includes in the *Libros* not only one but two treatises, one by Ibn al-Samḥ and the other by Azarquiel, because the two instruments present major differences,[10] and the Arabic authorship has never been questioned.

---

de Astronomía, 5 vols., Madrid, 1863-1867; Ll. Kasten & J. Nitti, *Concordances and Texts of the Royal Scriptorium Manuscripts of Alfonso X, el Sabio*, The Hispanic Seminary of Medieval Studies, Madison, 1978; Anthony J. Cárdenas, *A Study and Edition of the Royal Scriptorium Manuscript of 'El Libro del Saber de Astrología' by Alfonso X el Sabio*, 4 vols., Ann Arbor, Michigan, 1992.

9. Called *armellas* in Old Castilian and *armillae* in Latin.

10. M. Comes, *Ecuatorios Andalusíes: Ibn al-Samḥ, al-Zarqālluh y Abū-l-Ṣalt*, Agencia Española de Cooperación Internacional-Instituto de Cooperación con el Mundo Árabe-Universidad de Barcelona-Facultad de Filología, Barcelona, 1991.

Secondly, the example of the *azafea* shows that when Alfonso says it is a translation from Azarquiel, this is indeed the case. This can be proved because Azarquiel's Arabic treatise on the use of the *azafea*, translated by the king's collaborators, is still extant.

Furthermore, the text gives the Arabic names of all the circles, etc.: this terminology is not found in the treatises on the use of instruments written by Alfonso's collaborators.

5.4. Contents of the two books

5.4.1. The treatise on the construction

The first book, devoted to the construction of the instrument, is a translation of a treatise by Azarquiel. It is divided into eleven chapters and deals with the standard topics in a book on the construction of an instrument: the applications of the instrument, the materials to be used, the best way to construct the instrument, how to make each ring or set of rings and how to set everything together. In a very technical way, it describes not only the meaning of the different rings, their size and shape and how to join them together (like the other known treatises), but also how to cut the rings, how to polish them, how to prepare the junctures and how to divide the 'armellas': that is to say, not only what the instrument should be like once it is finished, but also how to make it as perfect as possible, and how to achieve the desired objectives.

5.4.2. The treatise on the use of the instrument

Alfonso's text states that no book on the use of the instrument was available in his time, so he ordered one to be written. The book consists of 70 chapters — composed by 'nuestro sabio Rabiçac (Rabi Isaac) el de Toledo'— dealing with six different types of problems: 1) time reckoning (13 chapters); 2) astrological problems (13 chapters); 3) horizontal, equatorial and ecliptical coordinates and how to transform a set of coordinates into another one (33 chapters); geographical coordinates (5 chapters); 4) trigonometry (shadows) (1 chapter); 5) terminology (2 chapters) and 6) solar and lunar observations (3 chapters). This second book also contains a table of horizontal parallax (related to chapter

40) and a table of converse shadows (tangents) in connection with chapter 70.

5.5. Characteristics of the two texts

As is customary in Alfonso's treatises, two authors are involved: one wrote the treatise on the construction of the instrument, and the other the treatise on its use. This is reflected in several features of the texts.

Systematically, the index and the chapters show different spellings (yguador/eguador, dezima/dezena casa, etc). The Roman numerals also differ: VIIII/IX.

The following authors are quoted:

Construction: 1) Abuçah Azarquiel (the author) talks about Ptholomeo (as the first to describe this instrument, although according to Azarquiel the instrument existed before him); 2) Abriches, Memun Auddala, fijo de Haron Arraxit, Mohamat fijo de Cinen el Bateni (that is Hipparchus, al-Ma'mūn and al-Battāni).

Use: Aben Mohat, Phtolomeo, el Bateni, Hermes (Ibn Mu'adh al-Jayyānī, Ptolemy, al-Battānī and Hermes).

5.6. Structure and details of the construction:

Alfonso's instrument consists of the following rings and pieces:

1) Supporting piece or foot of the instrument. It is a fixed piece (in the figure, it is the blue T-shaped piece)
2) *Armilla mayor* (prime vertical circle). This is also a fixed piece, supported by the foot of the instrument. It is graduated from 0º to 360º, the initial 0º being at one of the horizontal ends. In the inside part of the zenith there would have been a small peg to allow the following piece to turn horizontally.
3) Turning set placed inside the *armilla mayor* and composed of:
   a) *Medio cerco de altura* (half cercle of altitude) and its support. This set is made up of two rings fixed perpendicularly and turns horizontally. The *Medio cerco de altura* is divided into two series going from 0º to 90º, starting at the intersection with the second ring of the set, the *Armilla del leuador del medio cerco de altura*.

b) *Armilla del leuador del medio cerco de altura* (carrier of the half circle of altitude: red in Alfonso's figure) has no graduation. It is joined to the horizon ring and carries the *Medio cerco de altura* (half circle of altitude).

4) A set fixed to the foot, like the *armella mayor*, composed of two fixed rings intersecting at a right angle:
   a) *Armilla del mediodía* (meridian ring), a graduated ring placed vertically, parallel to the *armilla mayor*.
   b) *Armilla del horizonte* (horizon ring), fixed at a right angle to the meridian ring. Its graduation, in four series going from 0° to 90°, starts at the intersections with the meridian (points North and South) and ends at the East and West points.

5) *Armella mayor de rectificar* (for observation) (turning ring with sights) Inside the meridian ring there is the *armella mayor de rectificar* (shown in black in the figure) turning in the plane of the meridian. The meridian ring would have had some way of holding this *armilla* in place. At two diametrically separate points of this ring are the pieces allowing the following set to turn.

6) A turning set is composed of:
   a) *Armilla de los polos* (polar ring**).** The two pieces mentioned above in the *armella mayor de rectificar* support the pivots of the *armilla de los polos* (blue in Alfonso's figure).
   b) *Armilla del yguador del día* (equator ring) intersecting the polar ring at right angle to 90° of the pivots. It is graduated from 0° to 360°, starting and ending at one of the intersections with the polar ring.
   c) *Armilla zodiacal* (ecliptic ring) intersecting the equator at an angle of 23;33°. The ecliptic ring is divided into the 12 signs of the zodiac, with each sign divided into 30°. The beginning of Aries and Libra coincide with the intersections of the ecliptic and the equator.
   d) *Armella menor de rectificar* (latitude). Small ring for observation. It is a turning ring placed inside the *armilla de los polos*, which would have turned in the same plane. This suggests a sort of supporting peg or rail. It is graduated into four series from 0° to 90°. This is the smallest ring of the sphere and it has a complementary thin ring with a pair of sights, which could be replaced by an alidade.

6. Azarquiel's, Alfonso's or al-'Urḍī's alidade

Al-'Urḍī's and Azarquiel-Alfonso's armillary spheres share a special feature: the substitution of the latitude ring by an alidade.

During the second half of the thirteenth century, Mu'ayyad al-Dīn al-'Urḍī, the constructor of instruments for the Marāgha observatory, wrote a *Risāla* on the construction of these instruments[11], in which he describes an armillary sphere of only five rings plus an alidade. He says:

> Among the instruments which I made in the blessed observatory, is the instrument with five rings. Instead of the six rings mentioned by Ptolemy we need only five. Certainly we do not need nine rings, as mentioned by Theon of Alexandria.

So this armillary sphere is an *astrolabon*-type instrument, and hence different from Azarquiel-Alfonso's mixed instrument. However, they share an important improvement: the substitution of the Ptolemaic latitude ring by an alidade. As al-'Urdī explains, there are several reasons for this.

1) the construction is easier.
2) some of the errors in the practical application of the instrument, due to this ring, will disappear when using the rule with sights. If the instrument is large enough to ensure a certain precision, it could happen that the observer cannot see a specific star due to the enormous distance between the sights, because the diameter of the latitude ring will determine the distance between the sights; while in an alidade, the sights can be placed at the required distance regardless of its longitude.

The possibility of using this alidade to replace the latitude armilla, the first real improvement on the Ptolemaic Armillary sphere, is found at the same time in the Alfonsine translation of Azarquiel's lost treatise on the construction of the armillary sphere as well as in the description by the Marāgha astronomer al-'Urdī. The problem

11. H.J. Seemann, 'Die Instrumente der Sternwarte zu Marāgha nach den Mitteilungen von al-'Urḍī', *Sitzungsberichte der Physikalisch-Medizinischen Sozietät zu Erlangen* 60 (1928), pp. 15-126.

here is to determine whether this possibility was already found in Azarquiel's treatise or whether it is a later Alfonsine addition, either original or taken from al-'Urdī.

Arguments in favour of Azarquiel's authorship

1) There is no statement in the text showing that this feature is an improvement on the original. The text always refers to Azarquiel.
2) Azarquiel was, above all, an instrument builder; he was also attested as an observer, and this is a practical solution for an observational problem.
3) The use of Arabic terminology, usually found in the texts translated:

> Et si quieres escusar esta armella delgada poder lo as fazer poniendo una regla en el diámetro desta armella menor del rectificar. Et soldaras sus dos cabos dentro en la armella. Et después pornas una alhidada tall como la dell astrolabio con sus dos axatabas et sea su longura ygual a la alhidada que tu soldaste et después foradadras en medio destas dos alhidadas dos forados yguales et sea cadauno dellos en derecho dell otro et metras en ellos un clauo a que dicen en arábigo almehuar que es que es tall como el mehuar dell astrolabio et cuando reuolvieras esta alhidada do estan las dos axatabas andaran sus dos cabos delgados sobre el cerco de la ladeza así como andan en ell astrolabio sobrel archo de la altura.

Arguments for and against al-'Urḍī's authorship

1) The detailed explanation of the advantages of the alidade found in al-'Urḍī's treatise, compared with the description of its construction to replace the latitude ring with sights in the Alfonsine translation.
2) In 1416, al-Kāshī describes the armillary sphere of four rings with alidade although the seven-ring instrument he ascribes to the Marāgha observatory is described without the alidade.
3) Around 1562, 'Abd al-Mun'im al-'Amilī-i Fotunī of Isfahān again describes the alidade in a Persian reelaboration of al-'Urḍī's treatise.[12]

12. F. Bruin, 'The Construction of Instruments used for the Correction of Astronomical Tables by 'Abd al-Mun'im -'Amilī-i Fotunī (Isfahān, 1562 AD)', *Al-Birtuni Newsletter* 15 (Beirut, 1968).

Arguments for and against an Alfonsine addition

1) In their translations, the Alfonsine astronomers often interpolated new materials to improve them, often without any indication.[13]
2) Although Rabiçag was also a good astronomer and, when devising the treatise of use, might have thought of this improvement, he uses the *armella delgada* with sights instead of the alidade.

The relationship between Alfonso's and the Marāgha instruments

The relationship between the courts of Alfonso X and Hūlāgu Khan, the exchange of embassies, the coincidences between the works of both, etc. have already been studied.[14]

The construction of the Marāgha observatory began in 657/1259, under the reign of Hūlaghū and under the direction of al-Ṭūsī. In Māragha, astronomers such as Mu'ayyad al-Dīn al-'Urḍī and Muḥyī al-Dīn al-Maghribī worked on the construction of instruments and in the astronomical observations.

At the same time, with the collaboration of a group of mainly Jewish astronomers, Alfonso X undertook the translation of the best Arabic astronomical bibliography available, especially on the construction of astronomical instruments, and complemented these translations with original treatises or additions when he could not find an Arabic source or when he was interested in improving the source he had.

Samsó has shown that the *cuadrante sennero*, one of the very few observational instruments mentioned in Alfonsine astronomical works, bears a certain similarity to the double quadrant described by Mu'ayyad al-Dīn al-'Urḍī.[15]

13. See at this respect M. Comes, *Ecuatorios andalusíes*, pp. 164-5; J. Samsó, 'El tratado alfonsí sobre la esfera', *Dynamis* 2 (1982), pp. 57-73; J. Samsó, 'Qusṭā ibn Lūqā and Alfonso X on the Celestial Globe', *Suhayl* 5 (2005), pp. 63-79.

14. M. Comes, 'The Possible Scientific Exchange between the Courts of Hūlāgū and Alfonso X', *Sciences, Techniques et Instruments dans le Monde Iranien (xe-xixe siècle)*, Tehran, 2004.

15. H.J. Seemann, 'Die Instrumente der Sternwarte zu Marāgha...', pp. 5-126; J. Samsó, 'Tradición y originalidad en la obra astronómica de Alfonso X', *Conmemoración del Centenario de Alfonso X el Sabio*, Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid, 1984, pp. 9-22;

For the time being, until Azarquiel's original Arabic treatise on the construction of the instrument is found, this remains an open question, although the statements above seem to point to Azarquiel's authorship. If this is the case, the replacement of the latitude ring by an alidade with sights would have been an improvement devised in al-Andalus a couple of centuries before it was used in Marāgha.

7. Conclusions

The improvement described here was adopted not only in some of the following treatises on the construction of armillary spheres, for instance those by al-'Amilī or al-Kāshī,[16] but was also found in the armillary spheres of the most important Islamic observatories, such as Samarkand, Istanbul and Jaipur.

It seems that there was a copy of al-'Urḍī's armillary sphere at the Islamic observatory of Beijing, constructed in 1271, under Kublai Khan, although Matteo Ricci's description (1552-1610) talks about a sighting tube, as was usual in the Chinese armillary spheres.[17]

We also find the alidade solution in Europe: between 1488 and 1503, Bernard Walter (1430-1504), a follower of Regiomontanus (who admitted using Arabic sources), performed his observations in Nuremberg with an armillary sphere with an alidade.

E. Ausejo, 'Trigonometría y astronomía en el Tratado del Cuadrante Sennero (c. 1280)', *Dynamis* 4 (1984), pp. 7-22.

16. A. Sayili, *The Observatory in Islam*, 199, ''Alā al-Dīn al-Manṣūr's Poems on the Istanbul Observatory', *Belleten* xx (1965), pp. 411-84 and 'al-Khāzinī's Treatise on Astronomical Instruments', *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Cogragya Fakültesi Dergisi* xiv (1956), pp. 18-19; F. Bruin, 'The Art of Astronomical Observation and How it is Applied in Theory and Practice, Especially Concerning the Methods Leading to Information on the Motions of the Stars by Mu'ayyad al-Dīn al-'Urḍī of Damascus' and 'The Construction of Instruments used for the Correction of Astronomical Tables by 'Abd al-Mun'im al-Amilī-i-Fotuni', Isfahan 1562 *ad*. Preprints of *Al-Biruni Newslettter* n. 10 and 15 (Beirut, 1968); E.S. Kennedy, 'Al-Kāshī's Treatise on Astronomical Observational Instruments', *Journal of Near Eastern Studies* 20 (1961), pp. 98-108 and 'A Letter of Jamshīd al-Kāshī to his Father: Scientific Research at a Fifteenth Century Court', *Orientalia* 29 (1960), pp. 129-213 (reprinted in *Studies in the Islamic Exact Sciences*, Beirut, 1983, pp. 394-404 and 722-744).

17. There is a reproduction of the Beijing Islamic observatory armillary sphere, made by Huangfu Chung-Ho in 1437, in the Observatory of the Purple Mountain (Nanjin). A copy of it is kept at the Beijing Planetarium.

From the 13th century onwards, beginning with Alfonso, the armillary sphere passed from the Islamic observatories to Latin Europe. All the Western observatories used this instrument until the invention of the telescope. The last important observations with this instrument were made in Tycho Brahe's observatory in Uraniborg.

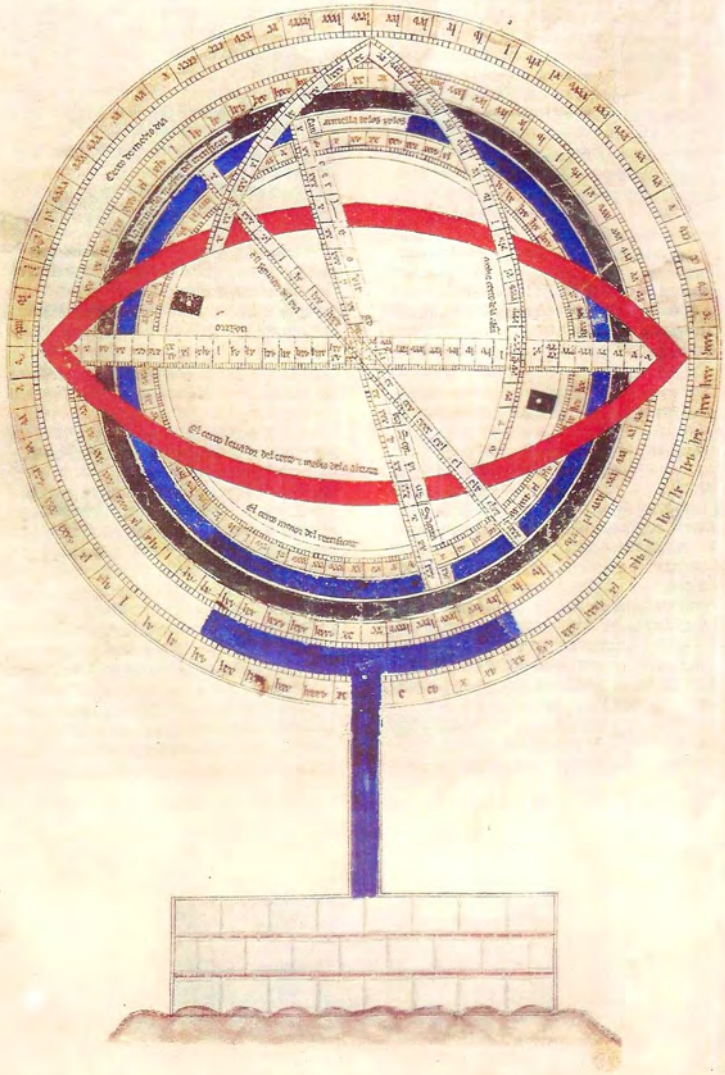
From this moment on, the armillary sphere became a small-sized instrument, mainly used for demonstration, which incorporated the planetary orbits and showed the different conceptions of the universe.

Work to be done

Alfonso's armillary sphere is a very complex instrument, which needs a more detailed study. Here I present a preliminary outline of the characteristics of the instrument, its relationship with similar Arabic instruments, etc., but a great deal of work remains to be done. In the near future my intention is to:

1) Edit and translate Dunas Ibn Tamīm's treatise. Compare it with Azarquiel's treatise in the Alfonsine version to establish whether Azarquiel followed Dunas.
2) Compare systematically the problems solved in Alfonso's treatise on the use of the instrument with the construction treatise to see whether or not there is a true dependence: this is not the case of other instruments in the *Libros* (for instance in the *Libro dell alcora*).
3) Compare these problems with those presented in other treatises on instruments (mainly alcora, astrolabes, universal plate and *azafea*) in the *Libros* —because most of them give similar solutions— to see whether the author relies on the other treatises or is offering original solutions.
4) Reconstruct Alfonso's armillary sphere, because this is the way to be absolutely sure of its usefulness, and to check whether there are errors in the description, or in the translation.

Once all this is done, we will be able to reach definitive conclusions on Alfonso's armillary sphere.



The 'meridian of water' in the tables of geographical coordinates of al-Andalus and North Africa[1]

Tables of geographical coordinates involve the use of two circles of reference: the terrestrial equator, from which latitudes are universally measured, and a conventional, and to some extent arbitrary, zero meridian used as starting point for reckoning longitudes. Following the Indian tradition, Arabic geographers and astronomers considered that the inhabited part of the world was the terrestrial hemisphere which extended 90° either side of a point on the equator called the 'cupola of the Earth', that is to say Arin.[2]

E. S. and M. H. Kennedy, in their comprehensive book *Geographical Coordinates of Localities from Islamic Sources*,[3] identify four base meridians, namely: the Canary Islands, employed in about half of their sources; the Atlantic shore of Africa, used by all the other sources except three; a meridian placed in the Far East, found in only two sources; and finally the meridian of Basra, employed in the remaining one.

1. This paper was presented at the XVIIIth International Congress of the History of Science (Hamburg, August, 1989). I want to express here my gratitude to Professors E.S. Kennedy, D.A. King and J. Samsó for their most useful comments on a first draft of this paper.

2. In this respect cf. J.T. Renaud, *Géograpie d'Aboulféda*, Paris, 1848 (reprint Frankfurt am Main, 1985), CCXXXII - CCLVII; and F. Sezgin, *The Contribution of the Arabic-Islamic Geographers to the Formation of the World Map*, Frankfurt am Main, 1987, 1-49.

3. E.S. & M.H. Kennedy, *Geographical Coordinates of Localities front Islamic Sources.* Frankfurt am Main, 1987. Cf. also M.H. Regier, 'Kennedy's Geographical Tables of Medieval Islam: an Exploratory Statistical Analysis', *From Deferent to Equant: a Volume of Studies in the History of Science in the Ancient and Medieval Near East in Honour of E.S. Kennedy*, edited by D. King and G. Saliba, New York 1987, 357-372, and E.S. Kennedy & M.H. Regier, *Prime Meridians in Medieval Islamic Astronomy-Vistas in Astronomy*, 28 (1985), 29-32.

However, at least a fifth base meridian must be taken into consideration. I refer to the 'meridian of water', so called because it was placed in the Atlantic Ocean, 27;30° to the west of the Canary Islands.[4] This meridian, which as we will see derived from that of the 'cupola of the Earth', // was employed mainly by geographers and astronomers of al-Andalus and western Maghrib and is attested in seven of the Islamic sources, besides another six sources which use a meridian probably derived from it.

The reason why this meridian was not identified in the above-mentioned book is that it was used only for western localities, and the authors, limited by statistical reasons, have probably conjectured the base meridian of each table by examining the longitudes of frequently occurring localities, usually eastern ones. But, in fact, most of the tables use two or more base meridians.

The first time we can find this meridian explicitly named is in the *Portuguese Almanac of Madrid* (1321),[5] where following the name of some localities the words *da terra* or *d'agoa* identify the meridian employed. However, implicit references pointing at the possible origin of this meridian are to be found in Spanish materials from the end of the 10th century onwards.

The most famous reference is found in the canons of the *Toledan Tables* attributed to al-Zarqālluh,[6] although this meridian was not employed in the Tables themselves. The translation of the relevant passage[7] is as follows:

> ...the longitude of the place called Toledo —for whose meridian the afore-mentioned radices have been established in this book— is at a distance of 4 and one tenth hours from the centre of the world, a place which is believed to be in India, that is to say in the city of Arin, the longitude of which from the east is 90°...

4. Cf. R. Laguarda, *Fundamentación histórica del descubrimiento de América*, Montevideo, 1988, 14-23, where he tries to show that the meridian of water corresponds to the Isle of Antilla.

5. Ms. 3349 of the Biblioteca Nacional de Madrid, cf. R. Laguarda, *Fundamentación histórica*, 40-42 and 63-64.

6. J. Kirtland Wright, 'Notes on the Knowledge of Latitudes and Longitudes in the Middle Ages', *Isis*, V (1923), 90, and J.M. Millás Vallicrosa, *Estudios sobre Azarquiel*, Madrid-Granada, 1943-1950, 49.

7. '...longitudo autem loci ad medium diem cuius radices predicte in hoc libro posite sunt qui Toletum dicitur, est 4 horarum spatium et decime unius hore a medio mundi qui locus creditur esse in India in cuitate scilicet que vocatur Arim, cuius longitudo ab oriente est 90 gradum...'.

The determination of the distance between Toledo and Arin, however it may have been arrived at,[8] had the consequence of necessitating a revision of the position of Toledo relative to the prime western meridian. These 4 and 1/10 hours between Arin and Toledo imply a longitude difference of 61;30°. Now, the longitude of Arin was 90° so the longitude for Toledo must be 28;30° from a hypothetical western meridian. But, Ptolemy, using as base meridian the Canary Islands, had placed Toledo at a longitude of 11°, consequently there is an implicit shift of the zero western meridian to 17;30° to the west of the Fortunate Isles.

// There are only two possibilities to account for a longitude for Toledo of 61;30° from Arin. The first is that the prime western meridian was still supposed to be at the Canary Islands, which then must be placed at 27;30° to the west of the shore of Africa. This assumption is really difficult to believe in experienced astronomers who were in fact working in al-Andalus and western Maghrib. The second is to think that to account for the time difference between Arin and Toledo, while keeping the traditional 90° between Arin and the first western meridian, these astronomers displaced the prime western meridian the afore-mentioned 17;30° to the west of the Ptolemaic prime meridian.

During my researches on tables of geographical coordinates, some new materials related to this new meridian have become available to me. Firstly, my colleague Margarita Castells, who is undertaking the edition and translation of the canons of *al-Zīj al-Mukhtaṣar*[9] by Ibn al-Ṣaffār (d. 1035), probably a summary or adaptation of Maslama's version of al-Khwārizmī tables, has drawn my attention to the following passage of the text:[10]

> I have established the radices in the tables of conjunctions and oppositions of this book for the meridian of Cordova. So, if you carry out the computation of an eclipse for the meridian of Cordova, then add to its time 4 1/5 hours, because this is the distance in time from the middle of the Earth, God willing.

8. Probably by means of simultaneous observation of a lunar eclipse as it is described in the *Jāmi' al-mabādi' wa-l-ghāya* by al-Marrākushī. Cf. J.J. and L.A. Sedillot, *Traité des instruments astronomiques des Arabes*, chapter LXVI, 312-314.

9. Ibn al-Ṣaffār, *al-Zīj al-Mukhtaṣar*, Ms. Paris B.N. Hebr 1102 (ff. 1-5r).

10. 'وضعت الأصل في جدول الاجتماعات والاستقبالات التي في هذا الكتاب على نصف نـــهار قرطبة فـــإذا أكملت تعديل الكسوف على نصف نـــهار قرطبة فزد على وقته أربع ساعات وخمس ساعة معتدلة فإن الوقت لوسط الأرض إن شاء الله'

Thus, according to Ibn al-Ṣaffār, Cordova is 4 1/5 hours, that is to say 63°, to the west of Arin, the centre of the world. But Ptolemy's longitude for Cordova is 9;20°. Arguing as before, we again determine the hypothetical western meridian implied in this text to be at 17;40° west of the Fortunate Isles.

One might expect that the adapters of al-Khwārizmī tables would have used his coordinates, unless new measurements had been made in Spain. Bearing in mind the hypothetical displacement of the western meridian implied in the canons of Ibn al-Ṣaffār, as well as the fact that he was a disciple of Maslama (d. 1007-1008), who was the first to introduce al-Khwārizmī tables in al-Andalus, I examined the canons and tables of the latter.

In fact, Neugebauer, in his translation of Athelard of Bath's Latin version of Maslama's revision of the astronomical tables of al-Khwārizmī,[11] gave me the clue. When dealing with mean syzygies and epoch values, // Neugebauer concludes that the time difference between the meridian of Cordova used in the tables for the computation of mean syzygies (tables 69 and 70) and the base meridian used in the tables of solar and lunar mean motion (tables 4 to 8) amounts to 4 hours and 12 minutes, that is to say 63° in longitude. He supposes that the second meridian could be that of Baghdad, although the figures do not fit very well. But, evidently, this is the same difference we found in Ibn al-Ṣaffār's canons, which means that the first implicit reference we have related to the possible origin of this, later called 'meridian of water', is due to Maslama.

On the other hand, the possibility that Arin was the second place fits very well with the fact that the tables of al-Khwārizmī were computed taking Arin as zero meridian and, on top of that, we find this figure in the appendix to the *Liber Universus* of 'Umar Ibn al-Farrūkhān al-Ṭabarī[12] which circulated in al-Andalus, where for a horoscope cast for the year 940, a time difference between the cities of Arin and Cordova of precisely 4 hours 12 minutes is stated.

Furthermore, in a later hand addition to the Corpus Christi College ms.[13] of the *Tables of al-Khwārizmī* we can find the following statement:[14]

11. O. Neugebauer, *The Astonomical Tables of al-Khwārizmī*, Copenhagen, 1962, 110-111.

12. D. Pingree, 'The "Liber Universus" of 'Umar Ibn al-Farrūkhān al-Ṭabarī', *Journal for the History of Arabic Science*, 1 (1977), 8-12.

13. Cf. O. Neugebauer, *The Astronomical Tables of al-Khwārizmī*. Particularly the appendix dealing with the ms. Corpus Christi College 283 (Fols. 114r to 145r).

14. 'Distancia tholeti a Wintonia.9. gradus.36. minute. Longitudo tholeti.28. gradus.39. minute ab occidente. Longitudo Wintonie.19. gradus.3. minute ab occidente'. Cf. Neugebauer, *op. cit.*, 229-230.

Distance from Toledo to Winchester: 9 degrees 36 minutes. Longitude of Toledo: 28 degrees 39 minutes from the West. Longitude of Winchester: 19 degrees 3 minutes from the West.

Implicit references of the same kind are to be found in the texts during the following five centuries. In the first half of the 11th century, the Qāḍī Ṣā'id of Toledo in his *Ṭabaqāt al-umam*[15] states that the longitude for Toledo is approximately 28°.

Next is Ibn Mu'ādh, who follows the tables of al-Khwārizmī and wrote in the second half of the 11th century his *Tabulae Jahen,*[16] where we can find the following of the above-mentioned references. The translation of the passage of the canons[17] is as follows:

//...you should know that we have established the *radices* of these mean [motions] for Jaen and that they are based on a longitude of 62° to the west from Arin...

That means that the longitude of Jaen would be 28° from the hypothetical first western meridian. In this case, we cannot compare this figure with Ptolemy's because this city does not appear in his tables. But we can see that the longitude given to this locality in the tables of Abū-l-Ḥasan 'Alī al-Marrākushī (1250) and Muḥammad b. Abī-l-Shukr al-Maghribi (1276) is 27;30°. And both belong to the group of authors who use for all the localities in al-Andalus and North Africa the new 'meridian of water'.

Furthermore, the difference in longitude between Toledo and Jaen in modern determinations is 34 minutes.

Also, probably at the end of 12th century, the canons of the zīj named *al-muqtabis* by Ibn al-Kammād,[18] very probably a disciple of al-Zarqālluh, include a statement[19] of the longitude of Cordova where the new meridian is used:

15. Cf. L. Richter-Benburg, 'Ṣā'id, the "Toledan Tables" and Andalusī Science', *From Deferent to Equant,* 389-399; and Ṣā'id al-andalusī, *Ṭabaqāt al-uman*, edited by Ḥayāt Bū 'Alwān, Beirut, 1985. The corresponding text is found in p. 157: 'وطولها ثمان وعشرون درجة بالتقريب'.

16. Cf. *Tabulae Jahen,* Nuremberg 1549, chapter 8. Also H. Hermelink, *Tabulae Jahen, Archives for the History of the Exact Sciences,* 2 (1962-1966), 108-112.

17. '...Et scias quod eas posuimus radices horum mediorum ad Iahen, secundum quod eius longitudo est ab Arim a qua est occidentalis, ad sexaginta duos gradus'.

18. Ms. 10023 Biblioteca Nacional de Madrid, chapter 9.

19. '...totas radicales positas in eo que sunt in meridie centri circuli ciuitatis Cordube et ipse est locus cuius longitudo a circulo occidentis ex centro Erin est gradus 27 et a circulo orientis a centro

> ...all the radices in it correspond to the meridian of the city of Cordova, whose longitude, considering Erin as the centre [of the oikumene], is 27 degrees from the western meridian and 153 degrees from the eastern one. Its western longitude from the centre of the Earth, which is Erin, is 63 degrees. These are the limits of the longitude of Cordova, on which we have based these canons.

We detect in Ibn al-Kammād's text three longitudes: 27° from the western meridian, 153° from the eastern meridian and 63° from Arin, the centre of the world. These figures are exactly the same we found implicit in Ibn al-Ṣaffār's text, and show the exact position of the prime western meridian.

One century later, we find again another reference to this meridian in the canons of the Alfonsine *Libro de las taulas*.[20] I translate the passage from Rico's edition.[21]

> ...the longitude of this city [Toledo] from the western circle of the horizon of Arin, where both poles appear, is 28 degrees, and from the circle of the horizon of the aforementioned city (Arin) is 152 degrees. The longitude of the circle of the sun for the meridian of this city [Toledo] from the circle for the meridian of the afore-mentioned city (Arin) is 62 degrees to the west...

The longitude for Toledo is 152° from the eastern limit of the known world, 62° from the meridian of Arin and 28° from the western meridian, a // rounded up figure which is to be found repeatedly, for instance in the tables of Ibn al-Kammād and Ibn Isḥāq al-Tūnisī[22] among others.

Erin gradus 153. et longitudo eius a medio centro terre que est Erin occidentaliter est gradus 63 el hii sunt fines longitudinis Cordube super qua longitudine edificatus est iste canon'.

20. M. Rico y Sinobas, *Libros del Saber de Astronomía*, vol. IV, *Libro de las Taulas*, 120.

21. '...Et la longura desta cibdat [Toledo] del çerco occidental dell orizon de (aryn). donde aparecen amos polos es.XXVIII. grados. Et del çerco dell orizon deste logar sobredicho de (aryn) es.C.et.LII grados. Et la longura del çerco del sol medio dia desta cibdat del çerco del medio dia del logar susodicho que es en (aryn) escontra occidente. es LXII grados...'

22. Although Ibn Isḥāq's *Zīj* has no table of geographical coordinates, his mean motion tables are calculated for Toledo and a longitude of 28° is stated there for that city.

But there is also another reference[23] in the 1483 edition of the canons of the Alfonsine Tables, where besides the above mentioned statements —with the difference that the longitude of Toledo is 28,30° instead of 28°— we find a clear distinction between what is called the 'true' Occident, that is to say the new prime meridian, and the 'inhabited' Occident, which corresponds to the Canary Islands:[24]

> ... For the table contains the longitudes of the cities included from the inhabited west and the latitudes from the equinoctial line towards the north. You should note that 'astrologers' consider the west in two different ways. According to the first, the furthest end of the inhabited world and is called the inhabited west. It is placed at a distance of 72 degrees and 30 minutes from the city on the equinoctial line which is 90 degrees from the east. The table uses this inhabited west for the longitudes of its cities. According to the second way, the west is placed at a distance of 90 degrees from the city of Arin towards the occident. This is called the true west for between it and the east there are 180 degrees, which is half of the celestial sphere. Arin, therefore, is in the middle keeping the same distance from both ends, that is 90 degrees from each. This true west is placed 17 degrees and 30 minutes to the occident of the inhabited west...

It must be said, however, that this new prime meridian is used solely in some copies of the Alfonsine table of geographical coordinates and only for some cities such as Toledo, Saragossa, Barcelona, etc. but not for some others like Cordova, Tangiers, etc.

23. 'Nam hec tabula continet de ciuitatibus in ea nominatis longitudines ab occidente habitato et latitudines ab equinoctiali linea versus septentrionem. Et scito quod astrologi accipiunt dupliciter occidens. Uno modo accipiendo a loco extremo habitationis extreme in occidente: et istud vocant occidens habitatum, et istud distat.72. gradus.et. 30. minuta a ciuitate quae est sub linea equinoctiali. et distat.90. gradus ab oriente, et secundum istud occidens habitatum continet ista tabula longitudines ciuitatum. Alio modo accipiunt occidens in loco versus occidentem distantem addita ciuitate arim.90. gradus et istud vocant occidens verum pro eo quod ab illo loco usque in orientem sunt gradus.180. qui sunt media pars celi et arim. tunc est in medio distans equaliter ab oriente et occidente. scilicet a quolibet ipsorum per.90. gradus et istud occidens verum est ultra occidens habitatum per.17. gradus. et. 30. minuta'.

24. Cf. Editio Venice 1483. Poulle's edition (*Les tables alphonsines avec les canons de Jean de Saxe*, Paris, 1984) does not include this part of the text which, according to the editor, does not correspond to the canons written by John of Saxony.

Also refering to these two meridians, at the end of 15th Century, Abraham Zacut[25] in his *Ha-jibbur ha-gadol* states:[26]

> // You should know that the longitudes of the cities are established from the west to the east, because we are closer to the west and for this reason we start measuring from there. Some other people established the longitudes of the cities from an island which is in the west, but did not establish them from the very same west. From this island to the very same west there are 17 degrees and 20 minutes.

This prime meridian will appear even in some of the Persian maps showing a set of crossed meridians and parallels, such as the one of Mustawfī (d. 1349).[27]

As far as numerical tables are concerned, the first time we find this 'meridian of water' employed is in the *Zīj* of Ibn al-Kammād whose table of geographical coordinates contains 30 entries, 15 of which correspond to localities in al-Andalus and western Maghrib. The longitudes of these localities are calculated taking as zero meridian the afore-mentioned new prime meridian, while for the rest of localities the meridian of the Canary Islands is employed. It is also worth mentioning that the longitude for Toledo is again 28;00°, as in the *Zīj* of Ibn Isḥāq al-Tūnisī (c. 1222). After Ibn al-Kammād, we find this meridian in several of the tables of geographical coordinates produced in the Iberian Peninsula in the late Middle Ages such as the *Sefer ha-Ibbur* of Abraham Bar Ḥiyya ha-Bargeloni[28] (d. 1136), the table of the *Zīj al-shāmil* of Ibn al-Raqqām (d. 1315),[29] and the already mentioned *Portuguese Almanac of Madrid* (1321), where for the first time the name 'meridian of water' (*d'agoa*) is explicitly stated. The same meridian ap-

25. F. Cantera Burgos, 'El judio salmatino Abraham Zacut', *Revista de la Academia de Ciencias*, t. XXVIII, 12/2ª serie, 133. And *Abraham Zacut. Siglo xv*, Madrid, 142. The main difference between the references found in these two texts, is that the distance between the meridian of the Canary Islands and the meridian of water is 17;20° in the first one while in the other it is 17;30°.

26. 'Has de saber que la longura de las cibdades se cuenta desde occidente para oriente porque nosotros estamos mas cerca de occidente e por esto començamos de alli a contar. e otros ouo que contaron la longura de las cibdades desde una isla que esta en occidente e non la contaron del propio occidente e della al propio occidente ha. 17. grados e. 20. minutos'.

27. Cf. J. Vernet, 'Instrumentos astronómicos (1250-1600)', *Coloquio sobre Historia de la Ciencia Hispano-Americana*, Madrid, 1977, 211.

28. Cf. R. Laguarda, *Fundamentación histórica...*, 45-47 and 66.

29. Ibn al-Raqqām, *al-Zīj al-Shāmil fī tahdhīb al-Kāmil*, ms. Kandilli 249, f. 85r. Professor E.S. Kennedy kindly provided me with a photocopy of this table.

pears, towards the end of the 15th Century, in the *Commentarius astrologicus* of Diego de Torres[30] and both in the *Almanach Perpetuum* and the *Ha-jibbur ha-gadol* of Abraham Zacut.[31] The 'meridian of water' is also used in several Maghribī *zījes* and other astronomical works such as the *Jāmi' al-mabādi'* of Abū'l-Ḥasan 'Alī al-Marrākushī[32] (1250), // the two *zījes* of Yaḥyā b. Abī-l-Shukr al-Maghribī[33] (1258-1276), and the geographical table of the *Minhāj* of Ibn al-Bannā' al-Marrākushī[34] (1321).

Apart from that, there are some other tables which use this 'meridian of water' although they do not belong to al-Andalus or North Africa. I refer to the table of al-Dimyāṭī[35] (c. 1628), and the ones of the Persian group such as the *zījes* of al-Kāshī[36] (1420), although he uses this meridian only for some western localities such as Marrakesh and Malaga, and the one of Abū-l-Faḍl 'Allāmī[37] (1580), as well as the table compiled by Conrad von Dyffenbach in Europe in 1426,[38] and a table found in a miscellaneous manuscript of the National Library in Vienna (N° 5311) copied probably in the 14th-15th centuries.

In fact, as Prof. J. Vernet has shown,[39] we can find reminiscences of this 'meridian of water' in the North/South 'line of water' demarcation established by Pope Alexander the 4th and accepted by the Kings of Portugal and Castille through the Treaty of Tordesillas (1494).

30. Ms. 3385 of the Biblioteca Nacional de Madrid. Cf. R. Laguarda, *Fundamentación histórica...*, 50-54 and 72.

31. Cf. R. Laguarda, *Fundamentación histórica...*, 54-56 and 73-76.

32. Abbreviated as MAR in Kennedy's *Geographical Coordinates*.

33. TAJ and MAG in Kennedy's *Geographical Coordinates*.

34. BAN in Kennedy's *Geographical Coordinates*. Cf. also J. Vernet, *Contribución al estudio de la labor astronómica de Ibn al-Bannā'*, Tetuan, 1951.

35. QBL in Kennedy's *Geographical Coordinates*. This table introduces another trend characteristic of the Andalusian tables: the use of a latitude for Tunis which ranges between 37° and 38° instead of the established 33°.

36. KAS in Kennedy's *Geographical Coordinates*. Cf. also E.S. and M.H. Kennedy, 'Al-Kāshīs' Geographical Tables', *Transactions of the American Philosophical Society*, Philadelphia, 1987, 1-47. It must be said that al-Kāshī's work shows some other Andalusian astronomical features such as the elliptical shape of the deferent of Mercury. Cf. M. Comes, *Ecuatorios andalusíes. Ibn al-Samḥ, al-Zarqālluh y Abū-l-Ṣalt*, Barcelona, 1991, 149-150 and 163.

37. AIN in Kennedy's *Geographical Coordinates*.

38. Prof. E.S. Kennedy kindly provided me with a typescript of his work on this table.

39. Prof. J. Vernet has kindly provided me with a typescript of his work on Arabic navigation and its influence in the discovery of America.

Finally, there is another interesting feature of the coordinates of localities of al-Andalus and North Africa in several other tables. Namely that their longitudes are 10° less than the ones reckoned from the meridian of water, that is to say, 7;30° to the west of the Canary Islands, but 17;30° of the Atlantic shore of Africa.

The first time this displacement appears is in the table of the Andalusian geographer Abū-l-Ḥusayn al-Zayyāt[40] (1058). Some of al-Zayyāt coordinates reappear in later tables such as that of Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī[41] (c. 1270), the geographical table belonging to the *Kitāb kanz al-yawāqīt*, // probably of Nāṣir b. Sim'ūn (d. 1337),[42] the table of al-Wābaknawī (1330),[43] some of the tables of the Persian group as these of al Kāshī (1420) and Abū-l-Faḍl 'Allāmī (1580), which employ the meridian of al-Zayyāt together with the 'meridian of water' for western localities, and the table of al-Dimyātī[44] (c. 1628).

Al-Zayyāt, aiming to use the new prime meridian, added 7;30° instead of 17;30° because he was using, for eastern localities, al-Khwārizmī's coordinates which are 10° less than the Ptolemaic ones.

In conclusion, what is clear when trying to determine the base meridian used in a table of geographical coordinates is that almost all of them are completely mixed up. On the one hand, theory and practice seen to follow separate paths. The meridian stated in the theoretical part of a *zīj* sometimes does not conform to the ones employed in the table of geographical coordinates. Such is the case of al-Zayyāt, but also of the *Toledan Tables*, the *Alfonsine Tables*, etc. And, on the other hand, almost all of them employ more than one zero meridian, try to calculate the coordinates of the localities of their own countries, and attempt to adapt or correct Ptolemaic longitudes following al-Khwārizmī.

40. ZAY in Kennedy's *Geographical Coordinates*. Cf. also F. Castelló, *El Ḍikr al-aqālīm*, Barcelona, 1989.

41. TUS in Kennedy's *Geographical Coordinates*.

42. M. Castells is presently working on the ms. 468 of the Leiden University Library, in which the geographical coordinates are similar to the ones of Ibn Sa'īd al-Maghribī, although the author introduces for almost half of the localities of al-Andalus and North Africa the coordinates of al-Zayyāt. Surprisingly, he seems to use the 'meridian of water' only for the city of Marrakesh.

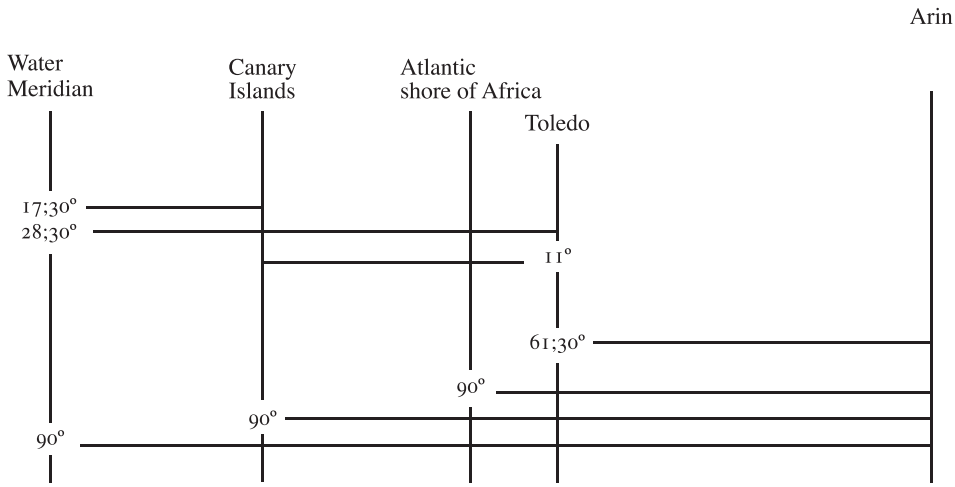
43. MUN in Kennedy's *Geographical Coordinates*.

44. QBL in Kennedy's *Geographical Coordinates*.

Be that as it may, this 'meridian of water' is another of the intere uring more than five centuries mainly in the Iberian Peninsula and North Africa, but also, to some extent, both in the Muslim East and Latin Europe.[45]

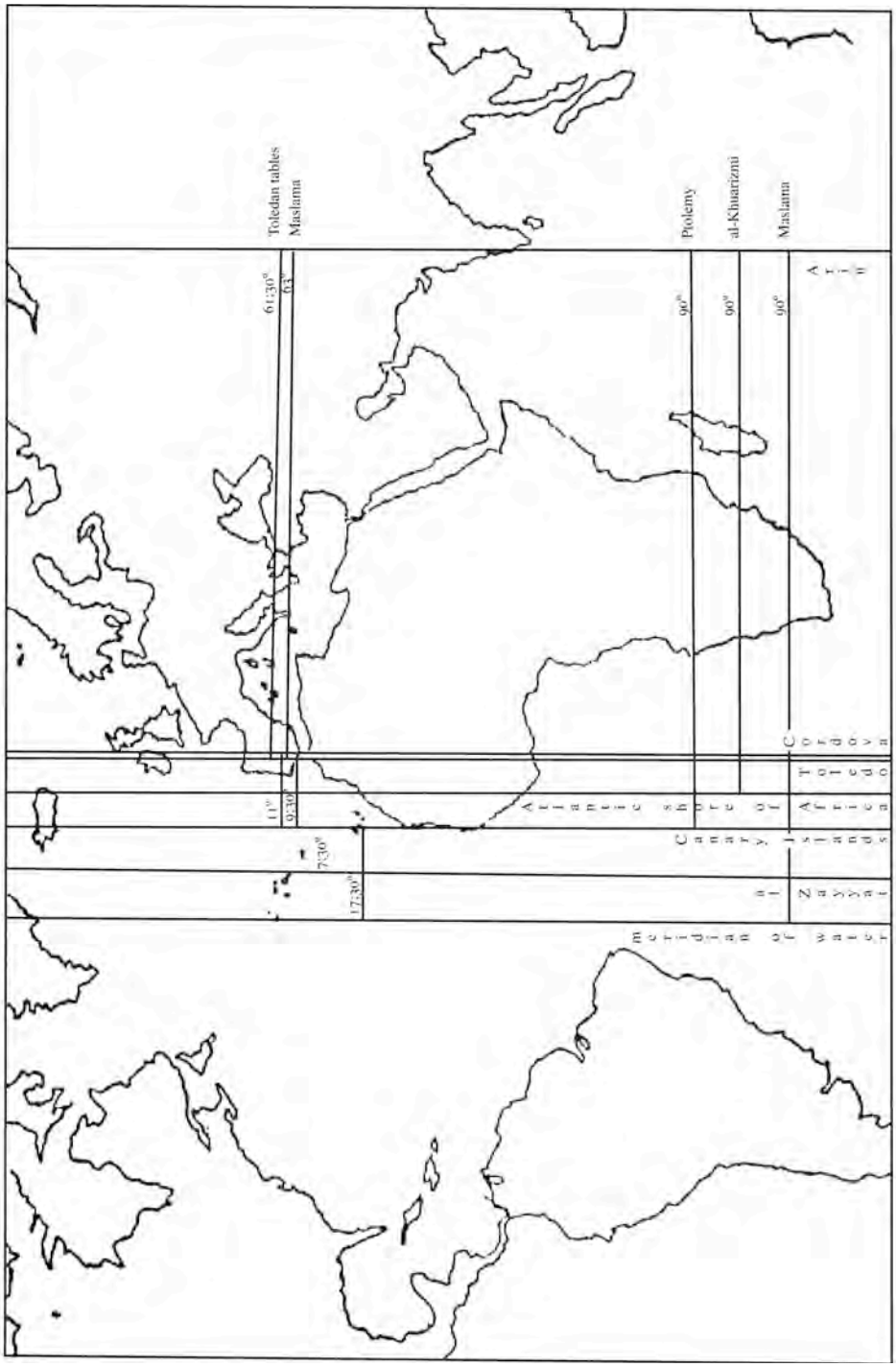
[Author's note: Some important facts have come to light since the original publication of this article. See M. Comes, 'Las tablas de coordenadas geográficas y el tamaño del Mediterráneo según los astrónomos andalusíes', Al-Andalus, *El legado científico* (1995), pp. 22-37; *ibid*., 'Islamic geographical coordinates: al-Andalus' contribution', to appear in the eighth volume in the *History of Science Sources and Researches* series (Istanbul, 1994)].

//



Prime Meridians in the Tables of Geographical Coordinates of al-Andalus and North Africa

45. See also J. Kirtland Wright, 'Notes on the Knowledge of Latitudes and Longitudes...', 84-98.


Toledan tables
Maslama
Ptolemy
al-Khuarizmi
Maslama
61:30°
63°
90°
90°
90°
Ariu
Cordova
Toledo
Atlantic shore of Africa
Canary Islands
Zayyat
meridian of water
11°
9:30°
7:30°
17:30°

ISLAMIC GEOGRAPHICAL COORDINATES: AL-ANDALUS' CONTRIBUTION TO THE CORRECT MEASUREMENT OF THE SIZE OF THE MEDITERRANEAN[1]

In 1987, E.S. and M.H. Kennedy published their outstanding book *Geographical Coordinates of Localities from Islamic Sources.*[2] Since then, the discovery and employment of new manuscript sources has brought forth new data which will require the revision of some of the points made in their book. The wide range of previously unstudied sources that have recently come to light have led not only to new understanding, but also to the forthcoming publication of a revised version of the Kennedys' book, which I have undertaken on Prof. E.S. Kennedy's request and with his invaluable assistance.

The second edition of *Geographical Coordinates* will offer new contributions in two main areas: First, the acknowledgement of the use of the "Meridian of Water," and second, the introduction of new materials, including Andalusian tables (scarcely present in the first edition); European tables, either in Latin or in Hebrew, which rely heavily on the Islamic sources; and lists of the geographical coordinates found on various astronomical instruments, mainly astrolabes.

Lists of geographical coordinates are found in large numbers in a wide range of sources. There are several reasons for this wealth: First, it is well known that astronomical handbooks containing canons and tables *(zij)* were drawn up for various local meridians where astronomical observations had been made. As it was necessary to recalculate the tables for new locations, astronomers had to assess the difference in longitude between the previous meridian and the new locality. This required the determination of accurate geographical coordinates. Furthermore, the use of scientific instruments -- particularly astrolabes -- to solve astronomical problems required knowledge of exact geographical coordinates, which often appear engraved on these instruments.

Second, in the Muslim world reliable geographical coordinates were

---

1 This paper was written as part of a research programme on "Astronomical Theory and Tables in al-Andalus in the 10th and 11th centuries" sponsored by the Directión General de Investigación Científica y Técnica of the Spanish Ministerio de Educación y Ciencia.

2 Kennedy, E.S. & M.H., *Geographical Coordinates of Localities from Islamic Sources,* Frankfurt am Main. 1987.

needed for religious purposes. The determination of the sacred direction, or *qibla,* facing which Muslims must pray and perform certain ritual acts, was of major importance. From the beginning, procedures (of varying accuracy) were developed to find the *qibla* for any locality, but geographical coordinates were always essential for making exact calculations. In addition, the limits of the permitted time intervals for the five ritual daily prayers were defined in terms of the apparent position of the sun in the sky relative to the local horizon. Prayer times vary throughout the year and are dependent upon terrestrial latitudes. When calculated in terms of a meridian other than the local meridian, the determination of prayer times also requires a knowledge of terrestrial longitudes.[3]

For these reasons, lists of geographical coordinates appear in sources of many different kinds, including, of course, many geographical works.

As is well known, tables of geographical coordinates are created using as points of reference two zero-degree baselines: the terrestrial equator, from which latitudes are universally measured, and a conventional, and to some extent arbitrary, zero-degree meridian to be used as starting point for reckoning logitudes. Following Indian tradition, Arabic geographers and astronomers understood the inhabited world as a terrestrial hemisphere which extended 90° to either side of a point on the equator called the "cupola of the Earth," or Arin.[4] The terrestrial hemisphere was divided into seven latitudinal climates starting about 20° south of the equator and extending some 60° north of it.

Whereas the precise calculation of latitudes depends on the obliquity of the ecliptic and can be carried out through the determination of the altitude of a star or the sun -- techniques which have been well-established since Antiquity -- the determination of longitudes was until recently more difficult. At the time in question, longitude could be approximated only by simultaneous observation of lunar eclipses in two places. This would identify the time-difference between the two places, and hence the longitude difference.

The "Meridian of Water"

Besides the two well-known base meridians conventionally used by Arabic astronomers and geographers -- the Canary Islands (a convention inherited from

---

3 Cf. in this respect D.A. King, *Astronomy in the Service of Islam*, Aldershot: Variorum, 1993.

4 Cf. J.T. Renaud, *Géographie d'Aboulféda*. Paris, 1848 (Reprint Frankfurt am Main, 1985), cexxxii-cclvii; and F. Sezgin, *The Contribution of the Arabic-Islamic Geographers to the Formation of the World Map*. Frankfurt am Main, 1987, pp.1-49.

Ptolemy) and the Atlantic shore of Africa (introduced by al-Khwarizmi) -- a third prime meridian has now come to light. I am referring to the "meridian of water," so called because it was placed in the Atlantic Ocean, 17;30° to the west of the Canary Islands.[5] This meridian, which, as we shall see, derives from that of Arin, the "cupola of the Earth", was used for western localities, mainly by geographers and astronomers of al-Andalus and the Western Maghrib. It is also attested in several later eastern Arabic and Persian sources, as well as European ones, either in Latin or Hebrew, besides other sources which use a meridian derived from it.[6]

The first explicit reference to the meridian of water is in the *Portuguese Almanac of Madrid* (1321)[7] where following the name of some localities the words *da terra* (from land) or *d'agoa* (from water) identify the meridian used. However, implicit references to the meridian of water are found in Spanish materials dating from the end of the tenth century onwards.

The *al-Zij al-Mukhtasar*[8] by Ibn al-Saffar (d. 1035) are traditionally associated with the Cordovan revision of al-Khwarizmi's *zij*. In this text, while explaining the *radices* he had established for his tables of conjunctions and oppositions for the meridian of Cordova, Ibn al-Saffar reports that in order to calculate the hour of an eclipse at the meridian of Cordova, one had to add 4 1/5 hours to the time of the same eclipse at Arin (yielding a longitude distance of 63° between Cordova and Arin) because this is the distance (measured in time) of Cordoba from the middle of the Earth.[9]

The determination of the distance between Cordova and Arin meant that

---

5 See J.M. Millás Vallicrosa, "La obra de Azarquiel y las Tablas Toledanas," *Estudios sobre Historia de la Ciencia Española,* vol.1, Madrid, 1987, p.154. See also Kirtland Wright, J., "Notes on the Knowledge of Latitudes and Longitudes," *Isis,* V (1923), pp.84-94.

6 For a preliminary appraisal of this subject, see M. Comes "The Meridian of Water in the Tables of Geographical Coordinates of Al-Andalus and North Africa," *Journal for the History of Arabic Science,* I (1994), pp.41-51. See also her paper entitled "The al-Andalus Meridian of Water in Orient and Occident" submitted to the VIth International Congress on the History of Arabic Sciences (Ra's al-Khaima, December 1996), were there is a list of these sources.

7 Ms. 3349 of the Biblioteca Nacional de Madrid. Cf. R. Laguarda, *Fundamentación histórica del descubrimiento de América,* Montevideo, 1988, pp.40-42 and 63-64.

8 Ibn al-Saffar, *al-zij al-Mukhtasar.*- Ms. Paris B.N. Hebr 1102 (ff. 1-5r). See also M. Castells and J. Samsó, "Seven chapters in Ibn al-Saffar's lost *zij,*" *Archives Internationales d'Histoire des Sciences,* XLV, 135 (1995), pp.229-262.

9 In the title of the geographical table for longitudes of the *Jami' al-mabadi' wa-l-ghaya* by al-Marrakushi, it is stated that the longitudes are counted westwards from Qubbat Arin; this is not exactly true, because they are counted from a West meridian. What it means is that they are counted from the West meridian located 90° westward from Qubbat Arin. The Sedillots introduce this point in the title, in *Traité des instruments astronomiques des Arabes,* Paris, 1834 (reprint Frankfurt, 1984), p.315, although it is not found in the ms.

the position of Cordova relative to the western prime meridian had to be revised. A distance of 4 1/5 hours between Arin and Cordova implies a difference in longitude of 63°. Thus, if the longitude of Arin is 90°, as is stated in the text, the longitude for Cordova must be 27° from a hypothetical prime western meridian. Ptolemy, however, using as base meridian the Canary Islands, had placed Cordova at a longitude of 9;20°. Thus we can see that there has been an implicit shift of the zero-degree meridian 17;40°[10] to the west of the Canaries. This shift is seen even more clearly in Ibn al-Kammad's *al-zij al-Muqtabas*:[11]

> ... the radices of this *zij* have been established for the meridian of the city of Cordova. This is a place whose longitude from the western circle, whose center is Erin (Arin), is 27°, and whose longitude from the eastern circle, with its center in Erin, is 153°. Its longitude from the center, which is Erin, is 63°, and these are the longitudes for Cordova, at whose longitude these canons have been established...

In the Latin version of the astronomical tables of Jacob b. David b. Yomtob (1361), to be used in Salamanca (1461),[12] the author states that the difference in longitude between Salamanca and "Gadibus Herculis," taken as the origin of longitudes, is 8;16°, and that between Salamanca and true west 25;46°. This also implies a difference between the old and new prime meridians of 17;30°.

Furthermore, in the 1483 edition of the *Alfonsine Tables*,[13] we find a clear distinction between what is called "true" west -- that is, the new prime meridian -- and the "inhabited" west, which corresponds to the Canary Islands meridian.[14]

---

[10] The most common value is 17;30°, which is the value for Toledo as found in the canons of the *Toledan Tables*. See in this respect M. Comes *"The Meridian of Water...,"* pp.42-47.

[11] Ms. 10023 Biblioteca Nacional de Madrid. Chapter 9, fol. 6r. "...quam est radix congregans ei totas radicales positas in eo (quae) fuerit in meridie centri circuli civitatis Cordubae et ipse est locus cuius longitudo a circulo occidentis ex centro Erin est gradus 27 et a circulo orientis a centro Erin gradus 153 et longitudo eius a medio centro tempore quod est Erin occidentale est gradus 63 et hii sunt fines longitudines Cordube super qua longitudine aedificatus est iste canon".

[12] Ms. Canon misc. 27 Oxford Bodleian Library, fol 122v. See also Beaujouan, *Manuscrits scientifiques médiévaux de l'Université de Salamanque* (Bordeaux, 1962).

[13] "Nam hec tabula continet de ciuitatibus in ea nominatis longitudines ab occidente habitato et latitudines ab equinoctiali linea versus septentrionem. Et scito quod astrologi accipiunt dupliciter occidens. Uno modo ccipiendo a loco extremo habitationis extreme in occidente: et istud vocant occidens habitatum. et istud distat. 72. gradus. et. 30. minuta a ciuitate quae est sub linea equinoctiali. et distat .90. gradus ab oriente. et secundum istud occidens habitatum continet ista tabula longitudines ciuitatum. Alio modo accipiunt occidens in loco versus occidentem distantem addita ciuitate Arim .90. gradus. et istud vocant occidens verum pro eo quod ab illo loco usque in orientem sunt gradus .180. qui sunt media pars celi et arim. tunc est in medio distans equaliter ab oriente et occidente. scilicet a quolibet ipsorum per .90. gradus et istud occidens verum est ultra occidens habitatum per .17. gradus .et .30. minuta."

[14] Cf. Editio Venice 1483. Poulle's edition (*Les tables alphonsines avec les canons de Jean de Saxe*. Paris, 1984) does not include this part of the text which, according to the editor, does not correspond to the

> ...You should note that "astrologers" consider the west in two different ways. According to the first, the west is the furthest end of the inhabited world and is called the inhabited west. It is placed at a distance of 72 degrees and 30 minutes from the city on the equinoctial line which is 90 degrees from the east. According to the second way, the west is placed at a distance of 90 degrees from the city of "Arim" towards the occident. This is called the true west for between it and the east there are 180 degrees, which is half of the celestial sphere. "Arim", therefore, is in the middle, keeping the same distance from both ends, that is 90 degrees from each. This true west is placed 17 degrees and 30 minutes to the occident of the inhabited west...

Also referring to these two meridians, Abraham Zacut,[15] writing at the end of the fifteenth century, states in his *Ha-jibbur ha -gadol*:[16]

> You should know that the longitudes of the cities are established from the west to the east, because we are closer to the west and for this reason we start measuring from there. Some other people established the longitudes of the cities from an island which is in the west, but did not establish them from the very same west. From this island to the very same west there are 17 degrees and 30[17] minutes, and for this reason most of the tables are wrong because the authors joined the cities whose longitudes were established from both prime meridians [the meridian of the island and that of the very same west]...

We can find similar statements elsewhere -- for instance, in Pedro Alfonso's *Dialogi contra Iudaeos.*[18] These examples demonstrate that the distinction between "true" and "inhabited" west was commonly acknowledged in a wide array of Medieval western sources.

The meridian of water appears in a large number of texts, and even in some Persian maps which show a set of crossed meridians and parallels, such as those made by Mustawfi (d. 1349) and Hafiz-i Abry (d. 1430).[19] It is also

---

canons written by John of Saxony.

15 F. Cantera Burgos, "El judio salmantino Abraham Zacut," *Revista de la Academia de Ciencias,* vol.28, 12/2a serie, p.133. And *Abraham Zacut. Siglo XV.* Madrid, 142.

16 "Has de saber que la longura de las cibdades se cuenta desde occidente para oriente porque nosotros estamos mas cerca de occidente e por esto començamos de alli a contar. e otros ouo que contaron la longura de las cibdades desde una isla que esta en occidente e non la contaron del propio occidente e della al propio occidente ha .17. grados e .20. minutos e por esto ha gran ierro en las mas de las tablas porque juntaron las cibdades que estauan a una longura con las cibdades que estauan a otra..."

17 30 minutes in the Lyon and Vienna manuscripts, and 20 minutes in the Salamanca and Munich texts.

18 See J. Tohan, "Los Diálogos contra los Judíos," *Estudios sobre Pedro Alfonso de Huesca,"* M.J. Lacarra, ed., Huesca, 1996, pp.197-8.

19 Cf. J. Vernet, "Instrumentos astronómicos (1250-1600)," *Coloquio sobre Historia de la Ciencia Hispano-Americana*, Madrid, 1977, p.211.

mentioned in historical or biographical sources such as Ibn al-Khatib's *al-Ihata fi Akhbar Gharnata* and Qadi Sa'id's *Tabaqat al-Umam.*

As far as numerical tables are concerned (leaving aside some mss. of the Toledan Tables, since we cannot be sure that the meridian of water was found in the original), the first use of the meridian of water is in the *zij* of Ibn al-Kammad, whose table of geographical coordinates contains 30 entries, 15 of which correspond to localities in al-Andalus and the western Maghrib. The longitudes of these localities are calculated taking as zero-degree meridian the new prime meridian, while for the rest of localities the meridian of the Canary Islands is used.

An interesting peculiarity is found in the tables of coordinates for al-Andalus and North Africa in some other sources: Their longitudes are 10° less than those reckoned from the meridian of water -- that is to say, instead of 7;30° to the west of the Canary Islands, they are 17;30° from the Atlantic shore of Africa. The first instance of this displacement of the meridian of water is with the Andalusian geographer Abu'l-Husayn al-Zayyat[20] (1058). Some of al-Zayyat's coordinates reappear in later tables, mainly Persian and Eastern. Al-Zayyat, aiming to use the new prime meridian, added the 17;30° to longitudes reckoned from the Atlantic shore of Africa instead of to the ones reckoned from the Ptolemaic meridian at the Canary Islands -- that is, some 10° closer. By this method he actually achieved the same or even better accuracy in the determination of the size of the Mediterranean.

Some European tables continue to use Ptolemy's or al-Khwarizmi's parameters for localities in al-Andalus, but attribute a longitude of 72;30° to Arin instead of the usual 90°. This means that as far as these sources are concerned Arin is no longer the center of the world, but is displaced 17;30° to the west -- the same 17;30°, found in the al-Andalus sources though in that case the displacement was of the zero-degree meridian to the west of the Canary Islands. This later method, however, does not produce good values for the size of the Mediterranean, because almost all the longitudes are to the west of Arin and taken from western prime meridians in such a way that the shift in the longitude of Arin does not imply any change in Ptolemy's or al-Khwarizmi's distances between eastern and western localities, and hence in the size of the Mediterranean.

---

[20] ZAY in Kennedys' *Geographical Coordinates.* Cf. also F. Castelló, *El Dhikr al-aqalim.*- Barcelona, 1989.

The "Meridian of Water" and its role in improving the calculation of the size of the Mediterranean.

From the very beginnings of mathematical geography, the distance between Tangiers and Alexandria had been used as a conventional unit for determining the size of the Mediterranean. The table below shows the different estimates in comparison with the modern value, thus demonstrating the degree of correctness or error.

Distance between Tangier and Alexandria

Astronomer	Value	Difference from modern value
Ptolemy (2nd c.)[21]	54°	18;21°
al-Khwarizmi (ninth c.)[22]	43;20°	7;41°
al-Zayyat (eleventh c.)[23]	37;10°	1;31°
al-Maghribi (*Taj*) (1257)[24]	37;30°	1;51°
al-Maghribi (*al-Adwar*) (1275)[25]	38;50°	3:11°
Ibn al-Raqqam (c. 1280)[26]	36;10°	0;31°
Kepler (1627)[27]	c. 45°[28]	c.9;21°
Modern[29]	35;39°	----

Thus, Ptolemy considered the Mediterranean to be almost 20° longer than its actual length (Tangiers 6;30°/Alexandria 60;30°). Al-Khwarizmi, on the other hand, reduced the size of the Mediterranean to 43;20° (Tangiers 8;00°/Alexandria 51;20°), thus reducing the error to around 10°. The astronomers using the "meridian of water" for western localities achieved values between 37;10° and 38;50° -- extremely accurate when compared with the real value of 35;39°. Thus the switch to the new meridian implied a correction of the values for the length of

---

21 PTO in Kennedys' *Geographical Coordinates.* Hans von Mzik, "Africa nach der Arabischen Bearbeitung der Geografike Hyphegisis des Claudius Ptolemaus von Muhammad ibn Musa al-Hwarizmi," *Wien Kaisert. Akad. Wiss., Phil-Hist. Kl.*, 59 (1917), 4Abh.

22 KHZ in Kennedy's *Geographical Coordinates.* "Al-Hwarizmi, the Geographical Tables Extracted from *Kitab surat al-ard* and Suhrab, *'Aga'ib al-aqalim as-sab'a".* Hans von Mzik, ed., Leipzig, 1926-1930 and reprinted by F. Sezgin in "Islamic geography" vol.11, Frankfurt, 1992.

23 ZAY in Kennedy's *Geographical Coordinates. Dhikr al-aqalim.* Ms. Burdur 408 (Turkey).

24 TAJ in Kennedys' *Geographical Coordinates. Taj al-azyaj.* Ms. Escorial 932 (Madrid) and ms. kept at the University of Barcelona (Arabic Dpt.)

25 MAG in Kennedy' *Geographical Coordinates.* 25. *Adwär al-anwär.* Ms. Shrine Library (Meshhed.)

26 *Al-zij al-Qawim, al-zij al-Shamil.* Ms. General Library 260 (Rabat) and ms. Kandilli 249 (Istanbul).

27 Kepler, J. "Tabulae Rudolphinae," reprinted from Ulm 1627 and München 1959 by F. Sezgin in the volume *European Geographical Tables.* Islamic Geography, n. 233 (Frankfurt, 1992), pp.108-111.

28 As Tangiers does not appear in the *Rudolfine Tables,* I have used Gades Hispanie, instead, opposite Tangier on the other side of the Straits of Gibraltar.

29 *Time Atlas of the World.* Comprehensive Edition. London, 1994.

the Mediterranean. The values yielded using the new meridian were suprisingly accurate, with errors varying between only 0;31° and 3;11° from the known actual length. Meanwhile, European astronomers such as Kepler went back to al-Khwarizmi's old values.

These tables used two different zero-degree meridians, one for eastern localities and one for western ones. While these are obviously useless for drawing a map, they offer an extremely accurate estimate of the distance between eastern and western localities. In L.A. Sédillot's words,[30] they offer an ingenious way of correcting Ptolemy without having to change everything.

A comparison of estimated difference in longitude between some of the leading cities of the time will demonstrate the high degree of accuracy achieved by those astronomers using the "Meridian of Water" for western localities:

Distance between Cordova and Alexandria

Astronomer	Value	Difference from modern value
Ptolemy	51;10°	16;20°
al-Khwarizmi	42;00°	07;19°
al-Zayyat	34;20°	00;21°
Abu'l-Shukr al-Maghribi	35;00°	00;19°
al-Marrakushi	36;00°	01;09°
Ibn al-Raqqam	34;20°	00;21°
Kepler	44;00°	09;19°
Modern value	34;41°	---

Distance between Cordova and Damascus

Astronomer	Value	Difference from modern value
Ptolemy	59;40°	18;35°
al-Khwarizmi	50;40°	09;35°
al-Zayyat	43;00°	01;55°
Abu'l-Shukr al-Maghribi	43;00°	01;55°
al-Marrakushi	43;12	02;07°
Ibn al-Raqqam	39;00°	02;05°
Kepler	53;00°	11;55°
Modern value	41;05°	

[30] *Prolégomènes des tables astronomiques d'Oloug-Beg*. Paris, 1853, II, 256.

Distance between Toledo and Damascus

Astronomer	Value	Difference from modern value
Ptolemy	c. 58;40°	c. 18;19°
al-Khwarizmi	c. 49;40°	c. 09;00°[31]
al-Zayyat	42;00°	01;39°
Abu'l-Shukr al-Maghribi	42;00°	01;39°
al-Marrakushi	42;12°	01;51°
Ibn al-Raqqam	38;00°	02;21°
Kepler	52;00°	11;39°
Modern value	40;21°	-----

Distance between Toledo and Alexandria

Astronomer	Value	Difference from Modern Value
Ptolemy	c. 50;10°	c. 16;13°
al-Khwarizmi	c. 41;00°	c. 07;03°
al-Zayyat	33;20°	00;37°
Abu'l-Shukr al-Maghribi	34;00°	00;03°
al-Marrakushi	35;12°	01;15°
Ibn al-Raqqam	33;20°	00;37°
Kepler	43;00°	09;03°
Modern value	33;57°	-----

In fact, as Prof. J. Vernet has shown,[32] we find traces of this "meridian of water" in the North/South "line of water" demarcation established by Pope Alexander the IVth and accepted by the Kings of Portugal and Castille at the Treaty of Tordesillas (1494). In this treaty the line of water was determined to be at 370 leagues from the Cabo Verde Islands, and the Spanish monarchs were allowed to conquer all lands to the west of this line; all lands discovered to the east of the line were accorded to the Portuguese. In fact, realizing the difficulties of determining longitudes at sea, Fernando and Isabella of Spain asked Jaime Ferrer of Blanes, a well-known cosmographer of the time, to establish where these 370 leagues lay. Ferrer decided that they corresponded to 18°, as the islands were 15° from the Equator, and suggested the use of the North Star to determine this longitude.[33] This is also reflected in a number of treatises on cosmography and navigation, such as the early Portuguese text *Esmeraldo de situ orbis* by

---

31 Toledo does not appear either in Ptolemy's tables or in al-Khwarizmi's, but we can take it to be 1° from Cordova, a longitudinal difference that is found in all the sources regardless of the prime meridian used.

32 Prof. Vernet has kindly provided me with a typescript of his work on Arabic navigation and its influence on the discovery of America.

33 See in this connection J.M. Millás Vallicrosa, "El Cosmografo Jaime Ferrer de Blanes," *Estudios sobre Historia de la Ciencia Española*, vol. 1, Madrid, 1987, pp.455-478, esp.472-4.

Duarte Pacheco[34] (c. 1505), in which the distance from Europe and Africa to America is given as 36° of longitude. Laguarda also suggests that the meridian of water could coincide with the Antilles,[35] a notion whose prevalence seems to be confirmed in Pîrî Reis's *Kitab-ı Bahriye.*[36]

The "Lunar Eclipse Method" Used to Calculate the Longitude of a Given Place

One might have expected the adaptors of al-Khwarizmi's tables to use his coordinates, unless new measurements had been made in Spain. Bearing in mind the hypothetical displacement of the western meridian suggested in the canons of Ibn al-Saffar (d. 1035), as well as the fact that Ibn al-Saffar was a discipline of Maslama (d. 1007), who was the first to introduce al-Khwarizmi's tables in al-Andalus, I examined Maslama's canons and tables.

Neugebauer, in his translation of Adelard of Bath's Latin version of Maslama's revision of the astronomical tables of al-Khwarizmi,[37] concludes that the time difference between the meridian of Cordova (which is used in the tables for the computation of mean syzygies, tables 69 and 70) and the base meridian (used in the tables of solar and lunar mean motion, tables 4 to 8) amounts to 4 hours 12 minutes -- that is, the same 63° in longitude found before. He supposes that the second meridian could be that of Baghdad, although the numbers do not fit particularly well. But evidently this is the same difference we found in Ibn al-Saffar's and Ibn al-Kammad's canons, which means two things: That the first meridian is Arin, which seems natural enough if we take into account that this is in fact the base meridian in al-Khwarizmi's tables, and that the first known implicit reference we have to the possible origin of what was later called the "meridian of water" is in Maslama. We find this number again in the appendix to the *Liber Universus* of 'Umar Ibn al-Farrukhan al-Tabari,[38] which circulated in al-Andalus in a translation by John of Seville (1120/1140). Here a time-difference between Arin and Cordova of precisely 4 hours 12 minutes is given in a horoscope cast for 20/21 March, 940 A.D., by means of al-Khwarizmi's *zij.*

---

34 Kimble, G.H.T., "The 'Esmeraldo de Situ Orbis'. An early Portuguese textbook on cosmography and navigation," *Osiris,* III (1937), pp.87-102, esp.96-97.

35 Cf. R. Laguarda, *Fundamentación histórica del descubrimiento de América.*- Montevideo, 1988, 14-23, where he tries to show that the meridian of water corresponds to the Isle of Antilla.

36 "Beyond them (the blacks who live to the west of India and China) is Antilye, the end of western lands." in *Kitab-i Bahriye*, vol.1, Ankara, 1988, p.113.

37 O. Neugebauer, *The Astronomical Tables of al-Khwarizmi,* Copenhagen, 1962, pp.110-111.

38 D. Pingree, "The Liber Universus" of 'Umar Ibn al-Farrukhan al-Tabari," *Journal for the History of Arabic Science,* I (1977), pp.8-12.

However, two facts suggests that this text was revised by someone able to use Maslama's or Ibn al-Saffar's version of al-Khwarizmi's *zij*: 1) the horoscope does not appear in John's translation; and 2) in Ibn al-Kammad's appendix to *Al-Muqtabas* the difference in longitude between Arin and Cordova attributed to al-Khwarizmi is 81° and not 63°.[39]

Julio Samsó suggested the possibility of checking this time-difference using the procedure available to Maslama. In fact, in Maslama's time the only known way to determine the time-difference was through the observation of a lunar eclipse.

We know that this eclipse procedure was used, since it is described in most texts that deal with the determination of terrestrial longitudes. Ptolemy himself seems to have been able to report the time difference between two localities by the observation of the lunar eclipse of 331 B.C. at Carthage and Irbil. However, Ptolemy does not seem to have achieved a very accurate result, because according to the data which have survived, he determined that the difference between the two cities was 45;10°, while modern coordinates show a difference of 33;45°.

In most of the known medieval astronomical texts we find statements regarding this procedure for determining differences in longitude between two given places. In some an entire, detailed chapter is devoted to the procedure, while in others we find only a sentence or two. We may therefore conclude that it was a common procedure in the west, not only in Maslama's time but also throughout the following centuries[40] -- and not only in *zij*es but also in a wealth of other kinds of treatises. The following texts are examples:

Texts on the astrolabe:[41] In the abundant literature on the subject of the astrolabe, many texts include a chapter on how to determine longitude by means of observation of a lunar eclipse. Such chapters are found in, among others, Ibn al-Saffar's *Kitab al-'amal bi-l-asturlab*;[42] the Latin treatise attributed to Mashallah

---

39 Ms. 10023 Biblioteca National de Madrid. In the appendix based on the *Al-Kawr 'alà al-dawr*, fol. 19v.

40 For instance, E. Zinner, in his *Leben und Wirken des Joh. Müller von Königsberg gennant Regiomontanus* (Osnabrück, 1968), gives several examples of meridians computed in the sixteenth century from eclipse observations.

41 On this subject see R. Martí and M. Viladrich, "En torno a los tratados de uso del astrolabio hasta el siglo XIII en al-Andalus, la Marca Hispánica y Castilla," *Nuevos Estudios sobre Astronomía Española en el Siglo de Alfonso X*, ed. J. Vernet, Barcelona, 1983, pp.9-74, esp.39.

42 Millás, J. M., "Revista del Instituto Egipcio de Estudios Islámicos" 3 (Madrid, 1955), pp.35-76. Escorial ms. 964.

De operatione vel utilitate astrolabii;[43] the *Tratado sobre uso del astrolabio planisférico de Maslama al-Majriti de Córdoba en la traducción latina de Johannes Hispanus*;[44] the *Kitab al-'amal bi-l-asturlab* by Ibn al-Samh;[45] chapter 59 of the *Libro dell astrolabio redondo,* in the Alfonsine *Libros del saber de astronomia*;[46] and in the *Libro de astrolabio llano,* also in the *Libros.*

Texts on the armillary sphere:[47] Chapter xxxix of the Alfonsine treatise on the use of the armillary sphere is entitled "How to know the longitude of places using lunar eclipses." The example given is based on the cities of Toledo, Alexandria and Raqqa, where observations had been made. The procedure involves observing an eclipse in the place whose longitude one seeks to determine, then calculating the time difference for sightings of the same eclipse in other places whose longitudes are known. The time difference was then converted into longitudinal difference.

Such descriptions are also found in *qibla* texts such as the *al-Bustan al-Akabir*[48] by al-Shaykh 'Abd al-Rahman b. 'Abd al-Qadir al-Fasi,[49] and even in such unexpected places as the *Dialogi contra ludaeos*[50] by Pedro Alfonso (late eleventh / early twelfth c.). Alfonso was a Jewish converted to Christianity who acquired his scientific knowledge in the Arabic court of the Banu Hud in the Taifa of Zaragoza. At a certain point in his argument, Alfonso responds to the obvious ignorance of a Jewish counterpart by giving him a brief lesson on astronomy and geography. It seems worthwhile to quote Pedro Alfonso's answer to a question on the method for measuring the difference in longitude between two cities.[51]

---

43 Gunther, R.T., "Chaucer and Mesallah on the astrolabe," *Early Science in Oxford,* V, Oxford 1929, pp.195-231.

44 Millás, J.M., *Las Traducciones Orientales en los Manuscritos de la Biblioteca Catedral de Toledo,* Madrid, 1942, pp.261-84.

45 See M. Viladrich, *El "Kitab al-'amal bi-l-asturlab" (Llibre de l'us de l'astrolabi).* Barcelona, 1986, pp.127-128. Mss. British Library Add. 9602.

46 Rico y Sinobas, Madrid, 1863.

47 Alfonso X, "Libro II de las Armellas" in *Libros del Saber de Astronomía,* Rico y Sinobas. Madrid, 1863, 54-55. Ms. Villa-Amil n. 156. Biblioteca Universidad Complutense de Madrid.

48 Ms. 514 in the General Library in Tetuan. P.394. I owe this reference to my colleague Mònica Rius, who is working on Maghribi *qibla* texts.

49 Cf. D. Lamrabet, *Introduction à l'histoire des mathématiques maghrébines,* Rabat, 1994, n. 536.

50 J. Tohan, *Los Diálogos contra los Judíos,* pp.197-8.

51 "Constituamos ergo solem in primo arietis puncto, et incipiat fieri eclypsis solis apud Aren civitatem primo puncto septime diei hore, erit utique eadem hora primus cancri gradus in ipsius Aren Oriente. Quod si tunc nosse desideras, quota hora fieri incipere, eodemque momento apparebit primum geminorum punctum in illius civitatis oriente. Unde indubitanter patet triginta longitudinis gradus inter utramque esse civitatem."

> Let us place the Sun at the first point of Aries and let us consider that a solar eclipse starts in the city of Arin at the first point of the seventh hour of the day, so it will be exactly the same hour of the first degree of Cancer to the east of the very same Arin. Now, if you want to know at what time the eclipse starts in the other city we have just mentioned, look attentively and you will see that the eclipse begins at the first point of the fifth hour, and at that moment the first point of Gemini will appear to the east of that city. From this it is clear that between these two cities there is a difference in longitude of 30°. And this is how the astrologers found the difference in longitude between two cities.

Texts on Astronomical Tables: Abraham Ibn 'Ezra (mid-twelfth c.), in his *Book on the Foundations of the Astronomical Tables*,[52] affirms that at different times it has been proven by means of solar and lunar eclipses that the longitude of Cordova was 27°, and goes on to say that Ptolemy was wrong to attribute to this city a longitude of 9°.[53] He also says that he himself used solar eclipses to calculate longitudes. He tells us that he determined the longitude of Angers (23°) and its difference with respect to Pisa thanks to the observation of a solar eclipse.[54] Ibn 'Ezra had a considerable influence on Latin sources, as he traveled all around Europe as a teacher.

Roger of Hereford (c. 1175), in his version of the *Toledan Tables*, mentions a total solar eclipse (13th September 1178) which he observed, and for which he noted the times according to the meridians of Arin, Toledo, Marseilles, and Hereford in order to determine the differences in longitude between these places.

Ibn al-Raqqam (d. 1315), in chapter 53 of his *al-zij al-Mustawfi*,[55] also describes how to determine the longitude of a given locality by means of the observation of an eclipse.

At approximately the same time, a detailed method based on a simultaneous observation of a lunar eclipse is described in the *Jami' al-mabadi' wa-l-ghaya* by al-Marrakushi, in a chapter devoted entirely to the determination of the longitude of a terrestrial locality.[56]

---

52 Millas, J.M., *El libro de los fundamentos de las Tablas astronómicas*, Madrid-Barcelona, 1947.
53 In fact is 9;20°.
54 Millás, "El Magisterio Astronómico de Abraham Ibn 'Ezra," *Estudios*, p.309.
55 Ms. General Library 2461 (Rabat).
56 Cf. J.J. and L.A. Sédillot, *Traité des instruments astronomiques des Arabes*, Chapter lxvi, pp.312-314.

In the chapter on the longitudes of localities in *al-zij al-Mukhtasar*,[57] it is also stated that to determine the longitudes the "method of the lunar eclipses" should be used.

Al-Kashi's *Khaqani zij* -- one of the major works of this Persian astronomer (15th c.) -- contains descriptions of several methods for finding local latitudes and longitudes.[58] As for longitude differences between a pair of localities are concerned, al-Kashi lays out two methods, one astronomical and the other geodetic. The geodetic method offers only approximate results, which, according to Kennedy, suggests that al-Kashi was ignorant of Biruni's accurate algorithm for the geodetic solution. This is not surprising, considering that al-Kashi was in the habit of emploing approximative solutions -- for instance in the elliptical deferent of Mercury in his equatorium.[59] As for as the astronomical solution, al-Kashi like the others proposes the old lunar eclipse method.

Kepler himself, in his *Tabularum Rudolphi,* talks of different determinations of longitude distances based on lunar eclipse observations, and mentions explicitly the eclipse of 18th January 1497.

References of this kind are found in a wealth of sources, and the ones mentioned here represent only a few examples.

Finally, it should be added that Ibn al-Saffar includes in his *al-zij al-Mukhtasar*[60] a chapter on "the determination of the longitude of a place from the center of the Earth, upon which the radices of this book have been established." In this chapter, which is not found in the canons of al-Khwarizmi-Maslama or in al-Khwarizmi-al-Muthanna', the use of lunar eclipse observation to determine the longitude of a place is proposed. According to the method proposed, the time difference between an eclipse in a place of known longitude (in this case Arin) and a place in which the eclipse would be observed with the aid of an astrolabe should be measured. From here, the longitude of the point of observation could be found. This is exactly the method we believe Maslama to have employed.

---

57 British Museum 3624 (ch. 17th).

58 E.S. Kennedy, "Spherical Astronomy in Kashi's Khaqani zij" in *Astronomy and Astrology in the Medieval Islamic World,* Variorum (Aldershot), 1998, VII, pp.30-37.

59 See in this respect Comes, M., *Ecuatorios Andalusíes: Ibn al-Samh, al-Zarqalluh y Abu-l-Salt.* Barcelona. 1991, pp.149-150.

60 Ibn al-Saffar, *al-Zij al-Mukhtasar.*- Ms. Paris B.N. Hebr 1102 (ff. 1-5r).

Lunar Eclipses in Maslama's Time

In order to check the above-mentioned difference between Arin and Cordova, we looked for the lunar eclipses in Maslama's time in Oppolzer's *Canon of Eclipses.* A lunar eclipse, which occurs whenever the moon enters the Earth's shadow, will be visible to anyone who can see the moon at the time.

More than 100 lunar eclipses could have occurred in this epoch. However, I have been able to find only one in an Andalusian historical source for Cordova -- although more well come to light if more extensive research can be done. The source I am referring to is *al-Muqtabas* by Ibn Hayyan, specifically the section dealing with the caliphate of al-Hakam II, although the text on this eclipse seems to coincide with al-Razi. This text mentions a total lunar eclipse for Monday 14th of *dhu'l-hijja* (15th September 973), which coincides with Oppolzer's lunar eclipse n. 3369.

It seems likely that if this eclipse was described in this source, it must have been because visibility was good enough to allow its observation. I am by no means claiming that this was the eclipse observed by Maslama. But this eclipse is as good as any other for testing Al-Khwarizmi's tables.

We realized, of course, that it was almost impossible that Maslama could have had a connection with somebody able to observe the eclipse in such a mythical place as Arin. What he had was a *zij,* al-Khwarizmi's *zij,* calculated for Arin: a *zij* that Maslama himself had partially adapted to the meridian of Cordova, which was reason enough for him to feel the need to determine the distance in longitude between the two cities. Therefore it seems that Maslama observed an eclipse in Cordova and calculated the same eclipse for Arin, using the mean motion tables prepared by al-Khwarizmi for this city. This, as we have seen, is the procedure suggested by Ibn al-Saffar in his *al-Zij al-Mukhtasar.*

In fact, in the preserved versions of Maslama's adaption of al-Khwarizmi's *zij*, we find two types of tables that could be used to calculate a lunar eclipse: (1) The mean motion tables of the sun and moon, already mentioned, prepared for Arin and not converted to the meridian of Cordova; and (2) tables for the calculation of conjunctions and oppositions of sun and moon for the meridian of Cordova -- that is, corrected or calculated for Cordoba by Maslama.

We checked this eclipse using al-Khwarizmi's mean motion tables (the ones not adapted by Maslama to Cordova), and our conclusion is that the

calculated data coincide very well in all respects with the data provided by Oppolzer.

Here the most important detail is the distance between Cordova and Arin, which turned out to be a very good approximation:

Maslama's distance	4;12 h. = 63°
Distance by our calculation	4;10,51 = 62;30,03°
Eclipse Magnitude in Digits	
Calculated using al-Khwarizmi's tables	$17;05,39^{d}$
Magnitude in Oppolzer	$17;12^{d}$
Half Time of Totality	
Using al-Khwarizmi	$43^{m}11^{s}$
In Oppolzer	45^{m}
Half Time of Immersion	
Using al-Khwarizmi	66^{m}
In Oppolzer	64^{m}

As Chabas and Roca[61] have proven, as far as lunar eclipse predictions are concerned, the differences between observations and calculations were generally small in the Middle Ages and the Early Renaissance, ranging from 0;04° to a maximum of 0;14° or 0;15°, which would mean a difference in longitude of a maximum of 3°. Kennedy[62] has also shown that Samarqandi's lunar eclipse calculations conform very well to Oppolzer's. In fact, Aaboe[63] proved that the Babylonian lunar theory of the Seleucid period was entirely capable of predicting lunar eclipses.

In conclusion, the "meridian of water," which originated in the tenth century as yet another of the interesting peculiarities of Andalusian science, and is attested to in an important number of geographical tables, astronomical texts, qibla texts, and scientific instruments, yields an extremely accurate value when used to calculate the length of the Mediterranean.

---

61 Chabas, J. and Roca, A., *El "Lunari" de Bernat de Granollachs,* Barcelona, 1985, pp.79-89.

62 "Eclipse Predictions in Arabic Astronomical Tables Prepared for the Mongol Viceroy of Tibet," *Astronomy and Astrology in the Medieval Islamic World.* Aldershot: Variorum, 1998, XIV.

63 "Remarks on the Theoretical Treatment of Eclipses in Antiquity," *Journal for the History of Astronomy,* III (1972), pp.105-118.

Les localités du Maghreb et le méridien d'eau dans le Tādj al-azyādj *d'Ibn Abī l-Shukr al-Maghribī*[1]

L'objectif de ce texte c'est d'étudier les tables de coordonnées géographiques qui se trouvent dans les trois manuscrits conservés du *zīdj* d'Ibn Abī l-Shukr al-Maghribī al-Andalusī appelé *Tādj al-azyādj*.

Il s'agit des manuscrits suivants: Le manuscrit arabe 932 de la Bibliothèque du Monasterio del Escorial, que nous allons appeler A; le manuscrit conservé au Département d'Arabe de l'Université de Barcelone, que nous appellerons B; et le manuscrit 4129 de la Bibliothèque Chester Beatty de Dublin (4129), par la suite C.

Il y a deux tables de coordonnées géographiques différentes dans les manuscrits du *Tādj al-azyādj* conservés. La première table correspond au manuscrit de l'Escorial. Il comprend 146 localités, dont 50 sont *maghribī* et 96 *mashriqī*. La deuxième est la table des manuscrits B et C, qui inclut seulement 16 localités, dont 12 sont *maghribī* et 4 *mashriqī*.

Il y a une annotation dans la marge de la table du manuscrit C dans laquelle on nous informe que la table n'appartient pas au *zīdj* (*wa laysa huwa min hādhā al-ta'līf*). Ceci, plus les différences entre les deux tables, non seulement au regard du numéro de localités (16/146), mais aussi par rapport à la situation de la table dans les deux groupes des manuscrits (B et C, à la fin du manuscrit, et A, au milieu) et les // différentes valeurs, paraît indiquer que la table des manuscrits B et C est une addition du copiste maghrébin.

1. Ce travail s'inscrit dans le programme de recherche sur la Circulation de la pensée sur l'astronomie en Méditerranée entre le XIIe et le XIXe siècles (2001-2004), sponsorisé par la Dirección General de Investigación Científica y Técnica du Ministerio de Educación y Ciencia espagnol et la Generalitat de Catalunya.

La connaissance du fait que les deux tables, ou une des deux tables, appartiennent à cet auteur, plus l'étude des localités du Maghreb dans les deux tables, et spécialement l'étude de l'utilisation du méridien d'eau pour les localités occidentales, peut nous indiquer si l'auteur conserve quelque caractéristique maghrébine ou si les deux *zīdjes* sont orientaux et les tables de coordonnées géographiques sont maghrébines. Parce que la seule caractéristique que le *Tādj* partage avec les *zīdj*es occidentaux c'est précisément l'emploi du méridien d'eau.

De façon que, si certaines tables employant le méridien d'eau appartiennent à l'auteur du *Tādj*, c'est possible qu'Ibn Abī l-Shukr ait été l'introducteur du méridien d'eau *andalusī* dans les tables de coordonnées géographiques persanes,[2] où ce méridien est bien documenté.

Le nom de l'auteur du *Tādj*, selon les différentes sources, semble être Abū 'Abd Allāh Muḥyī al-Milla wa-l-Dīn Yaḥyā Ibn Muḥammad Ibn Abī l-Shukr al-Maghribī al-Andalusī al-Qurṭubī,[3] bien que dans les manuscrits du *Tādj* et d'autres œuvres il n'apparaît pas toujours de la même manière.

// La *nisba* c'est pratiquement la seule chose qui le rattache à al-Andalus et al-Maghrīb. Par contre, on sait très bien qu'il a vécu à Damas jusqu'à environ l'année 1258, quand on dit qu'il a écrit le *Tādj*. Après ça il est parti pour Marāgha où il a composé son *Adwār al-Anwār madā al-Duhūr wa-l-Akwār* (1275) et où il finit ses jours pendant le mois de *rabī' al-awwāl* 682h /1283.

2. M. Comes, «The "Meridian of Water" in the Tables of Geographical Coordinates of al-Andalus and North Africa», *Journal for the History of Arabic Science*, 10 (Aleppo, 1994), 41-51 (réimprimé dans *The Formation of al-Andalus*, 2: *Language, Religion, Culture and Sciences*, ed. M. Fierro, J. Samsó, Variorum, Aldershot, 1998, 381-391) et «Islamic Geographical Coordinates: al-Andalus Contribution to the Correct Measurement of the Size of the Mediterranean», *Science in Islamic Civilisation*, Istanbul, 2000, 123-138.

3. Pour plus d'information sur cet auteur, voir E.S. Kennedy, «A Survey of Islamic Astronomical Tables», *Transactions of the American Philosophical Society*, New Series, 46.2 (1956) (réimpression: *ibid.* sans date [c. 1990], 123-177); G. Saliba, «An Observational Notebook of a Thirteenth-Century Astronomer», *Isis*, 74 (1983), 388-401 (rep. dans G. Saliba, *A History of Arabic Astronomy. Planetary Theories during the Golden Age of Islam*, New York-London, 1994, 163-176); C. Dorce, «L'Astronomia pre-Copernicana de Marāga en el Magrib; tècniques de càlcul en el *Taj al-azyaj* de Muḥyī al-Dīn al-Magribī», thèse doctorale lue à l'Université de Barcelone (2001). Voir aussi S. Tekeli, *Dictionary of Scientific Biography* (DSB), XVI v, New York, 1970-1980, IX, 555-557; M. Comes, *Diccionario de Autores y Obras Andalusíes* (DAOA), vol. I, Granada, 2002, 381-385, et *Biographical Encyclopaedia of Astronomers* (BEA), Kluwer Academic Publishers, sous presse.

Le *Tādj*, qui s'intitule *Tādj al-azyādj wa Ghunyat al-Muḥtādj (al-muṣṣaḥ bi-Adwār al-Anwār ma'a al-raṣad wa-l-al-i'tibār* dans le ms. A), représente une interruption de la tradition maghrébine des tables astronomiques, établie par Ibn Isḥāq al-Tūnisī, Ibn al-Bannā' al-Marrākushī, Ibn al-Raqqām, etc., qui était basée dans la tradition d'al-Andalus. Les seuls matériels d'al-Andalus que nous trouvons dans le *Tādj* sont les tables de coordonnées géographiques. Mais, comme nous avons déjà vu, ce n'est pas sûr que ces tables appartiennent au *Tādj,* en particulier la table des manuscrits B et C.

L'écho du *Tādj* peut être retrouvé au Maghreb et aussi dans l'Europe latine et hébraïque, spécialement à Barcelone. La principale caractéristique qui différentie le *Tādj* des *zīdj*es d'al-Andalus c'est l'abandon des modèles de trépidation des équinoxes et le fait de proposer un paramètre nouveau pour la précession, qui se trouve dans la table du *Tādj* intitulée *Djadwāl ḥarakat al-falak al-mukawkab fī l-falak al-aqṣā al-ghayr mukawkab*.

On a toujours dit que le *zīdj* d'Ibn Abī l-Shukr qui s'intitule *Adwār al-Anwār* (il y a un seul manuscrit, désormais ms. D3) avait été écrit à Marāgha environ 1275, de même que le *Tādj al-azyādj* aurait été écrit à Damas pendant l'année 1258. Cela veut dire que le *Tādj* aurait été réalisé approximativement 20 années avant l'*Adwār*. Mais il y a certains faits qui font penser que le *Tādj* ou quelques unes de ces tables, ou les copies employées dans le Maghreb, ont été écrits ou modifiés après la composition de l'*Adwār*. La question // est: est-ce que ces tables ont été composées par Ibn Abī l-Shukr lui-même à Marāgha ou ont-elles été préparées ou bien introduites par les copistes du Maghreb d'après l'*Adwār*?

Or il y a une référence à l'emploi des observations astronomiques faites par Ibn Abī l-Shukr et introduites dans l'*Adwār al-Anwār,* non seulement dans le titre du *Tādj*, qui peut être une introduction postérieure, mais aussi dans le prologue, en particulier dans le manuscrit A.[4]

Mais ceci n'est pas tout: dans le *Tādj* il y a une table qui présente une valeur de la précession des équinoxes très correcte et qui a été employée dans le Maghreb depuis l'introduction du *Tādj*. Mais, comme on peut déduire de Saliba,[5] Ibn Abī l-Shukr n'emploie pas cette valeur de la précession (1°/74 années arabes, 1°/72 an-

4. Voir M. Comes, «The "Meridian of Water" in Ibn Abī l-Shukr's "Tāj al-azyāj"», prochaine publication dans le *Journal for the History of Arabic Science*.

5. Cf. G. Saliba, «An Observational Notebook of a Thirteenth-Century Astronomer», *Isis,* 74 (1983), 390 (réimprimé dans *A History of Arabic Astronomy. Planetary Theories during the Golden Age of Islam*, New York-London, 1994), et C. Dorce, «L'Astronomia pre-Copernicana de Marāga...», 250.

nées persanes) dans l'*Adwār al-Anwār*, au contraire, il emploie l'ancienne valeur (1°/66 années arabes), employée par la majorité des astronomes arabes.

Alors, est-ce que cette table a été aussi introduite au Maroc par des astronomes maghrébins et n'appartient pas au *Tādj*, ou elle a été composée au Maroc?

Il y a beaucoup plus d'indications qui montrent que le *Tādj*, tel que nous le connaissons aujourd'hui, n'avait pas été écrit à Damas. Ces indications nous font voir que la version conservée du *Tādj* a été compilée après les observations faites à Marāgha par Ibn Abī l-Shukr, parce qu'elle inclut beaucoup de valeurs obtenues d'après ces observations.[6] Aussi il y a valeurs, telles que l'obliquité de l'écliptique (23;30°), qui sont employées uniquement par les astronomes de Marāgha comme al-Ṭūsī, al-Kāshī, etc.

Concrètement, dans la table intitulée *Djadwal maṭāli' al-burūj*, qui se trouve dans les manuscrits A et C, on affirme que la latitude pour Damas // de 33;20° avait été déterminée par l'observation. Cette valeur ne se trouve dans aucune autre source, excepté dans son autre *zīdj* (*Adwār al-Anwār*) MAG; dans les tables géographiques d'al-Wābaknawī (1330) MUN (un astronome persan qui parle de l'Observatoire de Marāgha —fermé c. 1316— comme une chose du passé), et dans les tables d'al-Kāshī[7] (1420) KAS (qui montrent aussi l'influence d'Ibn Abī l-Shukr), malgré que dans d'autres sources précédentes telles que al-Bīrūnī (1040) BIR et al-Zayyāt (1058) ZAY, on trouve la valeur correcte (33;30°).[8] Cette valeur (33;20°) dite 'observée' apparaît dans le titre de quelques tables et aussi dans les trois tables géographiques: les deux tables du *Tādj* et la table de l'*Adwār*.

La date de composition, qui se trouve à la fin des canons du manuscrit A, bien qu'elle n'apparaît pas dans les manuscrits B et C, est 657 (1258-1259), et le lieu de composition, Damas: *kataba-hu Yaḥyā Ibn Muḥammad Ibn Abī 'l-Shukr al-Maghribī al-Andalusī bi-madīnat Dimashq al-Maḥrūsa sanat sab'a wa-khamsīna wa-sittumi'at li-l-Hidjra*.

6. Voir M. Comes, prochaine publication dans le *Journal for the History of Arabic Science*.

7. 'Survey' de Kennedy, n. 35. Voir aussi E.S. and M.H. Kennedy, *Geographical Coordinates of Localities from Islamic Sources*, Frankfurt am Main, 1987 (MUN). Les codes des sources sont tirés du *Geographical Coordinates* d'E.S. et M.H. Kennedy. Le corpus des données est en train d'être complété par M. Comes. Il comprend la nouvelle table du *Tādj* (ms. B et C), aussi bien que de nouvelles sources (Andalusī, Maghribī et Européenne), en Latin, Castillan, Catalan, Arabe ou Hébreu, d'autant plus qu'elles proviennent de sources islamiques. Voir aussi M. Comes, «Islamic Geographical Coordinates: al-Andalus Contribution».

8. Kennedy, *Geographical Coordinates* (BIR et ZAY).

Donc tout fait penser que le *Tādj* aurait été écrit une deuxième fois ou copié une fois encore à Marāgha, d'après les observations conduites par Ibn Abī l-Shukr dans l'observatoire de cette ville. Une autre possibilité est que les copies faites au Maghreb aient été corrigées avec les nouvelles tables et paramètres provenant des observations de Marāgha et conservés dans l'*Adwār*, même si aujourd'hui on ne conserve aucune copie maghrébine de ce *zīdj*.

Il faut remarquer que les trois manuscrits du *Tādj* furent non seulement copiés mais aussi employés au Nord de l'Afrique.

// Le manuscrit A (Bibliothèque du Monasterio del Escorial, Árabe 932) fut copié à Tunis, au mois de *Muḥarram* 797/Novembre 1394, par Muẓaffar Ibn 'Abd Allāh, avec la collaboration d''Abd al-'Azīz b. Mas'ūd b. 'Abd al-'Azīz al-Tilimsānī al-Mālikī, qui avait été *muwaqqit* à Damas, Jérusalem, Tunis et Fès. Les tables du ms. A contiennent des notes relatives à Tunis, la ville dans laquelle le manuscrit fut copié. Cette ville, avec la ville de Fès, apparaît aussi mentionnée à la fin des canons. Il ne faut pas oublier qu'un des copistes, appelé al-Tilimsānī (de Tlemcen), avait été *muwaqqit* dans les villes de Damas, Jérusalem, Tunis et Fès. On y trouve aussi, près de la table de mouvements moyens du soleil, une mention de la ville du Caire pour l'année 720/1320.

Le manuscrit B (Département d'Arabe de l'Université de Barcelone) fut copié par 'Abd Allāh al-Ṣanhājī al-Dādisī, *muwaqqit* à Marrakech, mais nous n'avons pas la date.[9] Les positions radix des tables des mouvements moyens de ce manuscrit sont pour les villes de Damas, Tlemcen et Fès.

Le manuscrit C (Chester Beatty Library, Dublin, 4129) fut copié par Muḥammad b. 'Abd al-Qādir al-Fāsī à Fès, à la fin du mois de *shawwāl* 1155/1742-1743.[10] Dans la marge de la table de mouvements moyens pour la lune de ce manuscrit il y a des notes marginales que nous informent de la différence qu'on doit ajouter si on veut les calculer pour les villes de Tlemcen et Marrakech. Comme dans le manuscrit B, les positions radix pour les mouvements moyens sont pour Damas, Tlemcen et Fès.

La référence à Tlemcen et à l'année 948 (1541-1542) qui se trouve dans les manuscrits B et C semble indiquer que les deux manuscrits proviennent de la même source. Si le manuscrit C a été copié à Fès le 1155/1742, alors la référence à l'année 948 qui se trouve dans les deux manuscrits peut indiquer que C dépend de B ou que les deux manuscrits dépendent d'une autre copie qui n'a pas été retrouvée.

9. Voir M. Comes, «A new manuscript...».

10. Jusqu'au moment il n'a pas été étudié.

Il est clair qu'à l'exception de Jérusalem, du Caire et de Tunis, qui figurent seulement dans le manuscrit A et qui témoignent de la vie du // copiste —il s'agit d'un *muwaqqit* actif dans ces villes—, la plupart des lieux mentionnés, explicitement ou implicitement, dans les trois manuscrits, c'est-à-dire Damas, Fès, Tlemcen et Marrakech, coïncident. Cela nous indique, premièrement, le lieu d'origine (Damas) et, deuxièmement, le lieu d'emploi (al-Maghrib).

On doit considérer aussi les dates mentionnées dans les manuscrits: les dates relatives à Damas sont pour tous les manuscrits les années 630/1232-1233; 655/1257-1258; 657/1258-1259; la première date relative à Tlemcen, 657/1258-1259, fait référence aussi aux trois manuscrits. À partir de ce moment-là, les manuscrits B et C semblent avoir suivi des chemins différents de celui du manuscrit A, parce que la deuxième date relative à Tlemcen, 948/1541-1542, coïncide seulement dans les manuscrits B et C. Après ce moment-là, les manuscrits B et C divergent aussi.

Alors, le manuscrit A semble avoir été à la base du manuscrit B ou C, ou d'un manuscrit perdu qui aurait été la source de ces deux-là. Cette source aurait été trouvée à Tlemcen entre le début du XIVe siècle et la moitié du XVIe siècle.

Il faut aussi indiquer que les trois manuscrits emploient l'écriture *maghribī*. Cependant, la notation *abdjadī* dans les tables est *mashriqī* (*Sīn* = 60, *ṣād* = 90, etc.), à l'exception de la table de coordonnées géographiques des manuscrits B et C, où la notation est aussi *maghribī* (*ṣād*= 60, *ḍād* = 90, etc.). Il y a une note dans la marge du ms. A où on peut lire que la notation *abdjadī* employée est *mashriqī*. À ce qu'il semble, le lecteur a voulu signaler cette caractéristique, en raison de la différence avec la notation employée dans al-Maghrib, et la conséquente possibilité d'erreur.

Comme on a déjà dit, la première page du manuscrit B, où devait apparaître le nom de l'auteur et le titre du livre, est perdue. Cela explique pourquoi le manuscrit est resté sans auteur pendant très longtemps. Les manuscrits A et B (pas C) incluent à partir de la deuxième page un index avec les titres des 100 chapitres, qui coïncident à la lettre avec l'exception du premier chapitre, lequel était dans le manuscrit B probablement à la fin de la première page perdue mentionnée précédemment. Les autres chapitres coïncident mot à mot. Les canons coïncident aussi presque exactement, si l'on excepte le // chapitre astrologique à la fin du manuscrit A qui probablement n'appartient pas au *Tādj*.

Mais les tables montrent quelques différences par rapport à son nombre et aussi au contenu et à l'ordre suivi dans la présentation.

Quant au nombre de tables, il faut dire que certaines se trouvent dans les manuscrits B et C, et pas dans le manuscrit A. Ces tables sont: les tables d'éclipses

lunaires et solaires; les tables de parallaxe pour les sept climats; les tables de mouvement de la lune et du soleil pour 1 jour et 1 heure; une table du *Minhādj* d'Ibn al-Bannā', qui nous signale dans son titre qu'elle ne coïncide pas avec le *zīdj* d'al-'Aṭṭār[11]. Le cas contraire est le cas de la table pour le *fatḥ al-nathrī*, qui se trouve dans A mais pas dans B et C.

Les tables des apogées des planètes ajoutent un problème à la question. Entre les tables de mouvements moyens qui se trouvent dans le manuscrit B, il y a une table pour les apogées qui ne se trouve pas dans les manuscrits A et C. Les apogées de cette table ne coïncident pas avec les apogées qui figurent dans les tables de mouvements moyens lesquels coïncident avec les apogées de la table de précession des équinoxes. D'autre part, dans le manuscrit C, il y a une autre table pour les apogées différente de la table dont nous venons de parler et qui appartient au manuscrit B. La table des apogées du manuscrit C, datée entre 990/1582-1583 et 1170/1756-1757, est attribuée par le copiste à Ibn al-Shāṭir, qui l'aurait inclue dans son *Zīdj al-djadīd* (m. 1375 J. C.), connu dans le Maghreb depuis 1400 environ.

En marge des tables des apogées, les différences en contenu se trouvent principalement dans la table de coordonnées géographiques. La table du manuscrit A, avec 146 localités, se trouve immédiatement après les tables chronologiques, mais avant les tables de mouvements moyens. La table a l'apparence des tables persanes qui proviennent de Marāgha, telles que TUS, ULG, SHA.

// La table de coordonnées géographiques des manuscrits B et C est complètement différente. Elle contient seulement 16 localités et se trouve à la fin des manuscrits. C'est probablement une table introduite par le copiste, et la note sur la marge du manuscrit C (*wa laysa huwa min hādhā al-ta'līf*) ainsi le témoigne.

Cependant, ces tables ont quelques caractéristiques en commun. La plus importante a une origine *andalusī* et c'est l'emploi du 'méridien d'eau'[12] pour les localités occidentales.

Voilà les localités d'al-Andalus et al-Maghrib dans les deux tables: al-Andalus: A (11/146); B/C (3/16) / al-Maghrib: A (2/146); B/C (6/16). Coïncident: Sibta, Fās, Garnāṭa et Mālaqa.

11. Probablement Aḥmad b. 'Abd Allāh al-'Aṭṭār al-Malīlī (d. 741/1340), grammairien et astronome maghrébin, contemporain d'Ibn al-Bannā'. Celui-ci semble être la seule référence connue à un *zīdj* écrit par cet auteur. Voir D. Lamrabet, *Introduction à l'histoire des mathématiques maghrébines*, Rabat, 1994, n. 390.

12. Voir M. Comes, «The "Meridian of Water" in the Tables of Geographical Coordinates of al-Andalus and North Africa» et «Islamic Geographical Coordinates: al-Andalus Contribution....».

Si l'on compare ces tables avec la table de l'*Adwār,* on trouve la représentation de ces villes dans les quatre manuscrits:

A) Saraqusṭa, Mursiyya, al-Mariyya, Ṭulayṭula, Qurṭuba, Garnāṭa, Mālaqa, Shantarīn, Balansiyya, Sibta, Ṭandja, Fās.
B et C) Sibta, Fās, Marrākush, Miknāsa, Tāza, Sidjilmāsa, Tilimsān, Garnāṭa, Mālaqa.
D) Al-Djazīra, al-Mariyya, Baṭlayaws, Mārida, Saraqusṭa, Mursiyya, Qurṭūba, Dāniya, Garnāṭa, Jayyān, Mayūrqa, Ṭulayṭula, Ishbiliyya, Shantarīn, Mālaqa, Ṭurṭūsha, Balansiyya, Sibta, Fās, Marrākush, Salā, Sidjilmāsa, Ṭandja.

Si on compare les tables A, B/C et D avec les tables étudiées par Kennedy et Comes,[13] on peut voir que:
// Table A (146 entrées):

- Les localités orientales coïncident avec D (*Adwār al-anwār*) et avec quelques tables persanes, comme MUN (al-Wābaknawī); KAS (al-Kāshī); ZAH (anonymes); FRK (astrolabe); ULE (annexée à une copie du *zīdj* d'Ulugh Beg); ASL (astrolabe); BAK (Bakawī); SML (anonymes), etc.
- Les localités occidentales coïncident dans un 50 % des cas avec D et seulement dans un 33 % des cas avec B/C. Dans les cas où B/C coïncide avec A, elles coïncident aussi avec D. C'est-à-dire qu'il y a des cas ou A, B, C et D coïncident. Les localités occidentales ont à voir avec MAR (al-Marrākushī) et QBL (Zayn al-Dīn al-Dimyāṭī), mais pas avec la même intensité que dans D.

Table B/C (16 entrées):

- De façon générale, les valeurs des localités orientales s'accordent avec les valeurs des mêmes localités dans les tables des manuscrits A et D et avec ces deux groupes de tables persanes.
- Les valeurs des localités occidentales, en général, s'accordent avec les valeurs des tables d'al-Andalus et al-Maghrib, telles que KAM (Ibn al-

13. Voir E.S. et M.H. Kennedy, *Geographical Coordinates...*, et la nouvelle version de la base de données que M. Comes est en train de compléter.

Kammād), BAN (Ibn al-Bannā'), et spécialement RQM (Ibn al-Raqqām), QUS (al-Qusanṭīnī) et MAR (al-Marrākushī). Il y a, cependant, quelques localités dans al-Maghrib qui ont des valeurs originales, ou tout au moins, des valeurs qui ne se trouvent pas dans les tables connues.

C'est le cas de Miknāsa, Sidjilmāsa et Tilimsān, et très particulièrement de Miknāsa, la seule localité pour laquelle les minutes de latitude n'ont pas été arrondies (33;32°). Nous connaissons quelques références dans des ouvrages maghrébins d'un astronome de Meknès qui en 602/1205-1206 était en train de faire des observations astronomiques dans cette ville, axées particulièrement sur l'obliquité de l'écliptique.

Table D (211 loc.; MAG: *Adwār al-Anwār*):

Comme dans le cas de la table A, cette table a un certain rapport avec le groupe des tables persanes, en ce qui concerne les localités // orientales et avec MAR (al-Marrākushī) et QBL (Zayn al-Dīn al-Dimyāṭī), pour les localités occidentales (11 sur 17 coïncident).

Alors il faut penser à la possibilité que ces tables aient une origine différente. Comme nous avons déjà vu, il y a plusieurs caractéristiques qui signalent la possibilité que les tables de coordonnées géographiques, quand même la table des manuscrits B et C, n'appartiennent pas au *Tādj*:

1) La note marginale dans le manuscrit C, selon laquelle la table n'appartient pas au *zīdj*.
2) Le fait que les différences du contenu des tables portent principalement sur la table de coordonnées géographiques.
3) Le pourcentage de localités du Maghreb dans la table des manuscrits B et C est approximativement de 70 %, alors qu'il est de 30 % dans la table du manuscrit A.
4) Le fait que la table de coordonnées géographiques des manuscrits B et C soit la seule table à employer le système de notation de l'*abdjad maghribī*, pendant que le reste des tables de ces manuscrits et la table de coordonnées géographiques du manuscrit A emploient le système *mashriqī*.
5) Finalement, il faut signaler que l'on trouve de nouvelles coordonnées pour certaines localités maghrébines dans la table des manuscrits B et C.

Alors, le plus probable est que la table du manuscrit A soit la table originale du *Tādj*, et que pour des raisons méconnues la table se soit perdue ou que l'abondance des localités orientales ait pu rendre la table presque inutile au Nord de l'Afrique, tandis que les manuscrits B et C incluent une nouvelle table, probablement basée sur la précédente, plus appropriée aux besoins d'al-Maghrib. L'emploi de la précédente pour quelques localités peut expliquer l'inclusion de cette nouvelle longitude incorrecte pour Damas.

// La diffusion du *Tādj al-azyādj* d'Ibn Abī l-Shukr dans le Nord de l'Afrique est importante. On le trouve cité dans beaucoup de sources maghrébines,[14] parmi lesquelles on peut mentionner les suivantes:

- Le *Kitāb al-Adwār fī Tasyīr al-Anwār*[15] de l'astrologue marocain Abū 'Abd Allāh al-Baqqār (821/1418). Le fait que ce titre coïncide avec le titre du *zīdj* composé a Marāgha pour Ibn Abī l-Shukr, l'*Adwār al-Anwār*, est aussi suggestif. Cette similarité, avec les références à l'*Adwār al-Anwār* que l'on trouve dans les manuscrits maghrébins du *Tādj*, fait penser que l'*Adwār al-Anwār*, dont il n'y a qu'un seul manuscrit conservé à présent à Mashhad, Iran, pouvait déjà être connu dans le Maghreb du XIVe siècle.
- Quatre commentaires sur la *Rawḍat al-azhār fī 'ilm waqt al-layl wa-l-nahār* (794/1391-1392), l'*urdjūza* sur la mesure du temps composé à Fès par Abū Zayd 'Abd al-Raḥmān al-Lakhmī al-Jādirī (1375-1416).[16] Il est aussi intéressant de signaler que ces textes étaient écrits à Fès et à Tlemcen, où l'on emploie les manuscrits conservés du *Tādj al-azyādj*. Deux de ces commentaires sont intitulés *Qatf al-anwār min Rawḍat al-azhār*. Le premier (C1) est anonyme (1257/1842), tandis que le deuxième (C2) est dû à Abū Zayd 'Abd al-Raḥmān b. 'Umar b. Aḥmad al-Sūsī al-Jazīlī al-Bu'aqīlī, appelé aussi Ibn al-Muftī (m. 1020/1611),[17] qui semble se baser sur le commentaire de M. b.

14. J. Samsó, «An Outline of the History of Maghribī Zījes»; et M. Comes, «Some New Maghribī Sources dealing with Trepidation», *Science and Technology in the Islamic World*, Brepols, Turnhout, 2002.

15. Ms. Escorial 418. Voir aussi J. Vernet, «Tradición e innovación en la ciencia medieval», *Estudios sobre historia de la ciencia medieval*, Barcelona-Bellaterra, 1979, 188-189.

16. Ms. 80 in the Maktabat al-Zāwiya al-Ḥamzawīya (Ayt Ayache), 203-220. Voir aussi D. Lamrabet, *Introduction à l'histoire des mathématiques maghrébines*, n. 432.

17. D. Lamrabet, *Introduction à l'histoire des mathématiques maghrébines*, n. 511.

Aḥmad b. al-Ḥabbāk // al-Tilimsānī (m. 867/1462-63).[18] Le troisième (c3) a pour titre *Natā'ij al-afkār fī sharḥ Rawḍat al-azhār*. On en connaît trois copies: deux anonymes de 1183/1770, dans lesquelles on trouve comme *annus praesens* 920/1515,[19] et la troisième sans date, mais qui était probablement écrite à la fin du XVIe siècle. Le nom de l'auteur de cette copie est Abū Zayd 'Abd al-Raḥmān al-Jānātī al-Nafāwī.[20] Le quatrième commentaire correspond au *Kanz al-asrār wa-natā'ij al-afkār fī sharḥ Rawḍat al-azhār* (c4) d'Abū l-'Abbās al-Māwāsī al-Fāsī (m. 911/1505).[21]

De plus, on trouve la table de précession des équinoxes, basée sur la table d'Ibn Abī l-Shukr, dont on a déjà parlé, dans un manuscrit maghrébin de 785/1383-1384.[22]

Il faut noter que la copie du *Tādj al-azyādj* conservée à la Bibliothèque du Monasterio del Escorial (Madrid) a été faite à Tunis en 1394, sous la supervision de l'auteur de ce manuscrit, qui a été *imām* et *muwaqqit* dans les villes de Fès, Tunis, Jérusalem et Damas.

Cette table se trouve aussi dans les *Tables de Barcelone* du roi Pierre le Cérémonieux, composées par l'astronome juif Jacob // Corsuno.[23] Jacob Corsuno est

18. Ms. Caire K 7584. Voir D.A. King, *A Survey of the Scientific Manuscripts in the Egyptian National Library*, Winona Lake, Indiana, 1986, 142 (n. F43) et *Fihris al-makhṭūṭāt al-'ilmiyya bi-Dār al-Kutub al-Miṣrīya I*, Caire, 1981, 352. Il y a d'autres copies à Rabat et London, mais je n'ai pas pu les consulter. Voir aussi D. Lamrabet, *Introduction à l'histoire des mathématiques maghrébines*, n. 445.

19. Mss. Caire K 4311 et London British Library Or 411 (D.A. King, *A Survey*, 139, F 26). Pour ce travail j'ai employé le ms. K 4311.

20. Ms. Maktaba Ḥamzawīya (Ayt Ayache) 80, 228-334.

21. J'ai pu voir un microfilm de la Bibliothèque Hasanīya de Rabat (ms. 2151) après la présentation de la communication au Congrès. Comme le ms. n'est pas court (234 pp.), je l'ai employé uniquement pour vérifier certaines données. Références complètes sur la trépidation, et quelques paragraphes se trouvent reproduits pratiquement avec les mêmes paroles dans le ms. K 4311 (ff. 4r-5v), voir pages 35-36. Les pages 37 à 40 sont consacrées au problème de l'obliquité de l'écliptique. Pour une information plus exhaustive sur ce mathématicien, voir D. Lamrabet, *Introduction à l'histoire des mathématiques maghrébines*, n. 463.

22. *Risālat al-sayb fī 'amal al-jayb* par 'Abd al-'Azīz b. Mas'ūd, ms. Escorial, Árabe 918.

23. Malgré que cette table ne se trouve pas dans tous les manuscrits, elle apparaît au moins dans trois manuscrits: Le ms. catalan 21 de la Bibliothèque Mata (Ripoll) et les mss. hébreux 132 de la Wien Nationalbibliothek, 10263 de la Bibliothèque Nationale de Paris et 356 de la Bibliothèque du Vatican. Voir J.M. Millás, *Las tablas astronómicas del rey don Pedro el Ceremonioso*, Madrid-Barcelona, 1962.

aussi présent dans d'autres textes sous l'influence d'Ibn Abī l-Shukr's, tels que le *Natā'ij al-afkār*, un des commentaires à la *Rawḍat al-azhār*, où l'auteur anonyme mentionne les observations astronomiques faites à Barcelone par Abū Kursūm al-Yahūdī, notre Jacob Corsuno.[24]

Il y a une table pareille dans la recension du *zīdj* d'Ibn Isḥāq,[25] qui a pour titre *Jadwal ḥarakat Qalb al-Asad wa-sā'ir al-kawākib al-thābita wa-l-nuqaṭ wa-hiya ḥarakat al-iqbāl bi-wadjh muqarrab wa-sinū-hu fārisiyya*, malgré que les paramètres soient différents.

L'acceptation d'Ibn Abī l-Shukr au Maghreb n'est pas étonnante, puisqu'il était un astronome de premier niveau, capable de déterminer des positions planétaires avec une marge d'erreur de moins d'un degré, comme le démontrent les calculs modernes.

Nous avons déjà vu qu'Ibn Abī l-Shukr a eu une importante influence dans l'astronomie du Nord de l'Afrique et de l'Europe, où nous trouvons reproduite, par exemple, sa table de précession des équinoxes.

Quant aux tables des coordonnées géographiques, il est évident que la table qui se trouve dans les manuscrits B et C n'appartient pas au corpus du *Tādj* —malgré qu'il y a une certaine dépendance de la // table du *Tādj*—, mais elle est tout probablement une addition maghrébine. La table du ms. A, d'autre part, semble être la table originale du *Tādj*, en particulier par les coïncidences avec la table du manuscrit D, qui correspond au *zīdj* d'al-Marrākushī composé à Marāgha, dont on ne connaît à présent qu'une copie conservée à Masshad, Iran. Les manuscrits A et D ont certains rapports avec les tables d'al-Dimyāṭī (QBL) et al-Marrākushī (MAR), deux auteurs que l'on associe à l'Egypte.

Tout cela peut être expliqué parce que les manuscrits A, B et C coïncident à citer Damas (657/1257-1258), la place et la date de la composition du *Tādj*, et qu'ils suivent ensuite des parcours différents: le manuscrit A au Caire (720 /1320-1321), et cela le met en rapport avec l'Egypte, et les manuscrits B et C à Tlemcen

24. Ms. K 4211, f. 5. Il y a un manuscrit d'une copie de l'*Almageste*, écrit par un élève de Jacob Corsuno à Saragosse (XIVe siècle), voir KUNITZSCH, ZGAIW, 14 (2001), 31-37.

25. Le *zīdj* d'Ibn Isḥāq a été étudié par A. Mestres dans sa thèse doctorale présentée à l'Université de Barcelone, sous le titre *Materials andalusins en el Zīj d'Ibn Isḥāq al-Tūnisī* (2000) (avec une introduction et commentaire en anglais). Voir aussi, du même auteur, «Maghribī Astronomy in the 13th Century: a description of Manuscript Hyderabad Andra Pradesh State Library 298», dans *From Baghdad to Barcelona. Studies in the Islamic Exact Sciences in Honour of Prof. Juan Vernet*, 2 vol. I, Barcelone, 1996, 383-443.

(948/1541-1542), ce qui explique pourquoi ils ont été conservés au Maroc, où la nouvelle table consacrée à des localités surtout maghrébines aurait pu être ajoutée, peut-être parce que la table orientale n'était pas utile ou parce qu'elle avait été perdue.

Il faut signaler finalement que dans la plupart des occasions où il y a une différence entre les manuscrits, c'est le ms. A qui est différent de B et C. Cela veut dire que les différences ont eu lieu à partir des copies faites en Egypte ou au Maghreb.

La cartografia a Mallorca i a Barcelona

1. INTRODUCCIÓ

Els mapes i les tècniques cartogràfiques han tingut sempre una gran importància en el desenvolupament de la cultura, la qual, es miri com es miri, requereix la referència permanent de la seva ubicació geogràfica. Des de temps molt antics, l'home ha tractat per diversos mitjans, que podríem anomenar *cartogràfics*, de descriure l'entorn en el qual viu, on es desenvoluparen els seus orígens, la seva cultura i civilització, i de comprendre també l'entorn del veí, per tota mena de raons: polítiques, socials, econòmiques i culturals. D'altra banda, la cartografia forneix un enorme cabal d'informació. Evidentment, la seva primera finalitat és indicar la manera més ràpida o segura d'anar d'un lloc a un altre. Però també serveix per a informar de com s'entén el món en una època i un lloc determinats i com els pobles es relacionen amb els seus veïns.

Caldria, però, definir en primer lloc que és el que entenem per *cartografia*. Generalment, s'entén per *cartografia* l'art, la ciència i la tècnica de la representació de la Terra, o més concretament d'una part de la Terra, així com l'estudi dels mapes com a documents artístics, històrics i científics. Al prefaci del volum 1 de *The History of Cartography* (1987, p. XVI) es defineix el mapa com una representació gràfica que facilita la comprensió espacial de les coses, els conceptes, les condicions, els processos o els esdeveniments en el món dels homes.

Dins, doncs, de la cartografia s'inclouen les cartes nàutiques, que són precisament els documents que ens interessen.

En poques paraules, la carta nàutica és la representació plana de les costes d'un o més mars, que permet la navegació per rumbs, és a dir, que proporciona la possibilitat de determinar la posició de la nau i assenyalar la derrota entre dos ports, i conté tots els accidents geogràfics, el coneixement dels quals facilita el tràfic marítim. Pel que fa a la terminologia, però, s'ha de dir que és conflictiva, atès que els mots emprats per a referir-se a les cartes de navegar han estat diversos. A l'època medieval ja no era uniforme i s'utilitzaven termes com ara *carta de navegar*, *mappamundi*, *tabula*,

compasso, *carta de marear*, etc. Modernament aquests documents han estat anomenats *carta arrumbada* o *de rumbs*, *loxodròmica*, *de compàs*, *portolana* i *nàutica*, etc. De tots aquests termes contemporanis, *carta portolana* és potser el més utilitzat, sobretot en els estudis anglosaxons, però es presta a confusió, perquè els portolans són, en realitat, aquells llibres o quaderns en què s'anotaven tots els detalls de les costes i els ports i servien als pilots per a orientar-se i, d'alguna manera, sembla que doni a entendre que aquestes cartes eren construïdes per a acompanyar els portolans. Per això, seguint Rey Pastor i García Camarero (1960), utilitzarem el terme *carta nàutica*, que s'apropa més a la terminologia medieval.

Finalment, caldrà també definir què inclourem sota el títol «La cartografia a Mallorca i a Barcelona». Rey Pastor i García Camarero (1960), consideren sota l'epígraf de *cartografia mallorquina* tant les cartes nàutiques signades a Mallorca, com les signades per mallorquins fora de l'illa, sempre que aquesta dada figuri a la carta o estigui ben documentada. A més hi afegeixen totes les cartes anònimes que per raons estilístiques poden ser considerades procedents d'autors o tallers mallorquins i aquelles en les quals les llegendes estan en català. Precisament, aquesta cartografia s'anomena també *cartografia catalana* pel fet que noms i llegendes apareixen escrits generalment en català, tot i que en alguns exemplars estiguin en llatí. Afegirem també les cartes fetes a Barcelona, que són relativament poques. La importància d'aquesta ciutat rau principalment en el fet que els reis Pere III, Joan I i Martí I s'interessessin tan vivament per les cartes i els mapamundis i fossin clients destacats, promotors i sovint mecenes dels cartògrafs mallorquins.

2. CONEIXEMENTS NÀUTICS I GEOGRÀFICS DE L'ÈPOCA

És obvi que per a construir una carta nàutica útil cal disposar d'uns coneixements geogràfics considerables. Per això començarem exposant quins eren els coneixements específics de què es disposava en el moment i en el lloc o llocs de l'aparició de les primeres cartes nàutiques.

Els inicis de les descripcions geogràfiques els trobem a Grècia, uns quatre segles abans de Jesucrist, tot i que les posicions de les diferents localitats s'obtenien gairebé exclusivament mitjançant les mesures itineràries fornides pels viatgers. Hiparc, dos segles abans de l'era cristiana, fou el primer a proposar l'aplicació de les coordenades celestes a la Terra, amb la intenció de determinar la situació dels diferents llocs per la seva longitud i latitud, obtingudes mitjançant procediments astronòmics. És a dir, observacions gnomòniques per a les latituds i observacions simultànies d'eclipsis lunars per a les longituds.

Ptolemeu, dos segles després de Jesucrist, compongué la seva *Geografia* basant-se en l'obra, aviat perduda, de Marinos de Tir, que immediatament eclipsà. Aquesta obra, en vuit volums, conté vuit mil topònims acompanyats de les coordenades geogràfiques corresponents, de les quals només unes quatre-centes latituds són degudes a observacions gnomòniques i, pel que sabem, un parell de longituds correspo-

nen a l'observació d'un eclipsi lunar, concretament entre Arbela (Irbil) i Cartago, mesurament en què cometé un error d'uns 11°. La resta són el fruit de la transformació de mesures itineràries en valors angulars. Sigui com sigui, Ptolemeu representà la consolidació de la geografia de posició i tots els geògrafs posteriors es basaren en el seu llibre. Ptolemeu cometé, però, un error considerable, d'aproximadament uns 20°, en la determinació de la longitud de la Mediterrània, un dels punts clau pel que fa a la confecció de les primeres cartes nàutiques, les quals reflecteixen bàsicament la conca d'aquest mar.

Els primers a recollir tot aquest doll d'informació geogràfica foren els àrabs. Començaren els astrònoms de la Bayt al-Ḥikma (Casa de la Saviesa) de Bagdad a la cort d'al-Ma'mūn (813-833), els quals corregiren l'excés ptolemaic pel que fa a la longitud de la Mediterrània en uns 10° i feren nous mesuraments del grau del meridià terrestre. La determinació geodèsica del valor del grau del meridià terrestre portà a conèixer millor les coordenades geogràfiques que permetrien de recalcular les taules astronòmiques per a un meridià diferent d'aquell per al qual havien estat calculades. Hem de tenir present que el moment en què comencen aquestes determinacions coincideix amb la traducció a l'àrab i l'adaptació al meridià de Bagdad de les taules índies calculades per a Arin o les gregues per a Alexandria, i de la traducció a l'àrab d'importants obres científiques gregues, com ara la *Geografia* de Ptolemeu. Un parell de segles més tard, al-Bīrūnī (al començament del segle XI) desenvolupà importants investigacions geodèsiques, alhora que establí les bases de la trigonometria esfèrica al servei de la geografia matemàtica.

Quan, a partir del segle XI, els àrabs d'occident prengueren la torxa de la ciència, els coneixements geogràfics es desenvoluparen a al-Andalus i a Sicília. A al-Andalus, precisament, es féu el pas més important pel que fa a la determinació de la mida exacta de la Mediterrània. Maslama al-Majrīṭī (*c.* 1007) fou el primer a parlar d'una diferència de longitud entre Còrdova i Arin que determinà un desplaçament del primer meridià occidental, uns 17;30° a l'oest del meridià ptolemaic de les Canàries, i que tingué com a conseqüència una determinació de la longitud de la Mediterrània que arribà a assolir una exactitud tal que només es diferencià en menys de mig grau de les determinacions modernes (Comes, 1994, 1995 i 2000). Aquesta diferència de longitud procedia de la diferència horària determinada mitjançant l'observació d'un eclipsi lunar a Còrdova i el càlcul del mateix eclipsi per a Arin. De fet, fou més producte de la sort que d'un intent concret de determinar la mida de la Mediterrània. El que Maslama tractava de fer era precisament el mateix que els astrònoms d'al-Ma'mūn, és a dir, adaptar unes taules astronòmiques. En aquest cas les taules d'al-Khwārizmī, calculades pel meridià d'Arin, havien de ser adaptades a les coordenades de Còrdova. El nou meridià s'anomenà *meridià d'aigua* perquè anà a raure a les aigües de l'oceà Atlàntic. També se l'anomenà *meridià veritable* en contraposició al *meridià habitat,* que era el de les illes Canàries. D'altra banda, a Sicília destacà un del més grans geògrafs del món musulmà, al-Xarīf al-Idrīsī (1101-1165), nascut a Ceuta d'una família noble de Màlaga que havia estat al poder. Es formà a al-Andalus però, després de viatjar per tot el món, incloent-hi l'Àsia Menor, el nord

Figura 1. Mapa d'al-Idrīsī (1154). Ed. Konrad Miller, *Mappae Arabicae: Arabische Welt und Länderkarten des 9-13 Jahrhunderts*, 6 vols., band I, heft 2. Stuttgart, 1926-1931.

d'Àfrica, França i Anglaterra, s'establí a Sicília, on desenvolupà la seva tasca geogràfica per al rei normand Roger II i per al seu fill Guillem I, seguint l'escola dels geògrafs d'al-Ma'mūn, basada en la geografia ptolemaica.

Seguint Ptolemeu, els àrabs presentaren les diverses localitats amb les seves coordenades geogràfiques corresponents en forma de taules, i pràcticament sempre formant part d'un *zīj,* o conjunt de taules astronòmiques, amb els seus cànons. Com Ptolemeu, els àrabs orientals feren taules molt llargues, perquè al principi també pretenien fer una geografia que anomenaren *Ṣūrat al-Arḍ* (*Imatge de la Terra*) i que segons alguns investigadors no és més que la descripció d'un mapa, probablement l'adaptació del mapa que Ptolemeu introduí a la seva obra, però amb els canvis i les correccions corresponents, entre d'altres, la primera correcció ma'mūní de la mida de la Mediterrània. De fet, el domini islàmic de grans regions de l'Àsia, l'Àfrica i Europa els aportaren les dades necessàries per a construir un mapa del món nou i millor. Les taules islàmiques orientals contenen, però, gairebé únicament localitats situades a l'Àsia. Els noms i les coordenades dels llocs corresponents a la península Ibèrica, el nord d'Àfrica i l'Europa llatina són generalment molt escassos i no començaren a aparèixer fins al segle XI, amb el desenvolupament dels coneixements geogràfics a al-Andalus.

D'altra banda, a aquests coneixements, que podríem anomenar *teòrics*, cal afegir-ne uns altres de caire pràctic. Coneixem bé les importants navegacions índiques i mediterrànies i, més endavant, atlàntiques, dels musulmans. Disposem de documentació que ens parla de navegacions atlàntiques ja des del segle X i, probablement, des de la segona meitat del segle IX. Els llibres geogràfics que ens parlen de la Xina i l'Índia documenten l'existència d'embrions de portolans des del segle IX. L'ús de quaderns de navegació per l'Índic el veurem més endavant en paraules d'al-Maqdisī (s. X). També sabem que els àrabs utilitzaven la brúixola per als seus viatges marítims des del segle XI, i potser fins i tot des del X. Del segle XII es conserva un mapamundi rudimentari però amb detalls correctes pel que fa a la costa septentrional del golf de

Guinea. També tenim indicis que l'exploració de les costes de l'Atlàntic arribà molt al sud, fins al cap de Bona Esperança, i que es coneixia el règim de corrents del canal de Moçambic i dels voltants de l'illa de Madagascar. De fet, els geògrafs àrabs desenvoluparen una sèrie d'idees sobre la possibilitat de circumnavegar l'Àfrica i, des del començament del segle VIII fins al final del segle XI, només els musulmans navegaren pel Mediterrani i l'Índic d'un costat a l'altre (Vernet, 1953). El segle IX fou testimoni de la gran expansió marítima musulmana pel Mediterrani. Al segle XI l'hegemonia militar i econòmica del Mediterrani començà a passar a mans cristianes. Pel que fa a la península Ibèrica, les grans conquestes que els permeteren definitivament el domini de la Mediterrània foren dutes a terme per les tropes de Jaume I i tingueren lloc després de la caiguda dels almohades a al-Andalus, començant per la conquesta de Mallorca el 1229, seguint per la de València el 1238 i acabant amb la de Dénia el 1244.

A l'edat mitjana, la Mediterrània era el gran teatre de la guerra i el comerç, però no hem d'oblidar que, des de la cultura hel·lenística i la fenícia a l'àrab passant per la romana, la importància de la navegació en aquest mar ha estat sempre destacable i no és per casualitat que les ciutats més importants de totes les èpoques hagin estat sempre ports.

És curiós, però, constatar que no tenim cap constància que es fessin cartes de navegar específiques per a la mar del Nord o la Bàltica fins al final del segle XVI, tot i haver estat àrees d'activitat marítima important, la qual cosa potser podria relacionar-se amb el fet que, tot i disposar dels coneixements pràctics necessaris, els mancaven els coneixements teòrics aportats a la Mediterrània per la cultura musulmana.

3. TRADICIÓ CARTOGRÀFICA PRÈVIA

Evidentment, les cartes nàutiques no nasqueren d'avui per demà sinó que foren el resultat d'un llarg procés de desenvolupament de coneixements geogràfics i procediments geomètrics i geodèsics.

El mapa, en el sentit modern de la paraula, més antic conegut (*c.* 600 aC) es trobà a Nuzi (Iraq), i representa un mar, dos rius, dues muntanyes i tres ciutats. Sembla, però, que cap al 1300 aC, Ramsès II ja ordenà dibuixar un mapa de les terres del Nil. Es diu que Aristàgores, en demanar al rei d'Esparta que lluités contra Pèrsia, li mostrà una tauleta de bronze en què hi havia gravada la representació de tota la Terra. Coneixem una sèrie de mapes de camins fets pels romans, un dels quals, copiat a mitjan segle XIII, és el famós Peutinger que avui es conserva a la Biblioteca Nacional de Viena. En aquest mapa, en dotze seccions, tot i que no és fet a escala, se'ns mostren les rutes des d'Anglaterra fins a l'Índia, a més de les ciutats i dels pobles amb iconografies diverses. És també ben conegut el mosaic bizantí del segle VI de Madaba (Jordània) que representa Terra Santa amb tota mena de detalls i que originalment mesurava 25 metres de llargada per 5 d'amplada. A l'època de les creuades, s'elaboraven mapes per als pelegrins. També diuen que Moctezuma entregà a Hernán Cortés un mapa del golf de Mèxic pintat sobre tela i, segons Pedro

de Gamboa, els inques no utilitzaven únicament mapes esquemàtics sinó que a més els construïen amb relleu. Exemples d'aquesta mena de mapes primitius i rudimentaris els trobem a totes les èpoques i per tot el món.

En arribar a l'edat mitjana, es desenvolupen dos tipus de mapes ben diferenciats; uns d'extraordinàriament esquemàtics i molt allunyats de la realitat i uns altres basats en els coneixements científics.

Els mapes que es feren a la península Ibèrica des del segle VI formaven part del grup de mapes esquemàtics. Els cristians peninsulars disposaven d'una cartografia popular d'una forta influència religiosa. Sant Isidor a les *Etimologiae* transmeté els antics coneixements basats essencialment en la Bíblia. El contingut geogràfic es troba en els llibres 11, 13 i 14 d'aquesta obra i no queda clar si considerava la Terra esfèrica, cosa ben sabuda ja pels geògrafs grecs, o bé pensava que tenia la forma d'una moneda. La seva concepció de la Terra queda il·lustrada pels mapes que apareixen en alguns dels manuscrits conservats. L'oceà Universal envolta la terra coneguda. Àsia n'ocupa la part superior, i la inferior queda dividida entre Europa i l'Àfrica. Una franja d'aigua, formada pel Nil, l'Helesponto, el Ponto Euxino o la mar Negra, el Maeotis o mar d'Azov i el Tannais, és a dir el riu Don, separen Àsia d'Europa i de l'Àfrica. Una altra franja, perpendicular a l'anterior, correspon al Mediterrani i separa Europa de l'Àfrica. Ja el bètic Pomponi Mela (44 dC) a la *Chorographia* o *De situ orbis* descriu un món insular en forma de disc dividit en tres continents, Europa, Àfrica i Àsia, envoltats per quatre oceans, l'Atlàntic, el Britànic, l'Escític i l'Etiòpic.

A diferència dels mapes actuals orientats al nord, l'est es troba en aquests mapes a la part superior, perquè es considerava que el paradís es trobava situat a orient i se li reservava la part més destacada del mapa. La majoria dels mapes àrabs, però, mostren el sud a la part superior, en un intent de concedir la part noble del mapa a la Meca, que es troba al sud de Bagdad, on es feren els primers mapes.

La figura que representen els mapes isidorians és la d'una T envoltada per una O, i per això s'han anomenat *mapes en T/O*. Aquesta mena de mapes, sovint amb representacions bíbliques, foren vigents des de l'època d'Isidor fins a ben entrat el Renaixement.

Els continuadors d'aquesta tradició popular foren els mapes anomenats *dels «beatos»*, en què es dóna una descripció geomètrica de les terres visitades pels evangelistes. La ciutat de Jerusalem es troba al bell mig del mapa; els rius del paradís desapareixen i en el seu lloc trobem unes figures que representen Adam, Eva, l'arbre i la serp. Aquests mapes fets als cenobis formen part d'obres de caràcter enciclopèdic i mostren una gran fantasia i una absoluta manca de coneixements geogràfics, els quals, d'altra banda, eren del domini públic en altres ambients. Un exemplar ben conegut és el que apareix al *Comentari a l'Apocalipsi* del Beat de Liébana (s. VIII). Els mapes dels «beatos» eren més rics, complexos i atractius, però igualment irreals i mancats de tot esperit científic, i la seva única finalitat serà il·lustrar la missió apostòlica i evangelitzadora.

Un exemplar d'aquests mapes no científics, que mostra, però, un cert interès per apropar-se a la realitat, és el que trobem al manuscrit 106 de Ripoll, probable-

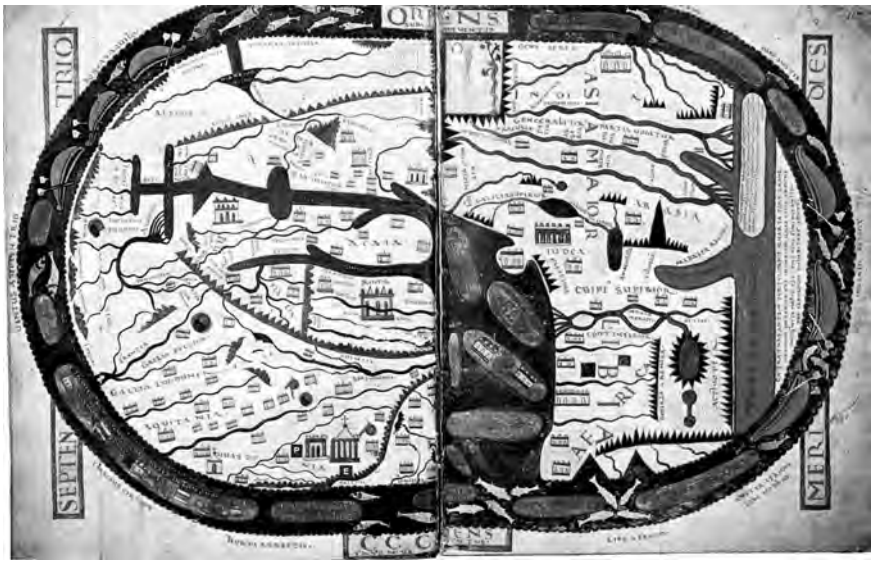


Figura 2. Beat de Liébana (s. VIII). «Comentaris a l'Apocalipsi i al Llibre de Daniel». Biblioteca Nacional de Madrid, vit. 14-2.

ment del segle X. Es tracta d'un mapa peninsular extraordinàriament esquemàtic, on s'agrupen una sèrie de ciutats, segons la costa a què pertanyen. Així trobem juntes, d'una banda, Narbona, Empúries, Girona, Barcelona, Tarragona i Cartagena, ciutats de la Mediterrània, i, de l'altra, la Corunya, Braga i Cadis, ciutats de l'Atlàntic. Curiosament, però, tot i estar orientat al nord, l'Atlàntic apareix a la dreta del Mediterrani.

Les cartes nàutiques constituiran el segon tipus de mapes, molt més propers a la realitat i basats en la imatge ptolemaica del món recollida pels musulmans.

Per la seva banda, la cartografia musulmana tingué també una concepció popular que coexistí amb la concepció científica. Seguint una tradició possiblement persa, dibuixen la Terra en forma d'ocell. El cap és la Xina; l'ala dreta, l'Índia; l'esquerra, el Turquestan i el sud de Rússia, i a la cua hi ha l'Àfrica del Nord. L'Orient Mitjà, Aràbia, Síria, l'Iraq i Egipte corresponen al pit de l'ocell, al mig del qual es troba el cor, la Meca.

La concepció científica, que podem veure reflectida en una tradició cartogràfica islàmica que durà del segle IX al segle XVI, donà dos tipus de mapes. Un correspon a mapes prou esquemàtics, tot i que més concrets que els mapamundis peninsulars de tipus religiós, ja que reprodueixen zones parcials del món conegut i introdueixen molts més detalls, entre d'altres, una toponímia molt rica i, curiosament, sovint escrita de forma perpendicular a la costa, tal com trobarem a la cartografia posterior mallorquina. Aquesta tradició de geògrafs i viatgers la inicià al-Balḫī (m. 934) i tingué un bon reguitzell de seguidors, que començà amb al-Iṣṭaḫrī (primera meitat del

segle X) i Ibn Ḥawqal (segona meitat del segle X) (Tibbetts, 1992), i arribà fins a l'Índia del segle XIX. L'altre tipus fou conreat bàsicament pels astrònoms que seguiren les passes de Ptolemeu i basaren els seus mapes en taules de coordenades geogràfiques. Sembla que la *Geografia* de Ptolemeu contenia una sèrie de mapes, però els que ens han arribat acompanyant els manuscrits són tardans i no poden ser obra del mateix Ptolemeu. El que sí que sabem amb certesa és que els àrabs ja coneixien aquesta obra i l'havien traduïda al final del segle VIII o al principi del segle IX. Malauradament, però, l'error de Ptolemeu pel que fa a la longitud de la Mediterrània, corregit pels àrabs d'al-Andalus ja des del segle X, tornà a reaparèixer durant els segles XV i XVI amb la importació de Bizanci dels manuscrits grecs de Ptolemeu. Diversos autors renaixentistes els utilitzaren amb la intenció de refer la imatge del món d'acord amb les dades ptolemaiques, oblidant el gran pas endavant donat pels àrabs i adoptat pels cartògrafs mediterranis en ajustar la longitud de la Mediterrània a les seves dimensions veritables. Aquest últim tipus de cartografia tingué dues branques. La primera, que es reflectirà més endavant en les cartes i mapamundis mallorquins, està representada pels geògrafs d'al-Ma'mūn, Suhrāb i finalment al-Idrīsī, especialment amb la *Nuzhat al-muxtāq fī iḫtirāq al-āfāq*[1] –la seva obra geogràfica de què parlarem més endavant–, que conté una setantena de mapes sectorials més un mapamundi circular,[2] i el mapamundi que féu per encàrrec del rei normand de Sicília Roger II, a mitjan segle XII. Aquests mapes contenen ja alguns dels elements que observarem més tard en la cartografia mallorquina i italiana i, si bé les costes estan encara lluny de la perfecció mallorquina, són els únics mapes anteriors que s'hi poden comparar. Desgraciadament, s'han perdut els mapes que segons Xams al-Dīn al-Dimaxqī (1256-1327) acompanyaven el seu llibre de geografia (*Nuḫbat al-Dahr fī ʿAjāib al-Barr wa-l-Baḥr*), en què afirma que ha tingut en compte les longituds i latituds i on es diu que les ciutats i els edificis famosos hi eren dibuixats. L'altra branca és representada per una cartografia matemàtica basada en mètodes de projecció sofisticats que tenia com a finalitat proporcionar una eina als musulmans que els permetés de determinar l'alquibla, és a dir, la direcció cap a la qual han de resar i realitzar altres actes quotidians, com ara el sacrifici dels animals que han de consumir, l'enterrament dels difunts, etc. (King, 1999).

A part dels geògrafs i astrònoms, els pilots eren també bons coneixedors de l'àmbit en què es movien. Al-Maqdisī (m. 989) ens parla en la seva geografia dels pilots i mariners que ha conegut i, referint-se a l'oceà Índic, diu: «He tingut per companys homes savis que han nascut i s'han educat en aquest mar, pilots i mariners. He pogut apreciar que són les gents més pràctiques i coneixedores dels seus ports, vents i illes. Els he preguntat per les característiques i els límits d'aquest mar i he vist que duen uns quaderns (*daftātir*) i que els consulten i s'hi refien i hi escriuen tot el que saben d'aquest mar».

1. La primera impressió d'aquesta obra es féu a Roma l'any 1592 i l'any 1619 era traduïda al llatí amb el títol *Geographia nubiensis*.

2. El manuscrit més antic que ens conserva aquest mapamundi està datat aproximadament cap a 1300 i es troba a París (Biblioteca Nacional, ms. àrab 2221, f. 3*v*-4*r*).

Com els periples grecs, relats de navegació costanera que es remunten a uns cinc-cents anys abans de Crist, aquests quaderns foren els antecedents dels portolans i els moderns derroters. La informació que contenien era tan útil per a la navegació costanera com més tard ho fou la que proporcionen les cartes nàutiques pel que fa a la navegació per estima.

Els portolans són uns llibres que utilitzaven els pilots de les naus en què es descrivien les costes amb indicacions dels rumbs i les distàncies, els esculls, les aigües somes, els llocs on ancorar amb tranquil·litat, on hi havia aigua dolça o es podien comprar provisions, etc. En resum, totes les dades que podien interessar el pilot de la nau. Els portolans medievals més antics conservats són italians. De fet, coneixem també obres geogràfiques àrabs occidentals, com ara la d'Ibn Saʿīd al-Magribī (m. 1286), que descriuen les costes del Marroc i la península Ibèrica i assenyalen els rumbs i les distàncies entre els diversos ports. Tenim també certes evidències de la possible existència de portolans catalans, ja que sembla que la Corona d'Aragó no només estava interessada en les cartes nàutiques, sinó també en els llibres de navegar. Un document d'octubre de 1323 diu: «Item done an P. Marquet comprador de la senyora infanta dona Violant, per .i. libre de navegar que compra a obs del senyor rey», és a dir, Jaume II, «XXV .sols. barch» (Rubió i Lluch, 1921, II, p. 395). També a l'inventari de la biblioteca del rei Martí I es parla d'un llibre de la carta de navegar, en català, que comença al cap Sant Vicenç i acaba amb la carta dels vents. El fet, però, de viatjar per mar, amb els perills que això comportava, i l'ús quotidià en podria haver facilitat la deterioració o la pèrdua.

A la cultura geogràfica musulmana i a les informacions procedents dels portolans s'han d'afegir els coneixements dels jueus mallorquins, que es posen en evidència, per exemple, en la detallada representació del continent africà que trobem en molts mapamundis i cartes. Aquests documents mostren també un seguit de dades procedents de relats de viatgers, informes de comerciants, ambaixadors, peregrins, croats, etc.

En definitiva, tot i haver-hi diversos corrents d'opinió, entre d'altres, un que postula el sorgiment espontani i un altre que vol derivar la cartografia nàutica de desconeguts prototipus clàssics hipotèticament transmesos pels bizantins, el que hem vist fins ara demostra sens dubte que no podem menysprear la tradició i els coneixements geogràfics musulmans que hi trobem representats. Sembla també que la introducció de la brúixola permeté la síntesi dels coneixements geogràfics en cartes nàutiques concretes.

Per acabar, no hi ha dubte que el mapamundi peninsular medieval responia a la idea del món que tenien els homes de terra endins moguts per consideracions filosòfiques i religioses, mentre que la carta nàutica mallorquina representa l'experiència dels homes de la mar i els coneixements geogràfics, nàutics i científics del moment.

4. SITUACIÓ POLÍTICA I CULTURAL DE LES TERRES CATALANES

Altres capítols d'aquesta obra desenvolupen el tema en profunditat[3] de manera que aquí farem únicament una referència resumida dels aspectes concrets que ajuden a explicar la situació que propicià el naixement de la cartografia catalanomallorquina.

L'expansió de l'islam per les ribes meridionals de la Mediterrània a partir del segle VII arribà, al principi del segle VIII, a la península Ibèrica, la qual al llarg del segle X passà de ser la província més occidental d'un imperi governat des de Damasc a constituir-se en un país independent anomenat al-Andalus. La frontera que separava aquest país, de cultura refinada i alts coneixements tècnics, d'un occident feudal i intel·lectualment menys cultivat, passava precisament per una bona part de les terres catalanes. El segle XI fou testimoni de la caiguda del califat i la seva disgregació en petits regnes de taifes. A partir del segle XII els comtats feudals independents començaren a conquerir les ciutats d'al-Andalus que avui s'inclouen dins de Catalunya. Al segle XIII, Catalunya, unida dinàsticament amb l'Aragó, s'estén pel llevant de la península Ibèrica i per les illes de la Mediterrània occidental, absorbint la població islàmica i jueva dels regnes musulmans veïns conquerits. D'aquesta manera, es converteix en una important potència militar i econòmica. A partir del segle XVI, la crisi econòmica derivada del predomini atlàntic farà perdre tota rellevància a la Corona d'Aragó, a més de predomini polític i econòmic.

La tradició científica, especialment la que haurà de servir de base per al desenvolupament del coneixement del món, comença a Catalunya cap als segles X i XI amb les traduccions de Ripoll de manuscrits àrabs de caire astronòmic, i segueix a la vall de l'Ebre i a Barcelona al principi del segle XII amb més traduccions d'obres àrabs d'astronomia i cosmografia. El segle XIII serà testimoni de la figura del mallorquí Ramon Llull que, a més de la seva tasca ben coneguda, escrigué una *Nova astronomia*, una *Nova geometria* i una mena d'*Ars navegandi*. Llull, que sovint begué directament de les fonts àrabs, ens deixà la prova dels seus coneixements relacionats amb la navegació tant a l'*Ars magna* (1305-1308) com a l'*Arbre de sciencia* (1295), on entre altres coses ens parla de la utilització de la brúixola i la carta nàutica, «ad hoc instrumentum habent chartam, compassum, acum et stella maris», tot i que les instruccions que dóna són per a navegar sense perdre de vista la costa o basant-se en el coneixement dels vents.

No es pot dubtar, d'altra banda, que Mallorca es trobava situada en un lloc privilegiat pel que fa a la navegació, i, de fet, mallorquins foren els primers a explorar les illes Canàries i alguns punts de la costa atlàntica de l'Àfrica durant el segle XIV, abans que es promulgués el famós Tractat de Tordesillas (7 de juny de 1494), que

3. R. COMES, «Ambient intel·lectual a la Catalunya dels segles X i XI. Els monestirs i les seves biblioteques», i J. SAMSÓ, «Els inicis de la introducció de la ciència àrab a través de Catalunya», cap. 2 i 3 de la primera part.

atorgava a Portugal el dret a conquerir les noves terres que es trobessin a 370 llegües a l'oest de les illes de Cap Verd, i la resta quedaven a disposició dels monarques espanyols. Són ben conegudes les expedicions a les Canàries, des de la primera de Francesc Desvalers l'any 1342, autoritzada per Jaume III, fins a les promogudes per Pere el Cerimoniós el 1386. De fet, Desvalers pertanyia a la companyia comercial més important de l'illa i viatjà també a la mar Negra i al país dels tàrtars, on residí durant molt de temps. Pel que fa al continent africà, a l'*Atlas català* i a la carta de Valdestes de 1413 trobem també referències al viatge de l'uixer de Jaume Ferrer, que sortí el 10 d'agost de 1346, dia de sant Llorenç, en viatge d'exploració cap a Río de Oro, a la costa atlàntica africana.

Per aquestes dates, els coneixements astronòmics, així com els instruments, les taules i els almanacs, introduïts i desenvolupats pels musulmans, es trobaven ja a disposició dels habitants de Catalunya i de les Illes. Pere el Cerimoniós i el seu fill Joan mostraren un gran interès per tot allò relacionat amb l'astronomia i les ciències nàutiques. De fet, el desenvolupament científic fou important a la Corona d'Aragó sota els regnes d'Alfons III de Catalunya i IV d'Aragó (Nàpols, 1299 - Barcelona, 1336), Pere III de Catalunya i IV d'Aragó (Balaguer, 1319 - Barcelona, 1387), Joan I de Catalunya i Aragó (Perpinyà, 1350 - Foixà, 1396) i també, tot i que no tant, Martí I de Catalunya i Aragó i II de Sicília (Perpinyà, 1356 - Barcelona, 1410). És prou evident la relació d'aquests reis amb una sèrie de llocs que, a part de Mallorca, foren també claus pel que fa a la construcció de cartes nàutiques, com són Messina i Nàpols. Les relacions amb Venècia, Gènova i Pisa –recordem, per exemple, la croada catalanopisana a Mallorca de 1114-1115– són també prou conegudes i no cal insistir-hi. Els monarques eren, a més, conscients que els coneixements científics havien de ser útils per al desenvolupament econòmic. Un exemple d'això és que el 1354 Pere III dictà l'ordre per la qual tota galera havia d'anar proveïda de dues cartes per a proporcionar més seguretat a la navegació (Valls Taberner, 1953, p. 198-200).

A aquesta situació s'hi afegirà el fet que, ja des del segle XIII, les persecucions dels almohades propiciaren l'arribada de refugiats jueus a les terres catalanes. D'altra banda, el segle XIV fou testimoni d'un important desenvolupament del comerç català per tota la Mediterrània i, per tant, de la navegació catalana i, en conseqüència, dels ports de Palma, Barcelona i València.

Tot això possiblement haurà tingut alguna cosa a veure amb el naixement de l'escola catalanomallorquina de cartografia. Més encara si tenim en compte que quan aquesta cartografia nasqué, la Corona d'Aragó s'havia convertit en una potència marítima en conquerir les zones dominades pels musulmans, posseïdors d'una gran experiència en la navegació mediterrània i una tradició marítima de segles.

5. LES CARTES NÀUTIQUES

Cortesao (1969-1971, 1, p. 215-216) considera que el naixement de la carta nàutica fou un dels esdeveniments més importants i decisius de la història de la cartografia, i alguns autors, com ara Magnaghi (1929-1939, 330*b*), arriben a afirmar que l'esdeveniment fou únic, no solament a la història de la navegació sinó fins i tot a la història de la civilització.

Als voltants del 1521, Pīrī Re'īs, expertíssim navegant, corsari i almirall turc, es mostrà una mica escèptic pel que fa a l'ús de les cartes. Segons ell, tot i que eren indispensables, a les cartes els mancava la flexibilitat de l'expressió verbal, que considerava única per a descriure tots els detalls útils per a la navegació, i si fossin prou grans per a encabir-hi tota la informació necessària no cabrien als vaixells.

Però a Pīrī Re'īs el contradí gairebé immediatament Alonso de Chávez (1537) al *Espejo de Navegantes*, on diu: «Y así, por este instrumento [carta de marear], en breve cantidad o espacio, comprendemos todo lo que por otras vías no podríamos con muy grandísimos volúmenes de libros y escrituras». I pocs anys després, Martín Cortés, natural de Bujaraloz (Saragossa) i veí de Cadis, al *Breue compendio de la sphera y de la arte de nauegar,* escrit als voltants de 1545 i dedicat al rei Carles V, diu: «Navegar no es otra cosa sinó caminar sobre las aguas de un lugar a otro; y es una de las cuatro cosas dificultosas que el sapientísimo rey escribió [...]. Siendo este camino tan dificultoso sería difícil darlo a entender con palabras o escribirlo con la pluma. La mejor explicación que para esto han hallado los ingenios de los hombres es darlo pintado en una carta».

La controvèrsia podria ser deguda al fet que la navegació d'uns era costanera, mentre que la dels altres era d'altura.

Cal parlar, però, en primer lloc de les característiques de les cartes. Per començar, la carta nàutica, tal com ja hem dit, conté tots els accidents geogràfics que interessen el pilot d'una nau, és a dir, les costes (golfs, caps i badies), els illots, els esculls i les aigües somes, els ports i les embocadures dels rius, algunes muntanyes que són vistes des del mar i proporcionen punts de referència, etc. D'altra banda, la carta nàutica havia de facilitar la navegació per estima, és a dir, a base de rumbs i distàncies. Per a permetre la navegació per rumbs, la carta havia de representar, mitjançant rectes, les corbes o rumbs dels vents, és a dir, que havia d'anar fornida d'una xarxa de vents, la qual conservava en el pla els angles que aquests formaven entre si en l'esfera, i, per tant, era isògona.

El problema principal que presenta el traçat d'una carta nàutica és aconseguir una representació del mar en la qual els rumbs es transformin en línies rectes. Podem distingir dos sistemes bàsics: el loxodròmic, és a dir, a base de rumbs que formen angles iguals amb tots els meridians que tallen, i l'ortodròmic, que segueix arcs de cercles màxims que constitueixen la distància més curta entre dos punts de l'esfera terrestre, de manera que mentre l'un conserva els angles, l'altre conserva les distàncies. El conflicte rau, doncs, en el pas de l'esfera al pla. Si tractem de projectar una

esfera sobre un pla comprovarem que és impossible de fer-ho i mantenir alhora una escala constant, i que les distorsions són inevitables.

D'una banda, doncs, sembla que la carta nàutica ha d'anar associada a una navegació d'altura ja que la navegació costanera no necessita rumbs i a més el portolà era –i és encara en forma de derroter, tot i que acompanyat dels perfils de les costes– l'eina més útil per a la navegació costanera ja que permet de donar molta més informació que una carta. A això s'ha d'afegir que aquesta mena de cartes arrumbades no permeten l'ús de les longituds i les latituds per a situar els llocs i, per tant, no poden ser utilitzades en combinació amb la navegació astronòmica.

De l'altra, la carta nàutica havia hagut de ser traçada amb l'ajuda d'una brúixola, la qual procedia de la Xina i era ben coneguda i utilitzada pels navegants de l'Índic abans de ser introduïda pels àrabs a la navegació mediterrània. Sabem que a Europa ja s'utilitzava des del principi del segle XIII, però fins al segle XV es desconeixia el fenomen de la declinació magnètica, la qual cosa provocà que en les cartes mallorquines i italianes aparegués una desviació cap al nord de les costes orientals de la Mediterrània. De fet, des de mitjan segle XV tenim referències del coneixement d'aquesta variació entre el nord magnètic i el vertader, però no fou fins a les primeres navegacions atlàntiques del final del segle XV que es comprovà que afectava de forma diferent els diversos llocs de la Terra i fins a la primera meitat del segle XVII no se sabé que la declinació no variava únicament en funció del lloc, sinó que també ho feia en funció del temps (Cerezo, 1994, p. 11-23).

La inexactitud que comportava el sistema de rumbs fou corregida parcialment per l'eminent matemàtic i cartògraf flamenc Gerhard Kremer, més conegut pel nom de Mercator (s. XVI). De tota manera, la isogonalitat o conformitat dels angles de la carta, és a dir, que a dues direccions que a la Terra formen un angle determinat els correspon el mateix angle a la carta, fa que les cartes arrumbades siguin similars a les que utilitzen la projecció de Mercator quan parlem de zones de la Terra de latitud petita, com és el cas de la Mediterrània, la qual cosa permetia la navegació per estima sense produir errors considerables. El sistema de projecció cilíndrica i isogonal de Mercator tampoc no intentà de reduir les variacions de les proporcions i, d'altra banda, tot i que pel que sabem no foren utilitzats per a representar la Terra sinó el cel, els àrabs coneixien ja des del segle IX mètodes per a dissenyar projeccions que conservessin direcció i distància a un punt central (King, 1999, p. 345). Finalment, el sistema més modern, la projecció de Van der Grinten, no solucionà completament els errors de proporció de Mercator, però els reduí a la meitat.

Juntament amb la xarxa de rumbs, de vegades trobem una quadrícula, les línies de la qual poden ser l'entramat bàsic que ha servit per a traçar la carta i que se suposa que hauria d'haver estat esborrat, poden procedir d'una rosa dels vents o constituir una possible xarxa de meridians i paral·lels.

Les cartes porten una sèrie de centres dels quals surten les rectes, o línies dels vents, que assenyalen els rumbs principals, els quals, entrecreuant-se, formen una mena de teranyina, característica de la cartografia mediterrània a partir del segle XIV. La manera de traçar aquests rumbs és la següent: es comença dibuixant un cercle

central (de vegades són dos o més d'equidistants) que després s'esborra. Al voltant del centre d'aquesta o aquestes circumferències es defineixen setze punts equidistants que es converteixen en centres de cercles secundaris, dels quals parteixen també les corresponents línies dels rumbs que, combinant-se entre si, formen la clàssica teranyina. Els setze vents de les cartes del segle XIV i del principi del segle XV passaren, com veurem més endavant, a mitjan d'aquest segle a ser trenta-dos i, a més, s'eliminaren els centres secundaris. La finalitat d'aquesta teranyina era permetre al pilot de determinar el rumb que havia de prendre la nau. Això s'aconseguia unint amb una línia recta els ports de sortida i d'arribada que hi havia a la carta. Aleshores, el pilot cercava sobre la carta una línia paral·lela a la recta traçada i determinava sobre la rosa dels vents més propera el rumb que havia d'utilitzar amb la brúixola o el compàs.

Les cartes es dibuixaven sobre pergamins, que habitualment consistien en una pell sencera que conservava la seva forma natural amb el coll inclòs, i molt rarament sobre paper.[4] Els contorns de la costa són de color negre i hi abunda la toponímia escrita en forma perpendicular. La finalitat d'aquesta escriptura perpendicular a la costa és facilitar la possibilitat d'encabir-hi tots els noms, que apareixen també de color negre llevat dels punts més importants, que es destaquen amb tinta vermella.

A les cartes trobem, a més, un reguitzell de convencions tècniques amb les quals es pretén traslladar les informacions útils als pilots. Entre els símbols habitualment emprats, cal destacar les creus o els punts negres, que identifiquen els esculls; els punts vermells, per als fons sorrencs de poc calat; les roses dels vents; les línies dels rumbs, que assenyalen les derrotes; l'escala de milles o el tronc de llegües, per a facilitar el coneixement de les distàncies, i els colors utilitzats.

La majoria d'aquestes convencions eren comunes a la cartografia mallorquina i la italiana. Un cas diferent era la decoració i els detalls de l'interior, on cal distingir el luxe de detalls catalans de l'austeritat italiana, tot i que no és possible generalitzar, ja que coneixem cartes catalanes molt sòbries i sense cap mena d'ornamentació, com la de Guillem Soler de 1385, mentre que d'altres italianes, com la de 1367 dels germans venecians Pizzigani o la de 1482 de Grazioso Benincasa, mostren profusió d'iconografia.

Els mètodes que empraven els primers constructors de cartes ens són desconeguts, però a mitjan segle XVI, quan apareixen els llibres impresos sobre el que s'anomena *el arte de navegar*, trobem les primeres descripcions de la manera com es tracen les cartes, sovint una carta en concret, possiblement la que utilitzarien els pilots que aprenguessin amb el llibre en qüestió. Aquestes descripcions les trobem en gairebé tots els llibres de l'època dedicats a l'art de navegar com, per exemple, el *Espejo de*

4. Cal recordar que el paper fou introduït a l'Àsia occidental des de la Xina a mitjan segle VIII i que els àrabs, amb centres de producció importantíssims a Samarcanda, Bagdad i Damasc, monopolitzaren aquesta indústria durant segles. A Europa no es començà a produir en grans quantitats fins al principi del segle XV. Els àrabs l'utilitzaven habitualment i, de fet, aquest és el suport de la carta magrebina del principi del segle XIV, que s'avança en més d'un segle a les cartes europees en aquest material.

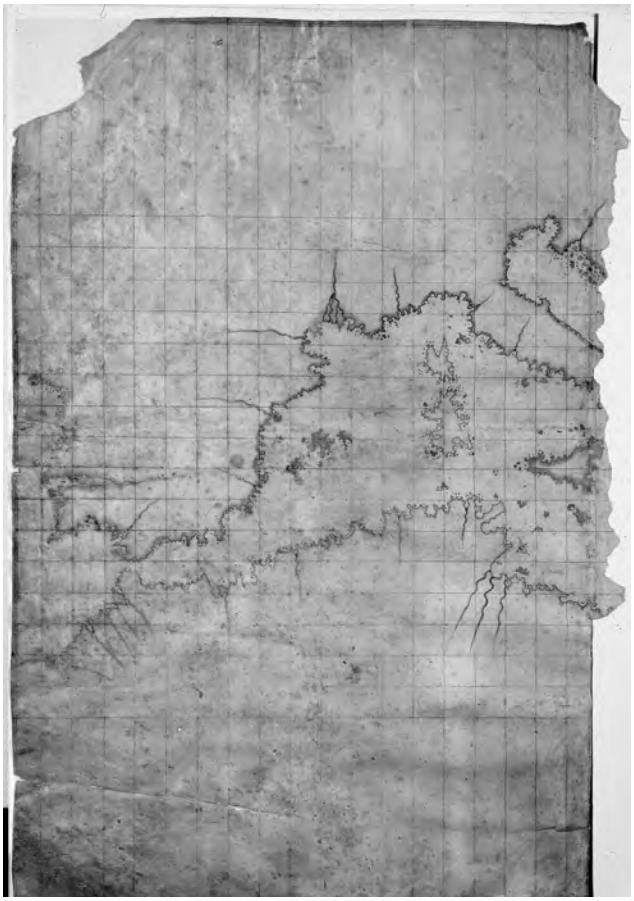


Figura 3. Full V (inacabat) de l'Atles de Francesc Oliva II (s. XVII). Museu Marítim de Barcelona, 10257.

navegantes (1537) d'Alonso de Chávez, el *Breue compendio de la sphera y de la arte de nauegar* (1551) de Martín Cortés, el *Arte de navegar* (1545) i el *Regimiento de navegación* (1552-1563) de Pedro de Medina, el *Compendio del arte de navegar* (1588) de Rodrigo Zamorano, etc. En el *Breue compendio*, per exemple, Martín Cortés dedica el capítol II de la tercera part, titulat *De la composición de la carta de marear*, a descriure el mètode de construir cartes. Abans de mostrar els detalls del traçat de la carta, n'estableix els punts bàsics: «[...] para la fábrica de la cual [la carta] se presupone saber dos cosas. La una es la posición de los lugares y la otra la distancia que hay de unos lugares a otros. Y así la carta tendrá dos descripciones: la una que corresponde a la posición será de los vientos a que los marineros llaman rumbos y la otra que corresponde a las distancias será la pintura de las costas de la tierra y de las islas cercadas de mar».

No sabem si les cartes es construïen al segle XIV de la mateixa manera que al segle XVI, però no sembla que el mètode divergís gaire. Tant Martín Cortés com els

altres autors ens descriuen diferents mètodes per a copiar el traçat de les costes. Des d'una sèrie de forats fets amb un punxó a paper fumat o la creació de transparències mitjançant un llum col·locat a sota de l'original que es vol copiar, fins a localitzar els punts destacats en una xarxa de longituds i latituds. Tot això no sembla que s'adigui amb el fet que totes les cartes tinguin escales diferents. El que sembla més segur és que es dibuixés una quadrícula, que després s'esborraria, de manera que el traçat de la costa corresponent a cada requadre es podria copiar fàcilment a altres requadres tot i que tinguessin una mida diferent, tal com ho explica i mostra Martín Cortés en una figura al *Breue compendio* (Cortés, 1990, p. 223-224).

En algunes cartes, com ara la carta de la Mediterrània oriental de l'atles de Francesc Oliva II signat a Marsella l'any 1658, es veu el traçat inicial de la quadrícula (veure Fig. 3). També queden senyals d'un entramat quadricular a la carta pisana, la més antiga que es coneix. En general, els costats de cada quadre equivalen a 50 milles o d'un múltiple. La carta pisana té un entramat de quadrícules de 100 milles de costat, mentre que a la carta sense signar ni datar, probablement veneciana i atribuïda per alguns a Benincasa, que es conserva al Topkapi Saray i en què també es pot veure una part de l'entramat original, l'equivalència és de 50 milles.

L'ús de la quadrícula en la construcció de mapes el trobem ja explicat en textos geogràfics àrabs del segle XIII. Quṭb al-Dīn al-Xirazī (1236-1311) ens parla a la seva *Tuḥfat al-Xāhiya fī 'l-Hay'a* (*El regal reial sobre astronomia*, Kamal, 1987, p. 1141-1143) de la manera de dibuixar una carta a partir de la divisió d'un quadrilàter oblong en quaranta quadres horitzontals i trenta de verticals, es dir mil dos-cents en total, que l'autor de la carta haurà d'omplir seguint les indicacions que es donen, les quals identifiquen cada quadre mitjançant un número per a les fileres horitzontals i un altre per a les verticals. Primerament s'havien d'omplir les caselles que en el mapa serien ocupades per l'aigua, i després la resta, seguint les descripcions de la localització dels indrets més importants.

És possible que existís també una xarxa de meridians i paral·lels, la qual cosa no implica pas l'ús d'un sistema de projeccions, que no aparegué utilitzat a les cartes fins al segle XVI. Tenint en compte que l'error produït per la manca de projecció seria gairebé nul si ens moguéssim en latituds entre 0° i 30°, es podria pensar que l'ús d'aquesta quadrícula potser derivava dels mariners de l'Índic, experts navegants, ja que precisament les costes d'aquest mar estan situades a latituds que no arriben als 30°. També trobem la manera de fer mapes basant-se en un entramat de longituds i latituds al *Kitāb Ṣūrat al-Arḍ,* el qual reflecteix els coneixements ma'mūnís i, de fet, menciona que ha extret les dades d'un mapa. A la versió de Suhrāb (*c.* 950) fins i tot s'explica el mètode per a construir un mapa basant-se en les dades del llibre. Es tracta de dibuixar un rectangle i dividir el marc en graus, després s'assenyala l'equador i una sèrie de línies horitzontals corresponent als set climes, i s'omple d'acord amb la descripció que situa cada localitat segons la seva longitud i latitud, a més de proporcionar la direcció entre cada parell de llocs propers i la forma de la costa segons unes convencions molt simplificades. A l'època medieval, era difícil solucionar el proble-

ma de determinar la direcció entre dos llocs si no s'utilitzava una brúixola, però els astrònoms musulmans l'havien resolt feia segles a causa de la seva necessitat de determinar la direcció de l'alquibla, imprescindible, per exemple, a l'hora de resar. També al-Idrīsī ens diu a la *Nuzha* que per a la realització del mapa ha tingut en compte i ha comprovat les longituds i les latituds, amb la qual cosa potser s'utilitzaria una quadrícula en combinació amb les coordenades geogràfiques. Altres testimonis els trobem en una sèrie de documents xinesos del segle XIV i perses dels segles XIV i XV. A Europa, les xarxes de meridians i paral·lels es desenvoluparen al principi del segle XVI, amb les navegacions atlàntiques, tot i que en aquesta mateixa època començà a aparèixer a les cartes nàutiques mallorquines un meridià graduat. De tota manera, les quadrícules de longituds i latituds sense cap mena de projecció donen mapes força esquemàtics i deformats.

6. POLÈMICA SOBRE L'ORIGEN DE LA CARTOGRAFIA MEDITERRÀNIA

Les anàlisis de les rutes mediterrànies descrites en els portolans ens mostren que el centre del sistema nàutic del Mediterrani occidental es trobava fonamentalment a les Balears i a Sardenya, i en menor grau a Còrsega. Això explicaria que els centres de producció de cartes es trobin a Mallorca i també a certes ciutats italianes.

Tot i que les primeres cartes nàutiques conservades són del segle XIV, disposem de documentació que ens demostra que ja s'utilitzaven abans. Gautier (1994, p. 111-178) presenta el text d'un viatger italià, probablement un mercader, on són descrites de forma minuciosa les costes de la Mediterrània, la mar Negra i l'Àfrica, i més vagament les de l'Europa occidental, que conté a la ratlla de mil dos-cents topònims. Segons Gautier, nombrosos detalls situen la composició cap a l'any 1200 o potser abans i tot, al final del segle XII. L'autor sembla que coneix bé l'àrab i de fet explica que algunes coses les ha après de boca de *garbini,* és a dir, d'àrabs occidentals, que tornaven de la peregrinació a la Meca i viatjaven amb ell en el mateix vaixell. El viatger ens fa saber que ha dibuixat una *forma* o *cartula mappe mundi* en què figuren els rumbs. Havent estat jutjada defectuosa, l'autor redactà una mena de portolà, les descripcions del qual estan basades en una rosa de dotze vents, que conté informacions de primera mà, moltes de tipus comercial. Si la datació és correcta, aquest text ens demostraria que la idea de plasmar gràficament en una carta les dades procedents dels portolans o dels coneixements dels marins es remunta, pel que fa a Occident, al final del segle XII o al principi del segle XIII. D'altra banda, Guillem de Nangis, a la *Gesta Sancti Ludovici,* ens diu que l'any 1270 Lluís IX sortí amb la flota francesa d'Aigües Mortes en direcció a Tunísia i prop de Càller es desencadenà un temporal. Els croats s'intranquil·litzaren i el rei llavors demanà que li fos mostrada la posició del vaixell. Els pilots dubtaren, però finalment la hi assenyalaren en una carta (Kamal, facsímil 1987: III, 1035 i Gautier, 1994, p. 83-84). A això s'ha d'afegir que conservem l'inventari de bord d'una nau siciliana del final d'aquest mateix segle (1294), en

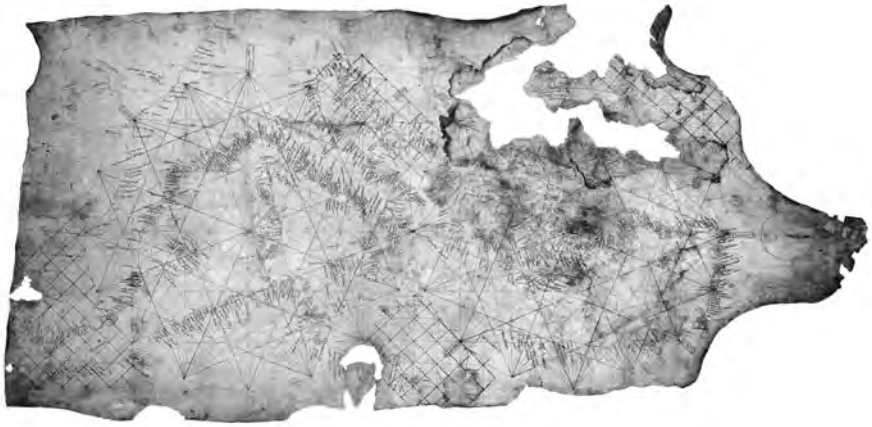


Figura 4. Carta pisana (c. s. XIII-XIV). Biblioteca Nacional de París. Cartes et plans, Rés. Ge B 1118.

què figuren tres mapamundis, un acompanyat d'un *compassus*[5] (Roncière, 1897). L'ús de la brúixola a la Mediterrània també el tenim documentat des del començament del segle XIII. L'any 1205, el poeta Guiot de Provins ens parla en uns versos de l'agulla imantada que utilitzaven els mariners quan no disposaven de punts de referència, i l'any 1218 Jacques de Vitry, un bisbe que havia pres part a les croades, escrigué que l'agulla magnètica, atès que sempre assenyalava el nord, era un estri necessari per a tots els qui viatjaven per mar.

Des de fa més d'un segle s'han cercat arguments de tota mena per a destacar el paper de mallorquins o italians com a primers constructors d'aquesta mena de cartes.

Pel que fa a la defensa d'un origen mallorquí, s'han citat sovint les paraules de Ramon Llull fent referència a una carta nàutica, un portolà i una brúixola, tot i que en cap moment s'especifica que aquesta carta sigui catalana. A la primera dècada del segle XVI, també apuntarà a un origen mallorquí, aquesta vegada amb tota claredat, l'autor de l'*Esmeraldo de Situs Orbis* (Pacheco Pereira, 1956, p. 88), qui, en una cita que veurem sencera més endavant, ens diu que el rei Don Enrique «mandou a ilha de Malhorca por um mestre Jacome, mestre de cartas de marear, na qual ilha primeiramente se fezeram as ditas cartas».

Si parlem d'un possible origen italià, l'argument segons el qual les primeres cartes nàutiques conservades són italianes –de fet la primera datada i signada és de Petrus Vesconte (1311) i només mostra la part oriental de la Mediterrània– no em sembla de prou pes per a atribuir l'*invent* als italians. Sobretot si tenim en compte

5. Probablement una brúixola, també anomenada *compàs,* tot i que no podem oblidar que estem parlant d'un vaixell sicilià que torna de Trípoli i que el terme *qunbāṣ* en àrab s'utilitzava per a designar les cartes nàutiques. D'altra banda, cal recordar també que el primer portolà italià que coneixem és d'aquestes dates (1296), i es titula *Compasso da navigare.*

que aquestes primeres cartes nàutiques italianes són de tipus nàutic pur, és a dir, de les que se suposa que viatjaven en els vaixells. Sabem que se n'han perdut moltes i per molts diversos motius i uns pocs anys, en realitat menys de trenta, ja que la primera mallorquina signada i datada és la de Dulcert de 1339, no sembla que siguin quelcom destacable. Sí que sembla clar que la carta anomenada *Pisana*, considerada la primera coneguda i atribuïda al principi del segle XIII o potser abans, mostra un contorn de la península Ibèrica molt deficient si la comparem amb les primeres mallorquines.

Un argument a favor d'un origen simultani, convincent i lluny de tota sospita de desconeixement o partidisme, són les paraules d'Opicino de Canistris, un italià de mitjan segle XIII format a Gènova, sobre els «mappa maris navigabilis secundum Ianuenses et Maioricenses» (Ainaud de Lasarte, 1975, p. 57) en què, tot i sent italià, no atribueix cap mena d'ascendència dels uns sobre dels altres.

Hem de tenir en compte a més que, en realitat, la necessitat d'una carta basada en un sistema de rumbs sorgí precisament al segle XIII, moment en què les naus del Regne d'Aragó i les italianes navegaven fins als Països Baixos i a més pretenien un domini econòmic de la Mediterrània, la qual cosa obligava les naus a guanyar temps i, per tant, a abandonar la navegació costanera, més confortable i segura, però també molt més lenta. Evidentment, el sorgiment de la carta nàutica no pot deslligar-se tampoc de les millores en les estructures de les naus. La introducció del timó a popa i la nova distribució de les veles permeté que les naus s'adaptessin a les noves necessitats comercials que aparegueren a partir del final del segle XII i facilitessin la navegació d'altura. Sense oblidar la influència musulmana, que arribà a Gènova i Pisa a través de Sicília, i a Mallorca i Barcelona a través d'al-Andalus. S'ha de dir que aquestes ciutats estaven molt properes i que la relació política i econòmica que en els segles XIII i XIV les unia fou molt intensa de manera que potser, com suggereix Cerezo (1994, p. 27-28), caldria pensar en un àmbit cultural on es gestarien les primeres cartes més que en un lloc concret. Podríem també considerar que les dues escoles es varen desenvolupar de forma independent però més o menys simultània.

En definitiva, la carta nàutica és un producte mediterrani amb un, més que possible, rerefons àrab, i les influències entre italians i mallorquins podrien haver estat mútues i en ambdues direccions, a causa, sens dubte, de la mobilitat dels cartògrafs, que es desplaçaven d'un port a un altre de la Mediterrània, però principalment a causa de les relacions de tota mena que la Corona d'Aragó mantenia amb les ciutats italianes on es conreava l'art de fer cartes nàutiques. Sembla, doncs, que per ara s'hauria d'abandonar la polèmica, si més no fins que es tingui alguna dada que es pugui considerar absolutament segura.

7. ORÍGENS DE LA CARTOGRAFIA MALLORQUINA

Al començament del segle XIV, o potser fins i tot més aviat, es desenvolupà a la ciutat de Mallorca una destacable activitat cartogràfica duta a terme per homes de cultura i religió jueves, en un principi, i per conversos i cristians més endavant. Les seves obres són esplèndides tant pel saber geogràfic que demostren com pel luxe i la bellesa de l'execució. És destacable el gran nombre de coneixements que tenen aquests cartògrafs, i que són reflectits en l'extraordinària correcció del traçat de les costes i la profusió d'iconografia escampada pels diversos territoris.

El gran nombre i exactitud de les dades que contenen demostren immediatament que els autors d'aquestes cartes tenien accés a fonts d'informació de tota mena i procedència. Els mallorquins no es conformaren amb els coneixements adquirits dels seus predecessors, sinó que aprofitaren totes les informacions que els arribaven. De fet, la població jueva de Mallorca procedia en bona part de les emigracions del nord de l'Àfrica i d'altres ports de la Mediterrània, la qual cosa els proporcionava coneixements de primera mà sobre aquests llocs. A Mallorca convivien cristians, jueus i musulmans, representants de les tres cultures que es troben a la base del desenvolupament cartogràfic. Els musulmans havien aportat a la Corona d'Aragó la seva herència de coneixements científics, nàutics i geogràfics; els reis cristians s'interessaren per disposar de tanta informació de la Mediterrània com fos possible per a facilitar els seus desitjos d'expansió i finançaren bona part de l'empresa; i els jueus foren els veritables creadors d'aquests autèntics monuments cartogràfics.

D'altra banda, l'illa de Mallorca, incorporada al Regne d'Aragó des del principi del segle XIII, fou cruïlla de moltes de les rutes del Mediterrani i, per tant, pas obligat de multitud de viatgers de procedències i cultures diverses. Es diu que la flota mediterrània disposava d'uns tres-cents vaixells de tota mena, en els quals treballaven uns trenta mil mariners. Sigui com sigui, a més dels mariners, circulaven per aquest mar innombrables viatgers. Des dels soldats que anaven i tornaven de la Mediterrània oriental per mor de l'afany conqueridor de la confederació catalanoaragonesa, fins a mercaders, pelegrins que anaven a Roma, a Jerusalem o a la Meca, o missioners que es dirigien a evangelitzar el nord de l'Àfrica. Tots aquests viatgers eren sens dubte una font d'informació privilegiada i de primera mà. Francesco Beccaro, a la carta de 1403, ens proporciona una dada important sobre les fonts utilitzades pels cartògrafs, atès que especifica que en aquesta carta havia canviat la situació de Sardenya perquè diferents pilots i homes de mar li havien dit que a les cartes anteriors aquesta illa no es trobava en el lloc correcte. Les llegendes que apareixen a moltes de les cartes proporcionen, doncs, un cabal d'informació importantíssim, tant per a descobrir les fonts utilitzades en la fabricació de les cartes com pel que fa referència als coneixements del moment.

El decret d'expulsió dels jueus de 1492 acabarà amb la presència jueva a l'illa, però la llavor ja estava sembrada i els fruits seguiran sorgint no únicament a Mallorca, a mans de cristians i conversos, sinó també a les ciutats on es traslladaren els autors jueus.

8. INTERÈS QUE DESPERTAREN LES CARTES I ELS MAPAMUNDIS

Els reis d'Orient i Occident mostraren sempre un gran interès a disposar de mapes i cartes, des del rei sassànida Ardachis I (226-241), passant per al-Ma'mūn (813-833) i Roger de Sicília (1154), fins a Enric VII d'Anglaterra (1482) o el gran visir turc-otomà Ibrāhīm Paxa, per a citar-ne només uns quants.

L'interès dels reis de la Corona d'Aragó en les cartes de navegar i els mapamundis és també ben patent, i els mapes que encarregaren, abundants. El document més antic que coneixem és de 1338, un any abans de la data de la primera carta signada (Dulcert, 1339). En aquest document el rei Pere III, que aleshores no havia complert encara els vint anys, demanava la reproducció d'un dels dos mapamundis que es trobaven al palau episcopal de València (Rius, 1928, p. 153). Cinc anys més tard (1343), el Regne de Mallorca s'incorporà a la Corona d'Aragó i vint-i-cinc anys més tard, el 9 d'abril de 1368, un tresorer del rei comprava a Mallorca un mapamundi. Del fet que el 15 d'abril del mateix any, només sis dies després, el rei signi la familiaritat reial de Cresques Abraham, Riera (1975) dedueix amb molta lògica que aquest mapamundi devia ser una obra mestra de la seva producció.

D'altra banda, s'ha conservat abundant correspondència no solament entre les corts de França i Catalunya i sobre el famós *Atlas català*, sinó també entre Pere III i Joan I amb els seus tresorers i d'altres súbdits, en relació amb tota mena de cartes i mapamundis obra de Cresques Abraham i del seu fill, Jafudà Cresques. Entre aquests documents, cal destacar, pel seu interès, els dels anys 1381, 1382 i 1387, de què ens dóna notícia Rubió i Lluch (1908-1921, n. 322, 260, 262 i 386). En el primer document, datat el 5 de novembre de 1381, l'infant Joan notifica al seu «car cosi lo rey de França» que li tramet un mapamundi fet per Cresques, «lo juheu», que Pere Palau ha entregat a Guillem de Courcy perquè li faci arribar. El segon document, de 20 de març de 1382, és una ordre de pagament de Pere III al tresorer Pere del Vall signada a València. En aquest document s'ordena pagar a Cresques Abraham, «magistro de Mapamundi», 150 florins d'or d'Aragó per unes taules en què es representa la figura del món. En el tercer document, de 21 d'abril del mateix any i signat també a València, el rei Pere III reconeix que els Cresques, en aquest cas ja pare i fill, treballen per a la cort. En aquest document, el rei mana al governador de Mallorca que facilitin a Cresques Abraham i al seu fill Jafudà, «jueus de casa nostra» autors d'algunes «obres e mapamundis que per nos fan», la carn que necessiten dels carnissers jueus. Finalment, coneixem un document de 1387, signat a Barcelona, en què es confirma que després de la mort de Cresques Abraham, el seu fill Jafudà Cresques continuà treballant per a la cort. En aquest document, Joan I mana a Berenguer Llobet que pagui 60 lliures mallorquines a Jafudà per un mapamundi, començat pel pare i acabat pel fill, que acabava de rebre el rei.

L'infant Joan ens parla també en un document d'una carta nàutica, sembla que en aquest cas del tipus nàutic pur (vegeu l'apartat 9), avui perduda, datada el 1373,

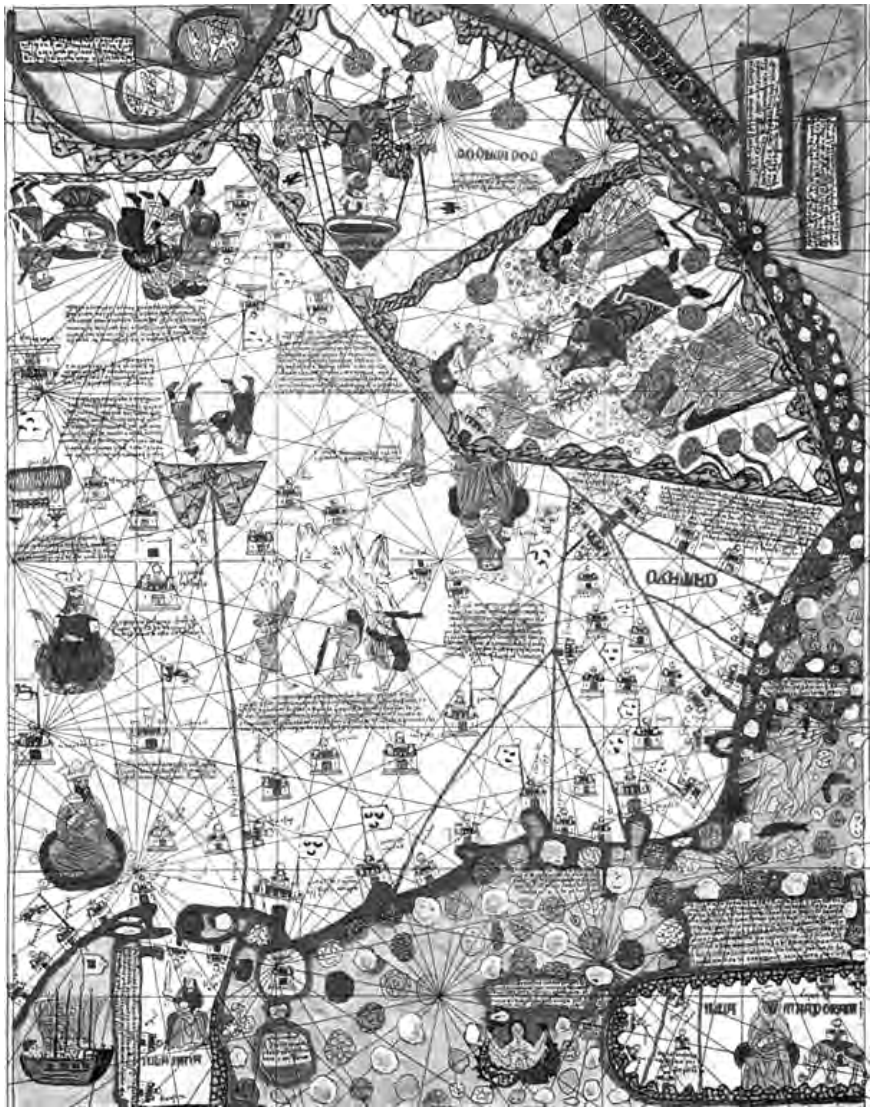


Figura 5. Taula VI de l'Atlas Català (1375). Biblioteca Nacional de París. Fons espanyol, n. 30.

que desitja posseir (Rubió i Lluch, 1908-1921, n. 265). Diu: «com nos desigem haver la carta de navegar complida ab tot son arrendament e sestes per ço us pregam que ns tremetas la dita carta de feta e devisada ad son levant e ponent e del dit estret anant vers ponent». En la comanda es fa referència a certs coneixements geogràfics, bàsicament sobre les costes de l'Atlàntic, que probablement interessaven l'infant.

La seva passió per les cartes i mapamundis era notòria. El 26 d'abril de 1379 demanà a Mallorca un mapamundi, avui perdut. És interessant donar la cita completa (Rubió i Lluch, 1908-1921, n. 213): «Volem que si en Mallorques ha .i. bell mapamundi que faça per nos que la nos comprets, e si no ni ha que l façats fer axi bell a joliu com esser pusca e que l nos trametats al pus breu que porets, cor vos farem pagar a reebre en comte aço que haura costat. e siats en aço diligent axi com de vos confiam, dada en Barchinona, sots nostre segell secret a .xxvi. dies de abril de l any .mccc. setenta nou. primogenitus». És a dir, es tracta de comprar-ne un de fet o de fer-lo fer; ha de ser, però, bonic i, a més, té pressa. Té tanta pressa que, tot i que no han transcorregut encara ni cinc mesos i que és fora de casa, a Perpinyà, torna a escriure a Mallorca per reclamar el mapamundi.

L'infant vol els mapes per a ell, però també per a regalar. A més del mapa que fa fer a Cresques Abraham per a obsequiar l'infant de França, tenim documents en què consten altres regals d'aquesta mena. Per exemple, l'1 de juny de 1390, Joan I regalà un mapamundi al comte de Foix (Bofarull, 1876, n. 11).

També sabem que el rei Martí I era un gran afeccionat als mapamundis i cartes. A la seva biblioteca es trobava una carta anònima, que havia estat comprada per Jaume II. De la biblioteca d'aquest rei procedeix també una altra carta anònima que es conservà al convent dels Mercedaris de Barcelona. A l'inventari dels béns mobles d'aquest rei figuren, comptant cartes de navegar i mapamundis, sis exemplars, tots anònims, sense datar i avui perduts, si no és que alguna d'aquestes cartes correspongui a les dues anteriors esmentades (Bofarull y Sans, 1898, p. 123). Sabem també que al juny de 1399, el rei Martí es féu regalar un mapamundi per un ciutadà de València anomenat Guillem Ros (Hamy, 1896, p. 109).

Hi hagué, però, uns altres tipus de personatges interessats en l'adquisició d'aquests mapes, sigui mitjançant la compra o el pillatge. Es tracta dels mercaders, els pilots i els corsaris. No en tenim gaires testimonis, perquè no es conserven documents d'aquesta gent, com se'n conserven dels reis i nobles, i també perquè les cartes que els interessaven tenien una finalitat pràctica i segurament moltes s'han perdut. Sabem que la carta que Gabriel de Vallseca féu a Mallorca el 1439 fou comprada per Amerigo Vespucci (1451/1454-1512) per 70 ducats d'or, probablement per a ser utilitzada com a «padrón» quan aquest fou nomenat «piloto mayor», càrrec que ocupà entre 1508 i 1512, de la Casa de Contratación de Sevilla, on arribà l'any 1492. De fet, una de les cartes de mercaders mallorquins que veurem a continuació, la de Joan de Puig, també fou comprada per un italià anomenat Nicola di Giovani. Tenim també notícia d'una sèrie de particulars, del segle XIV al segle XVI, i de diversos oficis, que posseïen cartes nàutiques, tot i que no sabem de quin tipus. La llista que dóna Llompart (1975, p. 42) és interessant i la reprodueixo a continuació:

– Pere Real, mercader (1383), «duo instrumenta de navegar cum una sesta sive compas»,
– Joan de Puig, mercader (1408), «cartam pergameneam de navegar»,
– Joan Desbrull, doctor en medicina (1417), «una carta de navegar»,
– Joan Pons, boter (1449), «una carta de navegar»,
– Francesc de Mora, mercader (1472), «una carta de navegar»,
– Gabriel Abeiar, notari (1492), «una carta de navegar»,
– Miquel Garau, mercader (1506), «una carta de navegar».

També els monestirs mostraren interès per aquests productes. L'any 1413, el prior de la cartoixa de Valldecrist (València), que era a Tortosa, encarregà un mapamundi al prior de la de Valldemossa (Mallorca) que, segons Llompart (1975, p. 42), podria correspondre a la carta de Macià de Viladestes, signada el mateix any, que avui es conserva a la Biblioteca Nacional de París.

Finalment, Massó Torrents (1915) ens parla d'un mapamundi del final del segle XV, avui perdut, donació de mossèn Ferran Diez, que serví com a premi a uns jocs florals celebrats a València.

9. CARACTERÍSTIQUES DE LA CARTOGRAFIA MALLORQUINA

Atesa la seva finalitat, Rey Pastor i García Camarero (1960, p. 23-33) distingeixen dos tipus bàsics de cartes mallorquines que poden molt bé ser coetànies i fins i tot sovint obra d'un mateix autor: el tipus nauticogeogràfic i el tipus nàutic pur. A això s'haurien d'afegir els atles relligats i els petits mapamundis circulars.

Les cartes de tipus nauticogeogràfic correspondrien a un estil de mapa enciclopèdic, anomenat a l'època *mapamundi*, com hem vist en els documents recollits per Rubió i Lluch (1908-1921), terme que utilitzarem per la simplicitat. Rey Pastor i García Camarero els consideren alhora instruments de navegació i exposició dels coneixements geogràfics, polítics, biològics, històrics i socials de l'època, ja que en aquests mapes hi ha de tot. Personalment, però, considero que aquests grans mapes en què es representava tot el món conegut no devien ser gaire pràctics per a ser consultats a bord, bàsicament perquè eren massa grans i per l'excés d'informacions inútils per a la navegació. Més aviat, per la seva bellesa i pels coneixements d'interès polític i comercial que fornien, m'inclinaria a pensar que eren mapes destinats a les corts reials i biblioteques nobles, fossin particulars o de monestirs. Sovint veiem a la documentació medieval que eren oferts com a regal i, de vegades, fins i tot com a premi, de manera que això confirmaria que es tractava d'exemplars de luxe. Els exemplars més coneguts d'aquest tipus de mapes són l'*Atlas català* de 1375, les cartes de Dulcert (1339), Viladestes (1413), Vallseca (1439) i Rosell (1446-1489). De fet l'*Atlas català* és l'exemplar per excel·lència, i el més complet, ja que inclou una sèrie d'informacions de tipus cosmograficoastronòmic.

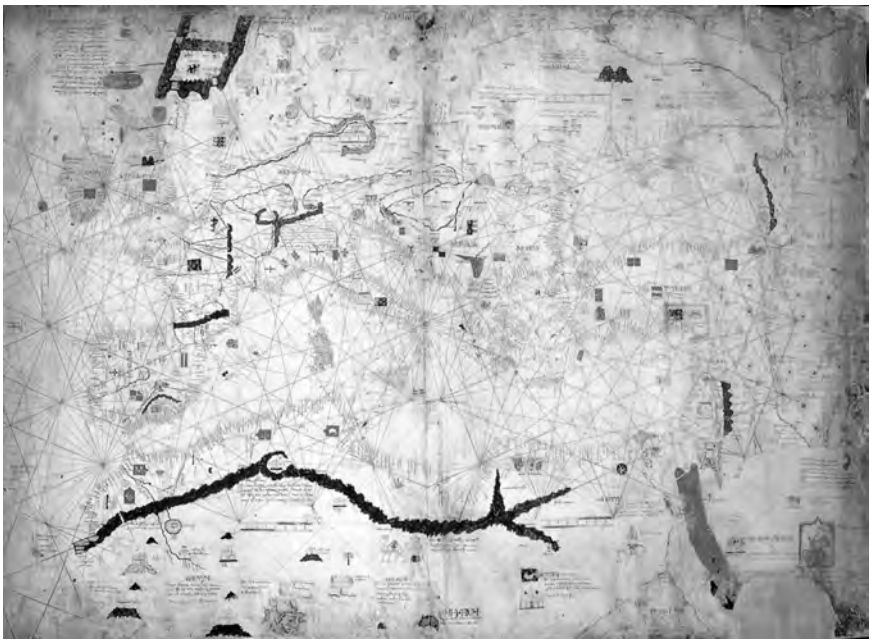


Figura 6. Carta de Dulcert (1339). Biblioteca Nacional de París. Cartes et plans, Rés. Ge B 696.

Les cartes de tipus nàutic pur incloïen únicament els coneixements bàsics necessaris per a la navegació. Són cartes molt més sòbries que les del tipus anterior, com correspon al seu ús pràctic. Aquesta classificació és, evidentment, de tipus general i algunes de les cartes que pertanyen a aquest grup duen a més algunes dades que no són estrictament nàutiques, tot i que poques i sovint de caire estètic o d'informació d'interès, com ara banderes o noms de ciutats de l'interior. D'altra banda, és evident que el luxe era innecessari a nivell pràctic i a més els mapes que circulaven en els vaixells probablement acabarien malmesos per l'ús diari en les condicions precàries que cal suposar que tenien els vaixells de l'època, o bé al fons del mar, després d'un naufragi, o en mans dels corsaris que infestaven les aigües de la Mediterrània. Les mostres més característiques d'aquest tipus són la carta anònima de Roma, la de Soler (1380), la de Vallseca (1447), algunes de les de Rosell (1447, 1456 i 1462) i la de Beltran (1456).

Els atles, una mena de mapamundis en què les cartes apareixen relligades, són bastant tardans, atès que no sorgiren fins al final del segle XV o el començament del segle XVI i es desenvoluparen gairebé sempre a Itàlia, tot i que sovint de la mà de cartògrafs mallorquins. En aquests atles de vegades apareixien petits mapamundis circulars, de clara ascendència Idrīsī pel que fa al vell món, amb què es pretenia donar una imatge de la totalitat del món conegut que inclou també sovint les costes d'Amèrica. Aquests mapamundis circulars presenten una imatge bastant allunyada de la realitat. Només cal veure la distorsionada representació de les costes de la península-

la Ibèrica, que coexisteix amb la molt acurada imatge de la carta nàutica detallada que els acompanya. És el cas, per exemple, de l'atles de Joan Oliva (1599), en què el mapamundi circular està dibuixat a l'interior del continent africà.

La representació dels diversos elements que es troben en els mapes difereix no només segons el país d'origen de la carta sinó sovint també segons l'època i l'escola, la qual cosa permet la identificació de cartes anònimes no datades. D'altra banda, molts d'aquests elements ens permeten de conèixer, a més, les influències que es detecten a les cartes. Els elements que cal tenir en compte a l'hora de veure les característiques pròpies de l'escola mallorquina són molts i molt diversos. Bàsicament considerarem l'àmbit, l'orientació, la correcció, la teranyina dels vents, l'escala de milles, la iconografia, les llegendes, la toponímia i l'ornamentació.

Pel que fa a l'àmbit, la conca mediterrània, com calia esperar, es representa a la cartografia mallorquina amb tota riquesa de detalls. Aquesta és també una de les característiques de les cartografies dels musulmans i italians, perquè és obvi que els interessos de tots ells giraven al voltant de la Mediterrània. Habitualment, s'hi afegien les mars Roja, Negra i Bàltica i les costes conegudes de l'Atlàntic, bàsicament les de la península Ibèrica, l'Àfrica occidental, els principals arxipèlags, com ara les illes Britàniques o les Canàries, i l'Europa septentrional, concretament la península Escandinava.

L'orientació de les cartes es presta a confusió, ja que sovint poden mirar-se des de qualsevol banda i només els dibuixos o les llegendes externes ens poden indicar quina era l'orientació triada, ja que els topònims se segueixen els uns als altres sense orientació constant al llarg de la costa. S'ha de considerar, de tota manera, que a l'època no hi havia cap tradició establerta sobre quina havia de ser l'orientació de les cartes. Ja hem vist que, per raons religioses, els mapamundis isidorians medievals mostraven l'est a la part superior, i els mapes àrabs, el sud. Probablement fou l'ús de la brúixola el que féu que l'orientació s'acabés decantant cap al nord, després d'una època de dubtes. L'orientació sud la troben també en alguna de les cartes mallorquines i italianes, sobretot les primerenques. Sabem que alguns dels atles de Vesconte (1311, 1318 i 1321) estan orientats al sud. La carta Borgia del segle XV que es conserva al Vaticà té orientació sud i, tot i que és un tipus de mapamundi molt rudimentari, presenta gairebé totes les característiques mallorquines. Un parell de cartes corresponents a les illes de Sicília i Malta de l'atles de Joan Oliva (Messina, 1614) tenen l'orientació capgirada. Altres cartes mallorquines també estan orientades al sud, com per exemple les de l'*Atlas català*. De fet sembla que els exemplars més primitius tenen tendència a estar orientats al sud i, a mesura que passa el temps, es canvia aquesta orientació (Uhden, 1935, p. 16), tot i que de fet segueix apareixent en molts dels mapamundis europeus del segle XV, com ara els d'Andreas Walsperger (1448) o fra Mauro (1457). Coneixem algunes cartes del XVI que també presenten aquesta peculiaritat, com el mapamundi del venecià Hieronymus Marini (1511), en què d'altra banda apareixen ja representades les costes del Brasil i de l'Índia Nova.[6] Finalment,

6. Biblioteca del Ministeri de Relacions Exteriors del Brasil, sense referència.

cal esmentar que alguns autors consideren que la situació del coll del pergamí, a la zona d'orient o occident del mapa, depèn de l'orientació sud o nord de la carta.

D'altra banda, i lligant amb la influència àrab que trobem en l'orientació de les primeres cartes, cal parlar també de la correcció de les dades representades. Com acabem de veure, bàsicament l'àmbit de les cartes mallorquines, com de la geografia àrab, se centra a la Mediterrània. Per començar cal dir que la configuració de la costa mediterrània a les cartes mallorquines és gairebé perfecta ja que, tot i no saber-ho, el fet que les latituds no fossin grans feia que la construcció per rumbs i distàncies funcionés prou bé. L'únic problema era el derivat del desconeixement de la declinació magnètica,[7] que féu que les cartes catalanes del Mediterrani quedessin orientades al nord magnètic i no al nord veritable. Aquesta desviació, que als segles XIII-XVI oscil·lava al voltant d'uns 10° al nord-est, tingué com a conseqüència que les cartes d'aquest període presentin un error que farà que Ceuta (35.53N) es trobi al mateix paral·lel que Alexandria (31.13N), i que Rodes (36.26N) quedi bastant més al nord que Gibraltar (36.09N), tot i que pràcticament es troben situades al mateix paral·lel. Quan al segle XV es conegué l'existència de la declinació magnètica es pensà que era constant. Corregir el rumb tenint en compte aquesta desviació era, a més, complicat, de manera que sovint es corregia fixant l'agulla a la rosa dels vents sense tenir en compte que la variació canviava segons l'època i el meridià on es trobés la nau. De manera que aquest coneixement que havia de resoldre el problema comportà, al començament si més no, errors enormes, sobretot en les navegacions atlàntiques.

Deixant de banda, doncs, la desviació produïda per la declinació magnètica, una carta nàutica mallorquina pot superposar-se a una de moderna, sense que pràcticament hi hagi cap diferència. De fet, la utilitat de les cartes es basa en el fet que les dades procedeixen de les mateixes brúixoles que estaven a l'abast dels pilots, de manera que el nord determinat amb l'agulla magnètica del vaixell corresponia al nord de la carta. Cal afegir que la longitud d'aquest mar –ho hem repetit a bastament– fou corregida des de Ptolemeu diverses vegades pels astrònoms àrabs, els quals arribaren a una determinació extraordinàriament exacta. Ja a les primeres cartes mallorquines, la Mediterrània també assoleix aquesta exactitud, que és encara més destacable si considerem que, com ja hem vist, fins i tot al segle XVI trobem molts mapes i cartes, sobretot nord-europeus, que recullen l'error del recentment (segle XV) redescobert Ptolemeu.

Pel que fa a les línies dels vents, cal dir que des de la primera carta mallorquina coneguda, és a dir la de Dulcert (1339), es representaven setze vents: els quatre principals (nord, sud, est i oest), els intermedis (nord-est, nord-oest, sud-est i sud-oest) i així successivament buscant els vents que hi havia entre cada parella, fins a dividir el

7. Les cartes mallorquines mostren una variació entre 8° i 10° en sentit nord-est. Dels estudis recents sobre la declinació magnètica a la Mediterrània, Cerezo (1994, p. 18-19) dedueix que des del començament del segle XIII fins a mitjan segle XVII, en què es produí l'alteració del camp geomagnètic, la declinació en aquest mar fou de sentit nord-est i es mantingué entre valors de 5° a 15° dins un sistema d'estabilitat magnètica que afavorí el desenvolupament de la carta nàutica.

Figura 7. Mapamundi d'Andreas Walsperger (1448). Biblioteca Apostòlica Vaticana. Pal. Lat. 1362 B°.

cercle inicial en 16 parts. Pere Rosell, a mitjan segle XV, concretament a partir de la carta de 1456, augmentà les línies de vents a trenta-dos, de manera que les cartes seran encara més pràctiques. Aquesta millora no aparegué, però, a les cartes italianes fins al segle XVI.

Un altre tema és el de l'escala de milles. Cada una de les divisions d'aquesta escala representava 10 milles, però el valor de la milla era sovint diferent per als diversos mars implicats. De fet, fins i tot s'utilitzaven unitats de mesura diferents, amb valors equivalents o no. Alonso de Contreras, per exemple, expressa les distàncies en llegües per a algunes zones (de Cadis a Barcelona) i en milles catalanes per a d'altres (de Barcelona en amunt) i especifica que «cada milla destas de Cataluña hacen una legua de España»; i a Pedro de Medina s'atribueix una obra, el *Coloquio sobre las dos graduaciones diferentes que las cartas de Indias tienen*, que tracta precisament d'aquest problema.

D'altra banda, la iconografia que utilitzen els autors de les cartes és senzilla i força ingènua, i pretén donar una informació de caire geogràfic i històric, principalment: ciutats emmurallades, blasons, perfils de muntanyes, rius i costes, figures humanes i decoratives, naus, etc. Les imatges iconogràfiques més pròpies de la cartografia mallorquina foren: l'Atlas en palmera; els rius Senegal i Níger en un sol riu que acaba trobant-se, o gairebé segons les cartes, amb el Nil en forma de Y invertida; els Alps en pota d'au; el Tajo en forma de gaiata, sovint amb Toledo dins la curvatura del puny; el Danubi en cadena; Noruega en rectangle i fiords; Bohèmia en ferradura, i la mar Roja pintada de vermell. Moltes d'aquestes imatges procedeixen dels mapes àrabs, i són una mostra més que ens indica que els jueus mallorquins els tenien a l'abast. De la famosa geografia que al-Idrīsī escrigué per al rei normand Roger II de Sicília l'any 1154, de què ja hem parlat, i dels mapes que l'acompanyaven,[8] en especial el mapamundi,[9] sembla que en podria procedir part de la iconografia, com ara la forma de l'Atlas en palmera, els Alps en pota d'au i el Nil en «Y» invertida. Sovint, però, aquestes imatges iconogràfiques les trobem ja a la cartografia àrab anterior, per exemple, als mapes atribuïts a al-Khwārizmī, probablement sorgits del cercle d'astrònoms de la cort d'al-Ma'mūn. Molts dels mapes renaixentistes que mostren l'Atlas en palmera, inclouen una representació de les fonts del Nil d'estil àrab que no trobem a la cartografia mallorquina, que només ofereix el nord de l'Àfrica. D'altra banda, seguint el mapamundi d'al-Idrīsī, alguns cartògrafs mallorquins com ara Valdestes o l'autor anònim de la carta catalana de Mòdena (1450), i també els italians que dibuixen cartes a l'estil català, com ara els germans Pizzigani, uneixen el Níger i el Senegal en un gran riu que fan arribar fins al Nil, o molt a prop. Els primers cartògrafs italians depenien encara més estretament d'al-Idrīsī, i aquesta influència és ben palesa al mapamundi de Carignano de 1310 i al de Pietro Vesconte del voltant de 1320. També ho farà la família dels Ṣfaqsī de Tunísia, que presenten una Mediterrània netament mallorquina juntament amb una representació d'Àsia al més pur estil Idrīsī. També sembla que han influenciat en la iconografia les imatges representades en els mapes europeus medievals, com ara els de Mathieu Paris (m. 1259) a la *Historia anglorum*[10] o a la *Historia maior*,[11] on a més de vaixells a la mar, trobem també camells, castells, esglésies i personatges de tota mena acompanyats de les llegendes corresponents. També sembla que hi tingueren alguna cosa a veure obres com el *Libro del Conoscimiento*, escrit a mitjan segle XIV, en què s'exposa la descripció d'un viatge que comença a Egipte i es mostren els escuts d'armes de tots els regnes coneguts. Altres característiques procedeixen de la iconografia eclesiàstica, com per exemple el fet de pintar la mar Roja de vermell, circumstància que alguns autors han considerat d'influència jueva però que es troba ja al mapamundi de Hereford (f. XIII).

8. Representen setanta seccions del món conegut.

9. Es conserva en diversos manuscrits, entre d'altres: ms. àrab 2221 (Biblioteca Nacional de París) i ms. 3502 (Aya Sofia d'Istanbul).

10. Ms. autògraf, reg. 14 C VII, f. 4*v*-5*r*, del Museu Britànic de Londres.

11. Ms. XVI del Corpus Christi College de Cambridge (s. XIII).

Pel que fa a la informació geogràfica, a part dels imprescindibles accidents de la costa, algunes cartes afegeixen arxipèlags ja ben coneguts com les Canàries i d'altres sovint imaginaris, bé procedents de la tradició cristiana, com San Barandan, o bé tractant de reflectir, d'una manera o d'una altra, les especulacions sobre l'existència de terres ignotes, com ara Antília, Frislàndia o Brazil, més enllà d'un oceà, l'Atlàntic, motiu des de temps remots de tota mena de llegendes paoroses. Pel que fa a l'interior, cal destacar, a més dels llacs, rius, muntanyes, etc., les ciutats i les escenes que representen la vida i els costums dels habitants de la zona, amb els trets més característics.

Tots aquests coneixements tenen també una forma escrita d'expressió. Es tracta de les diverses llegendes escampades arreu que mostren dades que no són nàutiques sinó que proporcionen informacions sociològiques, històriques, religioses o polítiques. Generalment no trobem, però, relats fantasiosos i llegendaris, com els que apareixen als mapamundis europeus com ara el de Hereford, si no és esporàdicament i referits a pobles molt llunyans o absolutament desconeguts.

Pel que fa a la informació de tipus religiós, podem constatar que, a diferència del que més d'un segle abans passava a la cort d'Alfons X, on sovint es retallava qualsevol informació referent a la religió islàmica, aquí trobem abundants referències a la Meca com a centre de pelegrinatge. Per exemple, en una carta anònima mallorquina del final del segle XIV (*c.* 1390)[12] trobem la inscripció següent: «En aquesta ciutat de mecha ese larcha de mafumet profeta dels sarrains açi venen totes lurs regions e pleg. [...] alls sembacinen la vista» i «En la migranca brancha de montis claris sobra aquesta montanya venen alcuns pelegrins de la ptida de ponent que volen anar a la ciutat de mecha». A l'*Atlas català* també hi ha informacions relatives als sarraïns. Per exemple, en la descripció de les muntanyes de l'Atlas o de la peregrinació a la Meca: «sobre aquesta muntanye alscuns serrayns palagrins de ponent qui volen anar Mecha per veer l'archa de uffamet es lur lig». De vegades ofereix una duplicitat de noms, el nom sarraí i el nom cristià: «tota aquesta muntanya de lonch és apellade Carena per Serrayns e per crestians és apellada Muntis Claris». També es remeten a la tradició judeocristiana en parlar del mont Sinaí on «Deu dona la Ley a Moysses», única llegenda, cal dir-ho, en tinta vermella, o del freu pel qual «pasaren los fills d'Irael con ixiren de Gipte» o quan diuen que «aquesta mar es apellade la Mar Roga per on passaren los .XII. trips d'Issraell».

Dins les informacions de tipus històric, trobem sovint referències als descobriments amb noms i dates. Per exemple, Vallseca a la carta de 1439, en referir-se a les Açores ens informa que: «aquestes illes foren trobades per Diego Sunis pelot del rey de Porogall en l'any MCCCCXXII». També en el mapamundi de Joan Martines fet a Nàpols l'any 1591 figura, al sud de l'Amazones, a la carta V, la inscripció següent: «este strecho fue descubierto por fernando magallanes dia de las onze mil virgenes Año 1520» i, més endavant, «canal descubierto por nugnos de silua piloto portugues

12. Biblioteca Nacional de Nàpols, sense referència.

de francisco drache». En un atles català anònim del segle XVI,[13] es diu a la carta VII: «este rio descubrio dende su nacimiento frac° de orellana el año 1544» i a la II, on es dibuixa l'Índia i la Indoxina: «estas islas son de maluccos de donde viene la especieria» i «en esta illa mataron a magallanes de la banda del Sur de la dicha ysla». Aquestes llegendes les trobem també en un mapamundi de 1562 atribuït a Bartomeu Olives, en què en una de les illes de la carta V, dedicada al sud-est de l'Àsia i les illes adjacents apareix la llegenda: «en esta illa mataron a magallanes de la banda del sur de la dicha ysla»; a la carta X, dedicada a l'Amèrica del Sud, hi diu: «este strecho fue decubierto por fernando de Magallanes dia de les onze mil virgenes el año 1520» i també a la carta VI, de l'Àsia meridional, unes illes anomenades «illes de diego rodrigues» i «ylla de diego Garcia». Com podem veure, bona part de les inscripcions es corresponen fil per randa, fet que ens demostra que o bé aquest atles ha estat mal atribuït a Bartomeu Olives o bé que el 1591, en el moment de dibuixar la seva carta, Joan Martines tenia al davant la de Bartomeu Olives de 1562. Encara que també pot ser que ambdós copiessin les inscripcions d'una altra carta que els fos font comuna.

De l'*Atlas català*, i d'altres fonts, aprenem també detalls de la vida social i econòmica dels pobles, rutes de mercaderies, etc. Per exemple, l'*Atlas* descriu els habitants del Sàhara occidental de la manera següent: «tota aquesta pertida tenen gens qui son embossats que no·ls veu hon sino los uyls, e van en tendes e fan cavalvades ab camels [...]». O diu quina mena de mercaderies es poden aconseguir a cada lloc i quina és la ruta que les fa arribar als diversos destins. Abunden les informacions de tipus econòmic o comercial, llistes dels productes que es poden adquirir en un lloc determinat, dades sobre les possibilitats de comerciar-hi, etc. Sovint parla també de la història, dels reis, dels seus dominis i de les lluites que mantenen, però sovint també ofereix una descripció que correspon a temps passats, com quan parla, en present, del rei Mansa Musa de Mali, mort uns quaranta anys abans de la confecció de l'*Atlas*, o bé quan descriu una situació política d'esplendor a l'Àsia mongòlica, superada ja en el moment de la confecció del mapamundi.

No podien faltar alguns trets fantasiosos, pocs, però, comparats amb la literatura geogràfica que sembla manejar. Per exemple, la menció als diversos tipus de sirenes, que apareixen a més d'una carta: «miga fembra i miga peix i miga fembra i miga auçell», segons l'*Atlas català*, que localitza, però, en indrets llunyans i per tant força desconeguts.

La toponímia de la cartografia mallorquina acostuma a estar en català tot i que trobem algunes cartes en llatí o combinades amb castellà o italià. Com és obvi, destaquen els noms dels ports, els quals es troben escrits perpendicularment a la costa pel gran nombre de noms que figuren a les cartes. Aquesta característica apareix ja en diferents mapes àrabs del segle X, com ara els d'al-Iṣṭaḫrī (950) a la seva obra *Kitāb ṣūrat baḥr al-rūm* (*Llibre de la imatge del Mediterrani*).[14] També hi figuren els noms de

13. Museu Britànic de Londres (add. ms. 9814).

14. Ms. àrab 1702 de la Biblioteca de la Universitat de Leiden, atribuït al mateix autor. Reproduït per Abu ʿAlī al-Farsī al-Nahwī al ms. àrab 1521 de la Biblioteca Ducal de Gotha (Herzogliche Bibliothek), còpia datada l'any 1173.

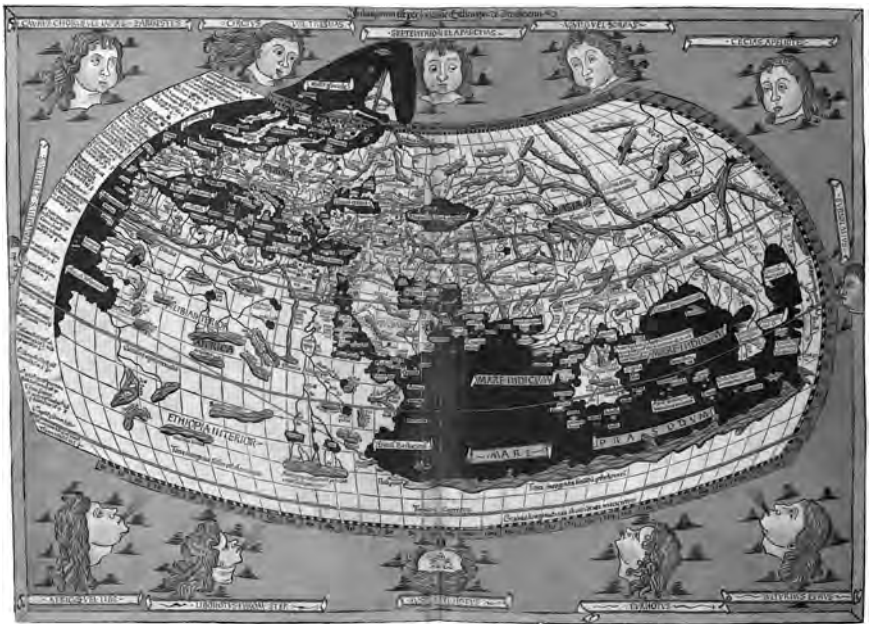


Figura 8. Mapamundi ptolemaic. Gravat de Johannes Schnitzer (1482). Edició de Lienhart Holle. Ulm.

moltes ciutats de l'interior, d'accidents geogràfics, bàsicament de la costa, caps, golfs, badies, freus, però també de l'interior, rius, muntanyes i carenes. Hi ha un procés continuat de renovació dels topònims, molt marcat al segle XIV i menys a partir del segle XV, que demostra que ens trobem davant d'un registre viu de l'estat i del coneixement de la Mediterrània en constant procés de modificació (Campbell, 1987, p. 373).

El valor artístic de moltes d'aquestes cartes, basat principalment en la iconografia però també en l'ornamentació, sobretot de les de tipus nauticogeogràfic o mapamundis, és indiscutible. Ja hem vist, per exemple, que Cresques Abraham era, a més de cartògraf, un miniaturista reputat. És evident que les seves obres reuneixen tots els requisits per a ser peces úniques.

Uns detalls característics de l'ornamentació de les cartes mallorquines són, per exemple, les roses dels vents, que comencen a l'*Atlas català* –no hem d'oblidar que l'ofici de Cresques Abraham era precisament el de «mestre de bruíxoles»– o els *bufadors*, o caps que bufen els vents des de les quatre cantonades de la carta, típics d'en Pere Rosell i de la cartografia mallorquina tardana, que trobarem àmpliament reproduïts en moltes de les cartes de la Casa de Contratación de Sevilla, com ara les de Diego Ribero de 1529 o la carta anònima de 1527,[15] i també en molts mapes renai-

15. Biblioteca Estatal de Weimar (Landesbibliothek), sense referència.

xentistes. Cal destacar, per exemple, el mapamundi de l'última edició d'Ulm de la geografia de Ptolemeu (1482) o el gravat de voltants de 1490, etc. En canvi, no apareixen en mapes ptolemaics més antics, com ara l'atribuït al monjo grec Maximus Planudes (1260-1310) de la Biblioteca Britànica, o al mapa del segle XIII que es conserva a la Biblioteca Vaticana.

Dins d'aquest resum de les característiques de la cartografia mallorquina, podem constatar repetidament la part d'influència que la geografia musulmana tingué en la mallorquina. La correcció de la longitud de la Mediterrània, la iconografia, l'escriptura perpendicular a la costa i l'orientació sud de les primeres cartes, seria una prova més d'aquesta influència, tant a la cartografia mallorquina com a la italiana i l'europea, en general. De fet, sabem que fra Mauro, monjo camaldulenc venecià, tenia accés a fonts geogràfiques àrabs, entre d'altres, al mateix al-Idrīsī, ja que en el mapamundi que féu per encàrrec d'Alfons V de Portugal dóna els noms de diversos ports de l'Àfrica abans que fossin coneguts pels portuguesos, com ara Zanzibar, Kilwa, Mombasa o Sofala, que eren reputats centres de comerç àrabs. A part d'aquesta influència àrab, el mapamundi de fra Mauro inclou també abundants dades recollides de les cartes nàutiques italianes i mallorquines. Tenim més detalls sobre la influència àrab a les cartes i als mapamundis catalans a Lelewel (vol. II) i Miller (vols. I i V).

10. CARTÒGRAFS MALLORQUINS QUE TREBALLAREN A L'ILLA

El nombre de cartes i mapamundis mallorquins no és tan escàs com habitualment s'ha dit. Les obres, això sí, estan repartides aquí i allà en col·leccions particulars, museus, biblioteques i fundacions, a Mallorca, a Barcelona i arreu del món, des d'Itàlia i França a Turquia i els Estats Units.

Encara avui és absolutament bàsica la llista que publicaren l'any 1960 Julio Rey Pastor i Ernesto García Camarero. En aquesta obra es pot trobar una interessant introducció a la cartografia i un «Elenco», on figuren totes les cartes i mapamundis mallorquins de què arribaren a tenir notícia, acompanyats de la descripció de cada peça i bibliografia abundant, a més d'una llista dels diferents llocs on es troben. Em limitaré a destacar allò que sembla més important de cada escola, família o època, afegint-hi tot allò de nou que s'ha conegut en els últims quaranta anys, i que de bell antuvi haig de dir que no és gaire. Remeto el lector interessat pels detalls a l'obra d'aquests dos erudits així com a la resta de les publicacions de la bibliografia adjunta.

Pel que fa als cartògrafs mallorquins, hem de dir que, pel poc que en sabem, eren gent de tota mena i condició. Des de pilots de naus que, com Jaume Olives i d'altres membres de la seva família, dibuixaven cartes per a aconseguir uns ingressos extres, fins a constructors de brúixoles i il·lustradors ben coneguts, com Cresques Abraham.

Durant tot el segle XIV anaren sorgint exemplars de cartes nàutiques a Mallorca de manera que no sembla estrany que haguessin començat a ser utilitzades ja des del segle anterior. Les primeres, per les referències que tenim, serien de tipus nàutic pur, i per això més fàcils de perdre. No totes les cartes fetes pels cartògrafs mallorquins,

però, estaven signades i/o datades a Mallorca. Les primeres que conservem signades estan datades a la primera meitat del segle XIV.

La primera de les cartes signades a Mallorca que coneixem és la d'Angelí Dulcert feta l'any 1339 i conservada a París.[16] Pertany a un grup de tres cartes que provocaren una llarga polèmica, que avui sembla ja superada. Aquestes cartes són: una carta anònima que es conserva a Londres (*c.* 1327);[17] la d'Angelino Dalorto, que es troba a Florència (1330),[18] i la ja esmentada d'Angelí Dulcert (1339). Sembla que totes tres haurien sorgit d'un mateix taller de Mallorca, tot i que només la de Dulcert porta la data i el lloc de composició. La de Dalorto només porta data, i la de Londres no està ni signada ni datada. És possible que com més antiga sigui la carta menys dades aporti i això sembla lògic, perquè al començament segurament tenien només una utilitat pràctica. El fet de la similitud de l'aparell consonàntic dels cognoms Dalorto i Dulcert ha fet que alguns erudits hagin cregut que es tractava de la mateixa persona, i és ben cert que molts dels noms de l'època els trobem sovint escrits de maneres ben diferents. Aquest cas, però, no hauria anat més enllà si no s'hagués tractat de les primeres cartes datades, cosa que n'ha provocat la utilització pels defensors d'un bàndol i de l'altre a la «guerra» dels orígens de la cartografia. Aquest grup de cartes ja conté els trets característics principals de l'escola mallorquina, que es conservaren, gairebé sense modificacions, durant més de dos segles.

A més d'aquest grup, trobem una sèrie de cartes no datades ni signades que mostren trets estilístics de l'època o potser una mica anteriors. Qui sap si no formarien part de les cartes prèvies a l'època en què donava un cert prestigi confeccionarles i, per tant, d'un moment en què no tenia cap sentit afegir el nom de l'autor ni la data de confecció. Es conserven cartes d'aquest grup a Itàlia, França i Turquia.

L'exponent més important d'aquest segle fou, però, el representat pel taller de Cresques Abraham i del seu fill Jafudà Cresques, que constitueix el segon punt fix i destacat de la cartografia mallorquina.

Sobre la vida i obres de Cresques Abraham (1325-1387) i el seu fill Jafudà Cresques (m. 1410) cal remetre's a l'excel·lent estudi que els dedicà Jaume Riera (1975). Podem destacar que pertanyien a una família jueva instal·lada des feia ja temps a Mallorca. Cresques Abraham visqué uns mesos a Barcelona durant l'any 1381 i Jafudà s'hi instal·là l'any 1394. Els dos eren proveïdors reials de mapamundis i de fet els dos obtingueren la familiaritat reial. En el document que Pere III signà l'any 1368 en què atorgava a Cresques Abraham la familiaritat reial se l'anomena «magistro buxolarum et mapamundi» (Riera, 1975, p. 18). Al fill, Jafudà Cresques, hom també el coneix, segons un document de l'any 1394 (Bonet, 1897-1898, p. 125-126), com a «mestre de mapamundis i de brúixolas». Aquesta professió no s'atribuirà a cap altre autor del segle XIV i de fet la seva singularitat queda patent quan veiem que el carrer on viuen els Cresques se l'anomena «carrer del buxoler» (Riera, 1975, p. 16). Cresques Abraham era sobretot pintor miniaturista i s'havia especialitzat en la pintura de

16. Biblioteca Nacional de París, Res. Ge. B. 696.
17. Museu Britànic de Londres, add. ms. 25691.
18. Biblioteca Principe Corsini, sense referència.

les roses dels vents de les brúixoles i en la il·luminació de mapamundis. De la seva vàlua com a miniaturista en dóna testimoni la il·luminació que féu de la Bíblia de Farhi i també el fet que l'infant Joan, com ja hem vist, li encarregués de dibuixar un gran mapa del món que volia regalar al seu cosí Carles VI de França, amb motiu de la seva coronació quan aquest encara no tenia 13 anys, i que, atès que anava dirigit a un príncep, havia de tenir una gran qualitat estètica. A la Mallorca dels segles XIII i XIV tenim documentats pintors retratistes i miniaturistes cristians, jueus i musulmans. De fet, també sabem que el *Llibre de franqueses*, que es conserva a l'Arxiu de la Corona d'Aragó, fou il·luminat per Vidal Abraham, germà de Cresques Abraham. Cresques Abraham, que tenia com a ajudant el seu fill Jafudà, era doncs mallorquí, jueu, il·lustrador miniaturista i autor d'instruments de navegació, cartes i mapamundis. Del seu fill sabem també que es féu batejar el 1391, l'any de la matança de jueus a Palma, i en aquella cerimònia prengué el nom de Jaume Ribes. El 1394 vengué la seva casa de Ciutat de Mallorca i es traslladà a Barcelona, on morí el 1410, després d'haver seguit amb èxit l'ofici del pare, amb qui col·laborà si més no des de 1382. S'ha dit de tots dos que, atesa la seva possible ascendència nord-africana, coneixien l'àrab, dominaven la ciència musulmana i eren continuadors dels cartògrafs granadins. Aquestes dades, però, no estan documentades.

L'*Atlas català* està íntimament lligat a l'obra de Cresques Abraham. Coincidint amb el sisè centenari de la realització d'aquest famós *Atlas* (1375), atribuït a Cresques Abraham, l'any 1975 es publicà una edició completa dels sis fulls que el componen, acompanyada d'una sèrie d'estudis sobre els diversos aspectes d'aquest importantíssim mapamundi conservat a París.[19] Aquesta obra, que sembla que és la més important de Cresques Abraham, està sense signar, però l'abundant informació que ens ha arribat ens permet d'afirmar amb prou seguretat l'autoria del conjunt de mapes i documents astronòmics i cosmogràfics que la componen. La dificultat que presenta la identificació d'aquest *Atlas*, el mapamundi mallorquí més antic que conservem sencer, és la següent: Gabriel Llabrés (1890) identificà l'*Atlas català* de 1375, conservat a la Biblioteca Nacional de París, amb el mapamundi de Cresques Abraham –tot i que es pensava que era de Jafudà– que l'infant Joan volgué regalar al seu cosí, Carles VI de França l'any 1381 i del qual ja hem parlat a bastament. El problema, però, és que sembla que l'*Atlas català* es trobava ja a la Biblioteca del rei de França el 6 de novembre de l'any 1380, i fins i tot és possible que ja constés en el catàleg perdut de 1373, del qual l'inventari de 1380 n'és una comprovació, perquè al costat de la descripció de l'*Atlas* figuren les paraules «il y est» (Pognon, 1975, p. 9). Des d'aleshores, l'*Atlas català* ha figurat a tots els catàlegs de la Biblioteca Reial, bona part dels fons de la qual, incloent-hi aquest mapamundi, passaren a formar part del que avui és la Biblioteca Nacional de París. Per tant, de cap manera podria ser l'obra esmentada en el document de 5 de novembre de 1381. Riera, tot i ser conscient de les dificultats que comporta l'atribució de l'*Atlas* a Cresques, creu que l'autoria és indiscutible. Hi ha

19. Biblioteca Nacional de París, n. 30 del fons espanyol.

una sèrie de detalls que ho confirmen. D'una banda, és l'únic autor de mapamundis documentats entre 1368 i 1387 que treballava en encàrrecs reials de peces de luxe, cosa que es correspon perfectament amb l'*Atlas* de París. De l'altra, l'autor de l'*Atlas* és indiscutiblement jueu. Diverses llegendes de l'*Atlas* així ho confirmen. El caràcter bíblic d'algunes d'aquestes llegendes podria dur a confusió, però n'hi ha un parell de definitives: a l'*Atlas català* es destaca en tinta vermella el mont Sinaí on «Deu dona la Ley a Moysses» i és ben sabut que els jueus mallorquins de l'època feien el seu jurament religiós damunt els manaments del Sinaí; la segona és definitiva, precisament per anticristiana (Llompart, 1975, p. 51). En parlar de l'Anticrist diu: «Antechrist. Aquest serà nudrit en Goraym de Galilea e con haurà .xxx. anys començarà a preicar en Jherusalem e contra tota veritat dirà que ell és Christ fill de Déu viu, e diu-se que rehedifficarà lo Temple». Lingüísticament també tenim arguments com el fet que anomeni el Sàhara «Hasahra», amb l'article hebreu *ha*.

Moltes de les llegendes que trobem a l'*Atlas català* són traducció gairebé literal de llegendes que ja apareixen a les cartes de Dulcert i Dalorto. D'altres, referides a la zona de l'Àsia, procedeixen de les narracions dels viatges de Marco Polo, ben conegudes a l'època, de fet, sabem que el mateix rei Joan I en tenia dos exemplars, i fins i tot de relats llegendaris, com el dels cercadors de diamants, que trobem a *Les mil i una nits*, precisament en un dels contes de Simbad el Mariner. La contribució de l'*Atlas* als coneixements astronòmics i cosmogràfics de l'època és més aviat minsa (Samsó i Casanovas, 1975) però els coneixements geogràfics són més destacables. Hi trobem una millora notable pel que fa a la representació de les Canàries si la comparem amb la de les cartes anteriors, probablement deguda a la informació procedent d'algunes de les sis expedicions catalanomallorquines a l'arxipèlag (entre 1342 i 1386). També la informació econòmica és bona, fonamentalment la de l'Àfrica (Sàhara, el Senegal i Níger), i estaria basada en les relacions comercials entre la Corona d'Aragó i el nord de l'Àfrica i potser també en el coneixement directe, per la possible ascendència nord-africana de la família.

En definitiva, en aquest mapamundi conflueixen diversos elements de diferents procedències. A part de la influència de les cartes de Dulcert i Dalorto, pel que fa a la Mediterrània i també al golf Pèrsic, trobem elements procedents dels mapamundis circulars cristians medievals, com el de Hereford, juntament amb una influència indubtable de les *Etimologiae* d'Isidor de Sevilla i la *Història natural* de Plini, als quals fa referències contínues, tot i que sovint semblen recollides d'algun compendi medieval. Per la zona d'Àsia, els detalls tenen el seu origen en al-Idrīsī i altres fonts àrabs, bàsicament els llibres geogràfics titulats *ʿAjāʾib* (*Meravelles*) que descriuen la Xina i l'Índia, així com les obres dels viatgers europeus de l'època, concretament Marco Polo, i les missions franciscanes del segle XIII al nord de la Xina.

L'últim cartògraf destacat d'aquest segle fou Guillem Soler. Sabem poca cosa d'aquest artesà, que signa «Guillmus Soleri» i «Gujllmo Soleij», de qui es coneixen dues obres, una carta nàutica pura (*c.* 1380) i una altra carta nauticogeogràfica (1385), conservades a la Biblioteca Nacional de París i a l'Arxiu de l'Estat de Florència. Llompart (1975, p. 43) apunta la possibilitat que es tracti del cristià suggerit pel

rei a la mort de Cresques Abraham perquè acabi el mapa que aquest havia deixat a mitges (Rubió i Lluch, 1908-1921, I, n. 345). Si examinem les llegendes i la iconografia de les cartes i el mapamundi del segle XIV veurem que la relació entre el taller dels Cresques i el de Soler és prou evident, així com la dependència de tots dos de la carta de Dulcert de 1339. Els dos tallers també semblen relacionats amb la carta de 1370-1380, molt ornamentada i amb toponímia catalana, conservada al Topkapi Saray d'Istanbul (Destombes, 1955).

De la darreria d'aquest segle es conserva tota una sèrie de mapamundis anònims amb multitud de llegendes i totes les característiques de la cartografia mallorquina, entre els quals cal destacar el que es troba a la Biblioteca Nacional de Nàpols.

Tenim constància d'una cinquantena de cartes del segle XV. La novetat més important fou l'aparició d'Islàndia per primera vegada, concretament a la carta de Jacobus Bertran de 1482. També aquest segle veurà per primera vegada l'aparició de les Açores en el lloc i la disposició que els corresponen. La carta de Rosell de 1462 millorà les costes d'Irlanda i del nord d'Escòcia, que es trobaran més perfeccionades encara a la carta anònima de 1487.

En aquest segle, Mallorca continuava sent el nucli principal de les activitats cartogràfiques de la Corona d'Aragó, i alhora continuava sent destacada la presència de cartògrafs jueus. Sabem que Macià de Viladestes era un convers. Gabriel de Vallseca també tenia origen jueu, fet que consta en el seu testament de 1467. Finalment, potser també ho era Pere Rosell, atès que aquest cognom era molt utilitzat pels jueus conversos. La diàspora dels cartògrafs cap a altres contrades comença, però, a ser cada cop més evident. Macià de Valdesters obtingué un permís per a traslladar-se a Sicília el 1401. El 1456, trobem Jaume Bertran col·laborant amb Berenguer Ripoll a Barcelona. Finalment, Arnau Domènec signà una carta a Nàpols el 1486, en què es confessa deixeble de Pere Rosell.

Aquest segle també fou testimoni d'un anònim molt particular: l'únic mapamundi circular conservat d'estil purament mallorquí pel que fa a les llegendes, a la iconografia, etc., i que avui es pot veure a la Biblioteca Estense de Mòdena.

Durant el segle XV sorgiren figures importantíssimes, ja que és el moment de màxim desenvolupament de la cartografia mallorquina, que reproduiren l'essencial de l'estilística pròpia del segle anterior. El primer i un dels més destacats cartògrafs del segle fou Samuel Corcós, deixeble del taller dels Cresques i convertit al cristianisme amb el nom de Macià de Viladestes (1413-1457), qui seguí de prop l'empremta de Cresques Abraham i del seu fill Jafudà i fou font d'inspiració per a Vallseca. Se li atribueixen una mitja dotzena de cartes, però només se n'han conservat dues de signades. La primera és la de 1413, que avui es troba a París[20] i que sembla que durant un cert temps pertanyé a la cartoixa de Valldecrist, a València. La segona és de 1423 i es conserva a Florència.[21]

20. Biblioteca Nacional de París, Ge. A. A. 566.
21. Biblioteca Laurenziana. Ashb, n. 1802.

Figura 9. Carta de Vallseca (1439). Museu Marítim de Barcelona, 3236.

Probablement familiar, fill o germà, d'aquest autor fou en Joan de Viladestes, de qui només sabem que residia a Ciutat de Mallorca i que és l'autor d'una carta datada el 1428 i signada que avui es conserva a Istanbul.[22]

L'autor més important del segle, però, fou Gabriel de Vallseca (1439-1449), un jueu convers barceloní que s'instal·là a Mallorca, on es formà a l'escola de Jafudà Cresques i on treballà entre 1439 i 1467. Li coneixem tres cartes signades a Mallorca i datades els anys 1439, 1447 i 1449. La primera, de què ja hem parlat, és la que avui es conserva al Museu Marítim de Barcelona. En el dors de la carta llegim: «Questa ampia pella di Geographia fue pagata da Amerigo Vespucci LXXX ducati di oro di marco»; a l'anvers queden restes de la tinta que es vessà en volcar-se al damunt un tinter durant la visita que Chopin i George Sand feren l'any 1869 al palau del comte de Montenegro a Mallorca. Sembla que aquesta carta fou dibuixada per a un conseller d'Alfons V, membre de la família Llúria. Després d'haver estat comprada per Amerigo Vespucci, i possiblement utilitzada com a «padrón» a la Casa de Contratación de Sevilla, la retrobem a Mallorca, havent estat adquirida a Florència pel cardenal Antoni Despuig, de qui l'heretà el comte de Montenegro. Més tard la carta fou incorporada al Museu de Raixa, fins que el 1917 fou comprada per l'Institut d'Estudis Catalans. Aquesta carta és de tipus nauticogeogràfic i conserva totes les caracterís-

22. Topkapi Saray, n. 1826.

tiques de la cartografia mallorquina. La segona es conserva a París[23] i presenta únicament la toponímia i les característiques geogràfiques de la costa, sense cap mena de llegendes. De la tercera carta, que es troba a Florència,[24] només es conserva un fragment que representa la part meridional de la península italiana, Sicília, la mar Negra i Síria. Procedeix de l'arxiu de la família Strozzi i és molt austera comparada amb la de Barcelona. Les dues últimes, de tipus nàutic pur, recorden una mica l'estil italià, que precisament es distingeix del mallorquí per la sobrietat, la manca d'ornamentacions, iconografies i llegendes, tot i que comparteix amb el mallorquí tots els símbols pertinents per a la navegació. Hi ha una quarta carta atribuïda a Vallseca que, si més no, deu ser del seu taller.

Un dels cartògrafs més fecunds de la cartografia mallorquina d'aquest segle i de totes les èpoques fou Pere Rosell (1447-1489), probablement un jueu convers, de qui es conserven una quinzena de cartes, set de les quals estan signades a Mallorca. La seva primera carta, de 1447, du una llegenda que ha estat motiu de controvèrsia. Diu: «Petrus Roselli composiut hanc cartan de arte Baptista Beccarii in civitate maioricana anno Domini MCCCCXXXXVII». Segons Rey Pastor i García Camarero (1960, p. 75-76), probablement Rosell es referia únicament a la utilització de detalls tècnics del taller de Beccaro i no a una relació mestre-deixeble com alguns han pensat, tot i que els dos segueixen un estil purament mallorquí. De tota manera si tenim en compte que, com veurem més endavant, ja en aquesta època es disposava de motlles de coure, penso que Rosell potser degué il·luminar una carta feta amb un motlle de Beccaro, la qual cosa corroboraria la idea de Rey Pastor i García Camarero, o a l'inrevés, perquè també sabem que Beccaro col·laborà il·luminant cartes de Jaume Ribes a Barcelona. El que sí que ens consta és que Arnau Domènec, un dels epígons de la cartografia mallorquina, signava com a «diszipulo petri Rosell». Les cartes de Pere Rosell de 1447, 1449, 1456 i 1462[25] pertanyen al tipus nàutic pur –l'última és una mica més ornamentada–, presenten escassa decoració, toponímia exclusivament costanera i estan signades a Mallorca. A la carta següent, de 1464,[26] hi trobem una certa quantitat de topònims i llegendes interiors, a més dels elements estilístics típics de la cartografia mallorquina, als quals s'afegeix com a novetat la presència de bufadors, que foren típics d'aquest autor. Aquesta i les següents, de 1465, 1466 i 1468,[27] totes de tipus mapamundi mallorquí i amb presència de bufadors, són les últimes signades per l'autor i datades a Mallorca. La resta de les cartes s'atribueixen a Rosell, algunes amb força certesa com ara la que es conserva a París.[28]

23. Biblioteca Nacional de París, Res. Ge. C. 4607.

24. Arxiu de l'Estat de Florència, n. 22.

25. Conservades respectivament a: Biblioteca Guarnacci (Volterra); Biblioteca de l'Estat de Baden (Badische Landesbibliothek), Karlsruhe (ms. S6); Newberry Library. Col·l. Edward E. Ayer (ms. Map 3) (Chicago); Biblioteca Nacional de París, Res. G. C. 5090.

26. Museu Nacional Germànic (Nüremberg), sense referència.

27. Museu Britànic, eg. 2712 (Londres); Biblioteca Principe Corsini (Florència); Hispanic Society of America, 82, n. 2 (Nova York).

28. Biblioteca Nacional de París, Ge. C. 5096.

La segona meitat del segle fou testimoni de l'inici del període de decadència. Aparegueren una sèrie de cartògrafs menys importants, com ara Jaume, Jacme, Jac, Iac o Jachobus Bertran, qui el 1456 trobarem col·laborant a Barcelona amb Berenguer Ripoll, un dels seus deixebles, però que més endavant residí a Mallorca, on signà cartes entre 1482 i 1489; la primera d'aquestes cartes, molt rica en toponímia, presenta inscripcions posteriors en llengua àrab.

Abunden també cartes d'autor desconegut, algunes datades a Mallorca. Un exemple n'és una carta que avui es conserva a Florència,[29] datada a Mallorca el 1487, en què el nom de l'autor ha desaparegut perquè la signatura s'ha esborrat, però que té molts punts de contacte amb les cartes de Pere Rosell, especialment amb la de 1468. Els bufadors comencen a sovintejar i els trobem, per exemple, a la carta anònima de Mantova[30] o a la de Mòdena[31] que, tot i que sembla que no està completa, presenta també abundants llegendes en català, procedents de les primeres cartes mallorquines, a més dels elements estilístics propis d'aquestes cartes.

Els segles XVI i XVII constitueixen ja el període de franca decadència de la cartografia mallorquina. L'escola de Sevilla començà a imposar-se i anirà recollint les noves regions descobertes, tot i que sembla que algunes de les cartes mallorquines també les inclouen. El document abans esmentat que parla de la carta de 1506 del mercader Miquel Garau diu textualment: «en que son les ciutats e regnes novament trobats». D'altra banda, els epígons de la cartografia mallorquina no feren tampoc cap esforç per a utilitzar algun mètode de projecció que permetés representar amb més exactitud les noves zones. Es coneixia ja la declinació magnètica però tampoc no la utilitzaven. Tanmateix, com ja hem vist, aquest coneixement creà al principi més enrenous que solucions. Cal dir també que tal vegada la conca mediterrània continuava essent l'única zona que els interessava, i per a la qual les cartes tradicionals feien prou bé el seu paper, ja que és obvi que, per a dirigir-se cap a Amèrica, l'oest de la península és molt més adient. A partir del segle XVI començaren a aparèixer meridians graduats a les cartes mallorquines, principalment als atles de Joan Oliva.

Entre els representants del segle que encara signen les seves cartes a Mallorca hi ha Salvat de Pilestrina, a qui se li atribueixen cartes des de 1502, però només n'hi coneixem dues de datades i signades. La primera conservada, signada i datada a Mallorca, és de 1511[32] i la segona, conservada avui a Toledo,[33] és de 1533. D'altra banda, sabem que Reinaut Berthollomiou de Ferreiros signà una carta a Mallorca en col·laboració amb Mateu Prunes el 1592.[34] Cal també esmentar l'atles de Joan (Ivan) Ortis, de data dubtosa però probablement de la segona meitat del segle XVI, que es conserva a Madrid, al Servicio Geográfico del Ejército, i que consta de cinc cartes, que preserven algunes de les característiques mallorquines.

29. Arxiu de l'Estat de Florència, n. 8.
30. Mantova J.I 15, n. 1032.
31. Biblioteca Estense de Mòdena, C. G. A.5.d.
32. Biblioteca de l'Exèrcit (Armeebibliothek) de Múnic, n. 31, 1.
33. Biblioteca Pública de Toledo (ms. 530).
34. Arxiu de l'Estat de Florència, n. 14.

El segle XVI, i també part del XVII, tindrà com a característica pròpia la gran circulació dels cartògrafs mallorquins. La diàspora, que podria haver tingut per inici simbòlic l'any 1394, moment en què Jaume Ribes abandonà Mallorca per instal·larse a Barcelona, constituí un degoteig constant des de l'inici del segle XV, s'incrementà a partir del segle XVI, i durà fins a la meitat del segle XVII, quan les famílies dels cartògrafs mallorquins instal·lades a Itàlia i França començaren a oblidar els seus orígens.

Excepcionalment, algunes famílies de cartògrafs, com ara els Prunes, romangueren a Mallorca durant generacions. Rey Pastor i García Camarero fan referència als següents membres d'aquesta família: «Juan (?), Bautista (?), Mateo (1594), Vicente (1597-1600), Juan Bautista (1649) i Piero Giovani (1651)». Com que dels dos primers no es conserva cap carta ni se'n tenen dades exactes, potser caldria considerar la possibilitat que fossin referències errònies del quart, el nom del qual és una combinació dels dos esmentats.

De Mateu Prunes coneixem una quinzena d'obres, incloent-hi la que féu en col·laboració amb Ferreiros el 1592, i la primera i l'última (1552 i 1594), destruïdes durant la Segona Guerra Mundial. La resta, datades entre 1553 i 1588, es conserven en diverses biblioteques italianes i a la Biblioteca Nacional de París. És un autor sobri que presenta la toponímia en català, però també en castellà i italià. De Vicentius, potser fill de l'anterior, es conserva una carta i un atles de cinc cartes ricament il·lustrat, datat l'any 1600, que avui es pot contemplar al Museu Marítim de Barcelona. Finalment cal parlar de Joan Baptista Prunes, que signà una carta a Mallorca l'any 1649, i de Pere Joan Prunes, fill de Vicentius Prunes, de qui coneixem una carta de 1651,[35] l'últim membre d'aquesta família i epígon dels cartògrafs mallorquins que treballaren a l'illa.

11. CARTÒGRAFS MALLORQUINS QUE TREBALLAREN A ITÀLIA I FRANÇA

Tenim exemples abundants que ens demostren que els cartògrafs sovint canviaven de lloc de residència per diversos motius, de vegades de tipus econòmic però principalment per persecució religiosa.

El primer que coneixem és Arnau Domènec, qui en les dues cartes de 1484 i 1486,[36] l'última signada a Nàpols, es confessa deixeble de Pere Rosell. Les seves cartes, molt ornamentades i típicament mallorquines, inclouen els bufadors del seu mestre.

Un exemple destacat d'emigració és el dels membres de la família Olives o Oliva, que tot i passar la major part de les seves vides a Itàlia no deixaren mai de fer patent a les signatures de les seves obres la seva condició de mallorquins. Jaume Oli-

35. Museu Correr, Port. 32, Venècia.
36. Biblioteca del Congrés (Washington) i Museu Marítim Nacional (Greenwich).

ves, probable fundador de la nissaga, era un capità de vaixell que, com altres membres de la família, feia de cartògraf a estones, segons diuen, per a augmentar els seus ingressos. Signà les seves cartes a Mallorca (*c.* 1550 i 1552), Marsella (1550), Messina (1552-1561), Nàpols (1563), Marsella (1566) i Barcelona (1571), amb el nom de «Jaume Olliues» al principi i «Oliues» més tard però sempre seguit de «mallorquí». De fet sembla que la seva trajectòria passà per Marsella abans d'arribar a Itàlia i que cap a la fi de la seva producció es tornava a trobar en aquesta ciutat francesa, per passar després a Barcelona, qui sap si fent el camí de tornada a casa. Les seves cartes, poc ornamentades, són d'estil mallorquí, presenten els bufadors introduïts per Pere Rosell i la toponímia és catalana, tot i que a les més tardanes inclou topònims en italià. Té dos atles, de 1563 i 1564.[37] Les seves cartes es conserven majoritàriament en ciutats d'Itàlia i als Estats Units. Bartomeu Olives (1538-1588) s'anomenava a si mateix «Capitano Majorquino» i signà les seves obres com a «Bartomeu o Bartolomeo Oliues o Olives o Holives de Mallorca o mallorquin». Treballà a Mallorca, on signà dues cartes el 1538 i després es desplaçà a Itàlia on féu els seus atles, alguns de fins a 14 cartes. Signà les seves obres a Venècia (1559) i Messina (1561-1588) on, si més no durant un any, coincidí amb Jaume Olives. Un altre probable membre de la família, Bartolomé Olivo, també signava com a «mallorquin» a Malta (1574) i a Palerm (1580). En general, la resta dels Olives hauran perdut ja totalment o parcialment l'interès a declarar l'origen mallorquí de la família en haver-se integrat a Itàlia com a membres d'una segona generació nascuts ja, amb tota probabilitat, en aquest país. Una excepció, en part, fou Domingo Olives, fill de Jaume Olives, qui signà a Nàpols l'any 1568 les dues cartes que li són conegudes com a «Domingo, figlio de maistre iaume olliues mallorquin». També Banet Panadès signà les seves cartes a Itàlia, la primera a Palerm l'any 1556 i la segona, un any després a Messina, especificant la seva ascendència mallorquina.

Aquesta segona generació d'Olives o Oliva fou molt prolífica. Hi trobem dos personatges anomenats Franciscus Oliva, l'obra dels quals sovint s'ha confós. El primer (Franciscus I) treballà a Messina entre 1562 i 1615 i té com a singularitat dibuixar la mar Roja amb illes, i el segon (Franciscus II), parent de l'anterior, potser fill o nét, signà la seva obra, molt decorada en un estil barroc propi de l'escola francesa, a Marsella entre 1650 i 1662. Els segueix Plácido Oliva, de qui coneixem un atles i una carta signats a la mateixa ciutat.

Un fill de Domingo, Juan Riezo, àlies *Oliva*, seguí el taller del seu pare a Nàpols i fou autor de quatre cartes i d'un atles de disset cartes, signats entre 1580 i 1588. A Messina treballà entre 1591 i 1598 un tal Joan Oliva, àlies *Riezo*, de qui tenim un atles i dues cartes, i que possiblement és la mateixa persona que l'anterior o bé el seu fill.

El més prolífic de la nissaga serà, sens dubte, Joan Olives, que a cavall entre els segles XVI i XVII, de 1589 a 1650, signà a Messina, Marsella, Liorna i Nàpols més de

37. Hispanic Society of America, 82, n. 16, i Biblioteca Nacional de Firenza, XIII, 4.

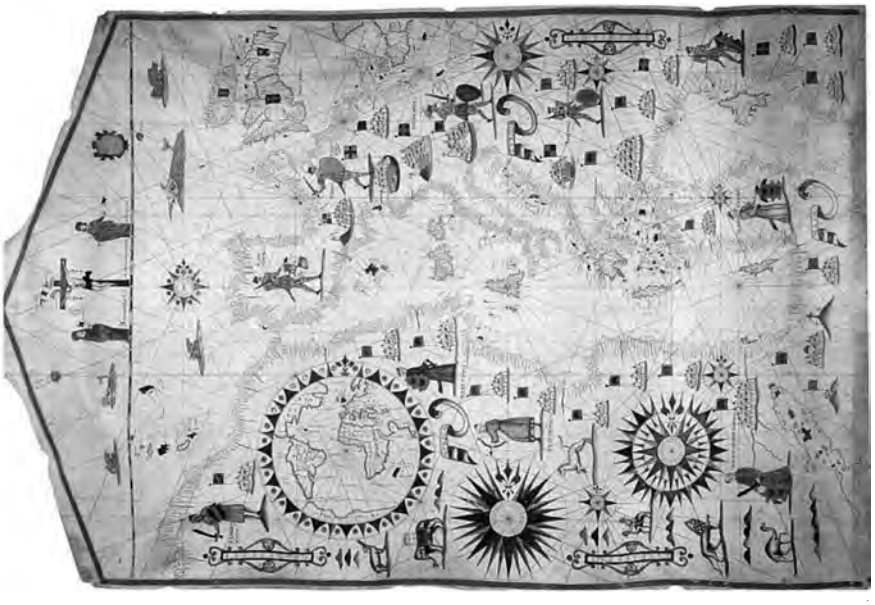


Figura 10. Atlas de Joan Oliva (1599). British Library, add. ms. 24943.

trenta-cinc obres, una desena de les quals són atles de fins a setze cartes. A més col·laborà en dues cartes amb Franciscus Oliva I, una de 1607 i l'altra de data desconeguda, però totes dues a Messina, ciutat on Franciscus treballava entre 1562 i 1615 i on Joan signà cartes entre 1592 i 1611 i, més tard, el 1616. De la signatura «Joannes et Franciscus Oliva fratres facerunt in nobile urbe Messane» es desprèn que aquests dos cartògrafs eren germans. També col·laborà en dos atles amb Giovanni Battista Cavallini el 1630 i el 1636, probablement a Liorna, on tots dos treballaven per aquelles dates.

A l'escola d'aquests Olives de segona generació s'atribueixen entre els segles XVI i XVII (de 1517 a 1616) una dotzena d'obres sense signar.

Entrats ja al segle XVII, cal destacar els Caloiro i Oliva com a continuadors de la nissaga a Messina. Placidus (1621-1665) és autor d'una trentena d'obres, una desena de les quals són petits atles de tres a sis cartes i Giovanni Battista, de qui només coneixem una carta de 1673. Al taller dels Caloiro s'atribueix una desena d'obres. A Messina treballà també un tal Brasito Olivo, de qui es coneix un únic atles de 1633, però sembla que només fou l'autor de la carta IV d'aquest atles, que, a diferència de les altres, en lloc de xarxa de vents té un entramat de línies horitzontals i verticals, potser meridians i paral·lels; mentre que les altres serien de Plácido Caloiro i Oliva.

A Marsella, entre 1619 i 1635, Salvador Oliva continuà l'obra de Joan Oliva o Olives, que treballà en aquesta ciutat entre 1612 i 1614. Presenta la mar Roja amb illes, característica que també trobem a Franciscus I, qui, com sabem, treballà en col·laboració amb el seu germà Joan a Messina.

Un altre cartògraf emigrat autor d'una obra considerable fou Joan Martines, que als dos atles de 1591,[38] els únics fets a Nàpols, signa com a «Joan martines. De messina Cosmographo Del Rey nro. Segnor. En Napoles Añy 1591». Llevat dels últims anys passats a Nàpols, treballà sempre a Messina i les úniques dades que ens indiquen el seu origen català és el nom de Joan, que apareix clarament a totes les seves signatures i el fet que la toponímia de bona part de la seva obra estigui en català, llengua que de vegades combina amb el castellà. D'aquest autor coneixem una trentena d'obres, cartes i atles, totes signades i datades entre 1556 i 1591, dues terceres parts de les quals són atles de quatre a divuit i dinou cartes, com ara els de 1578 i 1587.[39] A més se li n'atribueixen una quinzena més. Aquest gran nombre de cartes i atles fa que es trobin repartits per tot el món, en ciutats d'Itàlia, França, el Regne Unit, Alemanya, Àustria, Espanya i els Estats Units. A part de la toponímia catalana i castellana i algunes de les llegendes, que trobem en altres obres mallorquines, Martines mostra el pas dels jueus per la mar Roja al més pur estil mallorquí. Algunes de les cartes presenten, a més, els bufadors iniciats per Rosell, com és el cas de l'atles de 1591 de Marburg.

De fet, tots conserven, si més no, una part de l'estilística típica mallorquina. El pas dels israelites per la mar Roja fou com un senyal d'identitat, atès que el trobem pràcticament representat a l'obra de tots els cartògrafs emigrats, sovint en combinació amb Escòcia separada d'Anglaterra, l'illa de Mallorca en or –o daurada–, probable reconeixement dels seus orígens, i els bufadors, ja més tardans.

12. TALLERS DE CARTÒGRAFS A BARCELONA

Sabem que a Barcelona també hi hagué tallers de cartògrafs, i coneixem una sèrie de cartògrafs barcelonins, mallorquins i italians que hi treballaren. Potser la data clau de l'inici de l'activitat cartogràfica a Barcelona és l'any 1394, en què Jafudà Cresques, aleshores ja Jaume Ribes, s'hi traslladà a viure.

Ens consta que els cartògrafs genovesos Battista i Francesco Beccaro (1400-1488) treballaren a Barcelona. El segon, fonamentalment pintor però també autor de cartes pròpies, col·laborà amb Jaume Ribes en la il·lustració d'algunes de les seves obres. Sabem que entre 1399 i 1400, el comerciant florentí Baddassare degli Ubriachi encarregà quatre mapamundis a Jaume Ribes i Francesco Beccaro, i tenim constància que, si més no, el 26 de maig de 1400 Beccaro ja n'havia acabat dos (Madurell, 1951, p. 140-144). Aquests mapes eren per a regalar als reis d'Aragó, Navarra i Anglaterra, i Francesco Beccaro ens assabenta de com es cobraven les figures del mapa, el preu de cadascuna de les quals s'estipulava per separat, així com el nombre de figures que cada mapa havia de contenir, entre animals, homes, naus,

38. Biblioteca de l'Alemanya de l'Oest, ms. Ham. 430 (Marburg) i D. Benjamín Ventura de Madrid.

39. Museu Britànic de Londres, Harleian ms. 3450 i Biblioteca Nacional de Madrid.

peixos, arbres, ciutats, banderes, etc. Una altra comanda de quatre mapes feta a Francesco Becha (a Beccari), quan residia a Barcelona, és també de l'any 1400 i procedeix de Simone d'Andrea Bellandi, factor del mercader toscà Daticie. No sabem, però, si té alguna relació amb l'anterior (Roselló, 2000, p. 71).

També Jacobo Bertran i Berenguer Ripoll feren conjuntament una carta datada a Barcelona l'any 1456, que avui es conserva al Museu Nacional Marítim de Greenwich. La resta de les cartes que coneixem de Bertran estan signades a Mallorca.

Fins i tot Jaume Olivés, un mallorquí que treballà a Mallorca, però bàsicament a Messina, Nàpols i Marsella, signà una carta a Barcelona el 1571, que avui es conserva a la Fundació Bartomeu March Servera, a Palma de Mallorca. La inscripció diu «Jaume Olives mallorqui en barsalona any 1571».

No podem oblidar que Barcelona era ja un gran centre de comerç i que la majoria de les cartes es feien per a l'exportació. Coneixem documents de l'època segons els quals, entre 1390 i 1392, el mercader Domènech Pujol de Barcelona exportà cartes a Gènova, Sicília, Pisa, Nàpols, Alexandria i Flandes, mitjançant una sèrie d'intermediaris, dels quals coneixem dos noms: Pere Folch i Pere Jalbert. Això ens demostra que, de vegades, entre l'autor de la carta i el destinatari final hi havia tres o més mitjancers, que en treien profit.

Durant tot el segle XV i també el XVI els tallers de Barcelona continuaren treballant. Ens consta que per aquestes dates es començaven a fer cartes que avui anomenaríem *en sèrie*. Disposem d'un document de l'any 1461 (Madurell, 1967, p. 149-162) segons el qual un mercader bretó de Moncontour havia empenyorat a un botiguer barceloní un motlle de coure per a imprimir mapamundis, i trenta dotzenes d'exemplars ja impresos i pintats. També sabem que l'any 1625 Pere Joan Prunes reconeix que ha rebut la meitat dels patrons de fer cartes de navegar del seu pare, el cartògraf Vicens Prunes, com a herència familiar.

També sembla que féu un o més mapamundis Jaume Ferrer de Blanes (1493-1495), més conegut per haver estat cridat pels Reis Catòlics per a ajudar a delimitar la demarcació est/oest, probablement relacionada amb el meridià d'aigua, que ajudà a distribuir entre portuguesos i castellans les descobertes de l'Atlàntic mitjançant el tractat de Tordesillas (7 de juny de 1494). El dilluns 26 d'agost de 1493, el cardenal Pedro de Mendoza demanava a Jaume Ferrer la seva presència a Barcelona dient-li: «y vengais aquí a Barcelona, y traed con vos el mapamundi y otros instrumentos si tenèis tocantes a cosmografia». És clar que no sabem si aquest mapamundi que havia de dur a Barcelona era fet d'ell o no, però sí que sabem que el 1495 en féu un per als Reis Catòlics i els el trameté amb la carta de resposta afirmativa a la sol·licitud dels sobirans. Es tractava d'«una forma mundi en figura extensa en la que podrán ver los dos hemisferios ártico y antártico, círculo equinoccial, los dos trópicos y los siete climas», tot això per a esbrinar on havien de raure les tres-centes setanta llegües prefixades pel tractat de Tordesillas a l'oest de les illes de Cap Verd, a partir de les quals començava la zona d'expansió, descoberta i colonització atribuïda a Castella. Jaume Ferrer residí una llarga temporada a Nàpols i viatjà pel Pròxim Orient. Com a expert en mineralogia, també fou lapidari del rei de Sicília.

Veiem, doncs, com Castella comença a interessar-se pels coneixements nàutics catalans, i per tant mediterranis, per a aplicar-los a l'Atlàntic. I és que els temps estan canviant. El Mare Nostrum, que durant segles havia estat el melic del món, centre del poder polític i econòmic, comença a intuir ja la pèrdua del seu protagonisme i també a veure com els interessos es van decantant cap a l'Atlàntic, i l'eix econòmic, fins aleshores a Mallorca, Barcelona i també València, es desplaça cap a ports oceànics, com ara Sevilla o Lisboa. Evidentment, els nous descobriments, tant castellans com portuguesos, tindran en aquest canvi, que ara tan sols s'albira, una importància cabdal. No hem d'oblidar tampoc el deteriorament de les condicions comercials que en endavant sofrirà la Mediterrània, infestada de corsaris de tota mena, tant cristians com musulmans, com ens explica, per exemple, Alonso de Contreras (n. 1582), capità i alhora corsari, al seu *Derrotero universal del Mediterráneo*. També hi tindrà el seu paper la guerra que aviat s'encetarà contra el creixent imperi otomà i l'empobriment que tot això causarà en els fins aleshores rics ports de la Mediterrània.

13. CIRCULACIÓ DE LES CARTES

Se sap que les cartes circulaven d'un lloc a un altre i amb mitjans sovint variats. De fet, ja hem vist que els mateixos cartògrafs signaven les obres a més d'un lloc i fins i tot, de vegades, a més de cinc llocs diferents. N'hi ha que signaven cartes a Mallorca, Barcelona, Marsella, Florència, Messina i Nàpols, per exemple.

D'altra banda, i per començar, una carta no sempre era feta per a quedar-se al lloc d'origen. L'exemple més clar és el del famós mapamundi, fet a Mallorca per encàrrec d'un rei que habitava a Barcelona, amb la finalitat de regalar-lo al rei de França. També tenim exemples de mapes i cartes aconseguits com a botí pels corsaris turcs. Probablement Pīrī Re'īs aconseguí d'aquesta manera la carta que l'informà dels descobriments de Colom, quan tan sols havien transcorregut una quinzena d'anys dels fets en qüestió. També sabem que Pere III utilitzava el servei de cors en algunes de les seves operacions navals i cal suposar que aquests, com el pirata turc, no dubtarien a apoderar-se de les cartes que els arribessin a les mans. D'altres eren senzillament robades. De fet, després de la Segona Guerra Mundial es produí el robatori d'una carta anònima mallorquina que es trobava a l'Arxiu de l'Estat de Venècia i que procedia de San Marco de Ultra. Altres cartes eren simplement comprades, com és el cas de la carta de Joan Martines de 1578.[40] En el revers d'aquesta carta figura en anglès el nom de Thomas Philips, el propietari de la carta al segle XVII, és a dir, poc temps després d'haver estat feta, juntament amb la inscripció següent: «Bought when prisioner at Valladolid». És a dir, que Joan Martines, cosmògraf al servei de Felip II, era de l'escola de Mallorca, féu la carta a Messina, al poc temps la carta es trobava a Valladolid i allí fou comprada per un anglès, presoner, qui se l'endugué a Anglaterra,

40. Museu Britànic de Londres, Harleian ms. 3489.

on encara es conserva. Ja hem vist les peripècies de la carta de Gabriel de Vallseca de 1439, que sortí de Mallorca per a anar a Sevilla i Florència i tornà a passar per Mallorca abans d'arribar a Barcelona. Desconeixem, però, el mitjà pel qual viatjaren altres cartes. Així, sembla que la carta nàutica de Macià de Viladestes, feta a Mallorca el 1413, pertanyé a la cartoixa de Valldecrist, a València, abans d'anar a parar a París, on es conserva a la Biblioteca Nacional, o la de Joan de Viladestes, també feta a Mallorca el 1428 i que avui es pot contemplar al famós Topkapi Saray d'Istanbul. També sabem que moltes cartes es feien per encàrrec de mercaders. N'hem vist ja alguns exemples. Un cas d'aquests devia ser la comanda feta el 1398 des de Bruges a Mallorca per un mercader italià, Luca del Biondo, a un corresponsal florentí de dues cartes de navegar, sorprenentment en paper (Campbell, 1987, p. 376, n. 48), per a les seves sucursals d'Alexandria i Romania.

Al mapamundi de 1688 de Pietro Cavallini (1654-1688) de Liorna, continuador de l'obra de Joan Oliva al seu taller d'aquesta ciutat i epígon de la cartografia mallorquina a Itàlia i França, trobem una nota segons la qual «Questa carta e del [...] Guglo Lanfranchi Goure della squadra delle Galere di S.A.S.» que ens mostra un cop més la manera com les cartes viatjaven. Finalment, algunes cartes eren comprades pel seu interès geogràfic. Per exemple, la carta del cartògraf mallorquí Jaume Olives feta a Messina el 1561, que avui es conserva a la Biblioteca Nacional de Roma, s'havia trobat entre les pertinences del geògraf espanyol Juan Andrés, a qui pertanyia també la carta de Placidus Caloiro i Oliva feta a Messina el 1636, que després passà a la biblioteca del rei Vittorio Emanuel i que avui es conserva a la Biblioteca Nacional de Roma.

És obvi que conservem només una mínima part de les cartes que es feren, no solament a Mallorca sinó a la resta dels llocs on hi havia tallers de cartògrafs. És clar que la majoria de les cartes conservades fins avui eren cartes de gabinet, de biblioteca o de luxe, i, tot i així, moltes han desaparegut de les maneres més peregrines. Algunes, com la carta de què només es conserven uns fragments i que es pot atribuir amb seguretat a Rosell (*c.* 1468),[41] varen servir per a relligar llibres, com de fet ha passat amb molts manuscrits antics, alguns d'un gran valor científic. El mateix passà amb el pergamí de la carta anònima conservada a l'Arxiu Històric del Regne de Mallorca, el qual havia estat retallat per utilitzar-lo com a part de les tapes d'un llibre de protocols, i així quedà mutilada la part corresponent a gairebé tota la conca mediterrània (Ginard *et al.* 1995, p. 147; Campbell, 1987, p. 373). D'altres han estat fins i tot retallades per a ser utilitzades com a punts de lectura, de la qual cosa n'és exemple una carta catalana del segle XV conservada a París.[42] Les guerres i els desastres naturals han tingut també el seu paper en la destrucció d'una part d'aquest patrimoni. Sabem del cert, si més no, que dues cartes de Mateu Prunes, de 1552 i 1594, que es conservaven a Itàlia, foren destruïdes durant la Segona Guerra Mundial i també durant aques-

41. Biblioteca Nacional de París, Res. G. C. 15118.
42. Biblioteca Nacional de París, Res. G. D. 3005.

ta Guerra desaparegué la carta de Joan Oliva (1596) que es conservava a la Biblioteca de la Universitat de Göttingen. Finalment, les cartes que viatjaven en els vaixells devien acabar els seus dies al fons del mar o malmeses per l'ús continuat.

Ja hem vist que les cartes mallorquinocatalanes es troben avui repartides per tot el món, però també tenim testimoni de viatges en sentit contrari. Per exemple, coneixem una relació de cartes italianes tardívoles del final dels segles XV, XVI i XVII que avui es conserven a Mallorca (Ginard *et al.*, 1995); i al Museu Marítim de Barcelona es conserva la carta de Pietro Russo de 1508.

14. ALTRES CARTOGRAFIES RELACIONADES AMB LA MALLORQUINA

14.1. *Cartografia francesa i italiana*

Malgrat que França té façana marítima al Mediterrani i que hi hagué un nombre no menyspreable de cartògrafs mallorquins que hi treballaren, no sembla que la seva influència fos destacable. Tot i això, hi trobem alguns continuadors de la tasca cartogràfica mallorquina que, especialment a Marsella, inicià Jaume Olives, a qui seguiren Juan, Salvador i Francisco Oliva. Potser caldria destacar Jean François Roussin (mitjan segle XVII), seguidor de l'escola de Franciscus Oliva II, que, com molts dels cartògrafs francesos, mostra una certa tendència al barroquisme.

El cas contrari és el d'Itàlia on, atesa la forta implantació de famílies de cartògrafs mallorquins a les ciutats marítimes més importants, aparegueren molts continuadors d'aquesta tradició. Cal començar pel famós mapamundi dels germans Pizzigani de 1367 o la carta de Weimar de 1424,[43] probablement italiana però amb influència catalana, com la dels germans Pizzigani, atès que en els dos casos trobem les característiques més típiques: Alps en pota d'au, Atlas en palmera, Bohèmia en ferradura, etc. Els Russo, per exemple, dels quals també s'ha dit que eren valencians, treballaren a Messina i mostren una forta influència mallorquina. De Pietro, el primer membre d'aquesta família de qui tenim constància, es conserven dues cartes signades, de les quals només una és datada (1508), i dues estan sense signar. La seva obra presenta abundants característiques mallorquines, entre d'altres, les llegendes procedents de les primeres cartes, com ara la referència a l'entrega de les taules de la llei a Moisès al mont Sinaí. Sembla que devia ser el pare o el germà del Russo següent, Jacobus, de qui tenim una desena de cartes signades a Messina i datades de 1520 a 1558, la qual cosa, juntament amb les diferències d'estil i qualitat, fa pensar en la possibilitat que es tracti de dos individus, probablement pare i fill. L'estilística mallorquina hi és també ben palesa a la iconografia: Atlas en palmera, Alps en pota d'au, Danubi en cadena, Nil en Y invertida, pas dels israelites per la mar Roja, etc. També Andrea Benincasa té una carta de 1508 amb totes les característiques de les mallor-

43. Biblioteca Estatal de Weimar (Herzoglische Bibliothek), sense referència.

Figura 11. Carta d'Andrea Benincasa (1508). Biblioteca Apostòlica Vaticana. Bòrgia VIII.

quines. Finalment, com a epígons dels continuadors italians de l'escola mallorquina, amb una obra molt ornamentada i seguint l'estil dels últims Oliva, podem considerar Ríos, que té dues cartes signades els anys 1607 i 1612, i Giovanni Battista Cavallini, un alumne i col·laborador de Joan Oliva, qui signa la seva obra, una desena d'atles (entre aquests l'anomenat *Teatro del Mondo Maritimo*, de vint-i-cinc cartes) i mitja dotzena de cartes a Liorna entre 1630 i 1669, i el seu fill Pietro, amb mitja dotzena d'atles propis i un, el primer, en col·laboració amb el seu pare, tots signats també a Liorna entre 1654 i 1688.

14.2. *Cartografia àrab i turca*

També la cartografia àrab es relacionà amb la mallorquina, i en menys mesura ho farà la turca. La primera té com a exponent inicial la carta nàutica magrebina, estudiada per Vernet (1958), la carta àrab més antiga de la Mediterrània occidental, que es conserva a Milà i sembla que és del començament del segle XIV (*c.* 1330).[44] Segons Vernet, aquesta carta, que comprèn la Mediterrània occidental i l'Atlàntic des de Portugal fins als Països Baixos, incloent-hi les costes d'Irlanda i d'Anglaterra, hauria estat confeccionada a Granada o al Marroc. El traçat de les costes sembla que mostra una certa influència mallorquina, i la xarxa de rumbs és pràcticament idèntica a la de Dalorto (1325). Coneixem també una carta feta a Tunísia l'any 1413-1414

44. Biblioteca Ambrosiana, ms. S. P. II, 259.

per Ibrahim b. Amad b. Sulaymān al-Ṭanjī, és a dir de Tànger, conservada a Istanbul.[45] Aquesta carta, sense ornamentació, llevat d'una rosa dels vents exterior a la xarxa, comprèn la totalitat de la Mediterrània i hi destaquen de forma especial les illes pintades de diversos colors, mentre que el continent està sense pintar. Presenta un calendari lunar al coll del pergamí que es troba a la part d'orient. Aquesta característica torna a sorgir a la carta de Ibrahim al-Mursī, és a dir, de Múrcia, signada l'any 1461 a Trípoli i conservada també a Istanbul,[46] en què es representa la totalitat de la Mediterrània. Aquesta carta té característiques mallorquines, com ara el Danubi en cadena i els Alps en pota d'au. D'altra banda coincideix amb la carta d'Albino de Canepa de 1480 en la representació de les ciutats de Venècia i Gènova. També presenta característiques mallorquines la carta de al-Ḥājj Abū 'l-Ḥasan. Tot i que aquesta carta no està datada, la presència del cap de Bona Esperança i de Madagascar la fa posterior a 1499 i sembla que seria de l'època de Sulayman el Magnífic. Es conserva, igual que les altres, a Istanbul[47] i s'assembla força a les cartes mallorquines per l'abundància d'iconografia, les roses dels vents, les tendes situades a l'Àfrica i l'Àsia i els Alps en pota d'au. A diferència de les anteriors, presenta el coll del pergamí a occident.

Destaca, finalment, una sèrie de generacions d'una família de la ciutat tunisenca de Ṣfāqs, els Ṣfaqsī. El primer exemplar que es conserva és de 1551[48] i consisteix en un atles o mapamundi que conté, entre altres materials, cinc cartes de la Mediterrània i la mar Negra, un mapa del món, un diagrama de l'alquibla i un calendari agrícola. S'han conservat quatre exemplars de mapamundis d'aquesta família entre 1551 i 1601. Les cartes d'aquests mapamundis tenen el coll del pergamí a occident i estan orientades al sud, com és habitual en els mapes àrabs, en algunes cartes turques i en algunes de mallorquines i de la resta d'Europa. Els mapes dels Ṣfaqsī mostren una influència clara d'al-Idrīsī per la zona oriental del mapa, però també mallorquina per l'occidental. Ho prova a bastament el fet de presentar els trets més representatius de la cartografia mallorquina (l'Atlas en palmera, Bohèmia en ferradura, els Alps en pota d'au, el Danubi en cadena, el Tajo en gaiata i les abundants roses dels vents). L'exemple més destacat és el de la carta de 1601.[49] De fet, un dels Ṣfaqsī ens dóna testimoni d'aquesta influència: al mapa del món de 1579[50] hi ha la llegenda següent (en àrab a l'original): «He copiat aquest mapamundi d'un altre dibuixat pel meu avi Muammad ... qui va copiar les costes del mar de Siro (Mediterrani) i els seus ports d'un qunbāṣ[51] fet pels mallorquins» (Nallino, 1916; Soucek, 1992).

D'altra banda, sabem que la carta de Jaume Bertran de 1482, que avui es con-

45. Topkapi Saray, H. 1823.
46. Museu Naval, n. 882.
47. Topkapi Saray, H. 1882.
48. Biblioteca Nacional de París, ms. àrab 2278.
49. Biblioteca Nacional de París, Rés. Ge. C. 5089.
50. Institut Italoafricà de Roma.
51. Ni l'àrab, ni el persa ni el turc tenien un mot concret per a denominar els mapes, i utilitzaven diverses paraules procedents d'arrels que significaven *forma*, *dibuix* o *pintura*. Les cartes nàutiques s'anomenaren al començament *qunbāṣ*. El terme actual tant a l'àrab com al turc és *ḫarīṭa*, que procedeix del català *carta* a través del grec *ḫarti*.

serva a Florència,[52] presenta algunes inscripcions posteriors en llengua àrab i caldria preguntar-se si no deu ser aquesta la carta copiada per l'iniciador dels Ṣfaqsī. Trobem traduïda a l'àrab part de la toponímia, concretament de la zona d'Egipte, en cartes posteriors, com és el cas de la de Placidus Caloiro i Oliva de 1641.[53]

La influència de les cartes mallorquines en altres d'àrabs està, doncs, prou documentada, i a la inversa, com hem vist repetidament, els mallorquins coneixien els mapes àrabs.

Cal destacar finalment una sèrie de cartes del Yehudà b. Zara a Alexandria i Galilea, al final del segle XV i al principi del segle XVI, seguint l'estil de la cartografia mallorquina. Per exemple, a la carta de 1497 trobem pràcticament tots els elements característics de la cartografia catalana: Atlas en palmera, Alps en pota d'au, Bohèmia en ferradura, Danubi en cadena, bufadors, roses dels vents, etc., tot i que la toponímia sembla llatina i italiana.

L'altra, la cartografia turca, més tardana, té com a figura destacada Pīrī Re'īs (*c.* 1470-1554), autor de dues versions, la segona més completa que la primera, del *Kitab-i Bahriye* (1521 i 1526), que contenen centenars de cartes que representen petites zones, i de dos mapes del món, en forma de carta nàutica (1513 i 1528). Del primer mapa del món només es conserva un fragment corresponent a les costes orientals i occidentals de l'Atlàntic, i curiosament hi apareix el Tajo en gaiata.[54] Del segon només tenim la part que correspon a Amèrica. Sabem que Pīrī Re'īs havia disposat d'una carta nàutica sevillana, ja que ell mateix al *Kitab-i Bahriye* ens diu que utilitzà una vintena de mapamundis, 8 de ptolemaics, un d'àrab, quatre de portuguesos i un altre que havia estat propietat de Colom. D'altra banda, al mapa de 1513 ens fa saber que s'inspirà en les notícies que un captiu castellà, que afirmava haver participat en tres viatges de Colom, proporcionà al seu oncle Kemal Re'īs. Certes zones d'Amèrica, d'altra banda, s'assemblen molt a les de les cartes de Juan de la Cosa i Vespucci. També és ben conegut l'atles d'ᶜAlī Mācār Re'īs (1567), força similar als occidentals, amb l'única diferència que les llegendes estan en turc. De fet aquest nom correspon al d'un capità de la flota otomana, anomenat també *l'hongarès*, i és també el nom d'un pintor *rūmī* (europeu?) del palau imperial.

14.3. *Cartografia sevillana i portuguesa*

Fa uns cinc-cents anys (1492 i 1498), la sortida d'un grup de petits vaixells dels ports de Palos i Lisboa amb la intenció de descobrir un camí per mar cap a l'Àsia, evitant passar per l'Orient Mitjà, en mans musulmanes, dugué Colom a Amèrica i Vasco da Gama a l'Índia, i constituí l'inici de l'era dels descobriments, que portaria a un coneixement exacte de la totalitat del món real. La volta al món de Magallanes

52. Arxiu de l'Estat de Florència, n. 7.
53. Biblioteca Universitària, Museu Marsili, vitrina 6 (Bolonya).
54. Topkapi Saray, R. 1633, mük, Istanbul.

Figura 12. Carta de Yehudà b. Zara. Biblioteca Apostòlica Vaticana. Bòrgia, carta nàutica VII.

(1519-1522) fou el símbol d'aquest canvi, que tingué com a conseqüència que les escoles de Sagres i Sevilla prenguessin la torxa de la mallorquina.

Els inicis de l'escola de Sagres, també coneguda com a *escola portuguesa*, són en certa manera conflictius. El que sabem del cert és que no s'ha conservat cap carta anterior al segle XV. La primera referència és de 1443, i la primera carta coneguda signada és un exemplar de Reinel datada aproximadament cap a l'any 1483. De fet, només se'n coneixen quatre exemplars del segle XV. Sabem també que un mallorquí anomenat *Jaume* fou cridat per l'infant Enric el Navegant de Portugal per a dirigir els treballs cartogràfics de Sagres, fet que ens dóna la mesura de la importància que tenien els cartògrafs mallorquins en aquells moments.

Duarte Pacheco Pereira, a la primera dècada del segle XVI a *O Esmeraldo de Situs Orbis* (1956, p. 88) ens dóna la notícia: «Muitos beneficios tem feytos o virtuoso Infante Dom Anrique a estes Reynos de Portugal por que descobrio a ilha da Madeyra no anno de nosso senhor de mil CCCCXX [...] e mandou a ilha de Malhorca por um mestre Jacome, mestre de cartas de marear, na qual ilha primeiramente se fezeram as ditas cartas, e com muitas dadiuas e merçes ho ouue nestes Reynos, ho qual as ensinou a fazer áquelles de que os que em nosso tempo viuem aprendêram».

D'aquestes ratlles es desprenen diverses informacions, dues de les quals ens interessen especialment: la primera és que l'infant Enric, com que necessitava disposar dels coneixements oportuns per a fer les seves pròpies cartes, segurament pel secretisme amb què portaven els nous descobriments, demanà la presència d'un mallorquí, ja que considerava que aquests eren experts en la matèria; la segona, de què ja hem parlat, ens mostra com a Portugal, acabat d'encetar el segle XVI, es pensava que la

cartografia s'havia iniciat a Mallorca. Durant força temps s'ha cregut que aquest «mestre Jacome» de Mallorca era Jafudà Cresques, batejat *Jaume Ribes*. De tota manera, sembla que la data de la seva mort (1410), quan l'infant Enric encara no havia arribat a la majoria d'edat, fa que aquesta identificació no sigui possible. D'altra banda Jafudà era més aviat expert en mapamundis, i el que l'infant de Portugal necessitava eren cartes de navegar. Sigui com sigui, és evident que un mallorquí, mestre en la confecció de cartes, fou cridat a Portugal per a ensinistrar els portuguesos en aquest art, i que això devia d'haver tingut lloc al primer quart del segle XV.

De tota manera, tal com afirmen Rey Pastor i García Camarero, és impossible que el fet que un cartògraf sigui cridat a un país per a fer cartes nàutiques sigui suficient per a crear una escola de la categoria de la portuguesa, si no és que es donin en aquest país unes circumstàncies excepcionals. I aquest fou precisament el cas de Portugal, on l'afany descobridor de l'infant Enric propicià la creació de l'escola de Sagres, i fou el motiu pel qual l'infant cridà el famós, i de moment desconegut, mestre Jaume.

Tenim altres mostres que ens indiquen que els portuguesos s'interessaren pels coneixements científics que en aquella època es trobaven principalment a la Corona d'Aragó, com és el fet que l'almanac de Tortosa, calculat cap a l'any 1306 i traduït de l'àrab al llatí en aquesta població, fos la font d'un almanac portuguès que avui encara es conserva.

L'escola de Sevilla s'inicià al final del segle XV a la zona de Puerto de Santa María, on tenia el taller Juan de la Cosa. De fet, des que els cristians conqueriren Sevilla l'any 1248, aquesta ciutat es convertí en un punt d'enllaç entre la Mediterrània i els països del nord d'Europa. Més endavant, la repoblació de les ciutats i dels pobles del litoral andalús amb gent del Cantàbric propicià el desenvolupament de les activitats marineres, entre les quals destacava la construcció d'instruments i la confecció de cartes. Diferents cartògrafs treballaven a l'entorn de la Casa de Contratación, i tots els manuals d'aprenentatge de l'art de navegar descrivien no sols l'ús sinó també la construcció de les cartes.

Juan de la Cosa fou l'autor de la primera carta (1500), la més important, que recull les terres descobertes per Colom i que és seguidora de les cartes tipus mapamundi de Cresques o Vallseca. Les zones on es retrata el Vell Món d'aquesta carta, de tipus nauticogeogràfic, recorden moltíssim l'*Atlas català* i responen a l'estil de l'escola mallorquina, tant pel que fa a la iconografia (Atlas en palmera, Alps en pota d'au, Danubi en cadena, Noruega en rectangle i fiords, roses dels vents, bufadors, etc.) com als colors i al traçat de les costes. De fet, ens consta que al començament el «padrón real» de la Casa de Contratación sevillana era una carta nàutica mallorquina a la qual, amb el vistiplau del «piloto mayor», anaren afegint les noves terres descobertes. El càntabre Juan de la Cosa, que prengué part com a pilot en el segon viatge de Colom i que sembla que era qui dibuixava les cartes seguint uns esquemes fets per l'almirall, confeccionà aquesta carta de 183 cm per 96 cm en pergamí. L'eix és el Tròpic de Càncer i conté les terres descobertes des de 1492. Hi ha, com és lògic, una diferència considerable entre la representació, ja ben coneguda, d'Europa i de

l'Àfrica, amb abundants detalls i topònims i basada, com hem vist, en les cartes mallorquines, i la de les noves terres, molt esquemàtica i poc documentada. La qualitat de la representació de les terres americanes millorarà ràpidament a mesura que es vagin coneixent millor, i de fet les dues cartes de Diego Ribero de 1529 mostren ja una superioritat indiscutible.

Una prova de l'interès reial és el fet que l'any 1526, Hernando Colom, fill de l'almirall, rebé una cèdula reial (Real Cédula, Granada, 6-X-1526) en què li manen fer «una carta de navegar, un mapamundi y una sphera en la cual se sitúen todas las yslas y tierra firme y nuevas yslas que ya estuvieren descubiertas o que se descubriesen de aquí en adelante», per la qual cosa havia de contactar amb «todas las personas que sepan de dicho arte y tengan experiencia de navegación» (Castañeda, Cuesta i Hernández, 1983, p. 15). Els descobriments, doncs, assenyalaran el canvi dels interessos peninsulars. De la Mediterrània es passarà a l'Atlàntic i de l'escola de Mallorca a les de Sagres i Sevilla, on, tot i enfocar l'interès cap a l'Atlàntic, encara mostraran, sobretot al començament, la influència dels mallorquins.

En conclusió, si l'escola de Mallorca va saber dibuixar amb una gran exactitud les costes de la Mediterrània i les costes atlàntiques conegudes de l'Àfrica i d'Europa, l'escola de Sevilla serà l'encarregada de representar el nou continent a mesura que s'anava descobrint, i la de Portugal farà el mateix amb totes les costes que descobrien els portuguesos. La descripció de la Mediterrània quedarà, a partir d'ara, bàsicament en mans dels italians i dels turcs otomans. Tots ells seran finalment eclipsats durant el segle XVII per la proliferació de cartes gravades procedents dels Països Baixos, que seguint la petja de Mercator i Ortelius, es convertiran en capdavanters d'aquest art.

BIBLIOGRAFIA

AINAUD DE LASARTE, Joan. «Visió de conjunt». A: *L'*Atlas català *de Cresques Abraham*. 1975, p. 56-58.

AL-IDRĪSĪ. *Géographie d'Édrisi traduite de l'arabe en français d'après deux manuscrits de la Bibliothèque du Roi*. Frankfurt: Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften, 1992. [Edició facsímil a cura d'A. Jaubert, 1836-1840, 2 v.]

ALEGRIA, M. Fernanda; GARCIA, Joâo Carlos. «Etapas de evoluçâo da cartografia portuguesa (séculos XV a XIX)». A: *Història de la cartografia. 2n curs*. Barcelona: Institut Cartogràfic de Catalunya, 1991, p. 225-279.

ALMAGIÀ, Roberto. «La carta nautica di Gabriel de Vallsecha (1439)». *Rivista Marittima* [Roma], (1908), p. 93.

— «Intorno alla più antica cartografia nautica catalana». *Bollettino della Società Geografica Italiana* [Florència], VIII, vol. X (1945), p. 20-27.

— «I lavori cartografici di Pietro e Jacopo Russo». *Atti della Accademia Nazionale dei Lincei*, 12 (1957), p. 301-319.

ALTOAGUIRRE DUVAL, Ángel de. «Carta de navegar de Mateu Prunes (1563)». *Boletín de la Real Academia de la Historia*, tom LXXXVIII (1926), p. 463-464.

L'Atlas català de Cresques Abraham. Barcelona: Diàfora, 1975.

BAGROW, Leo. *Die Geschichte der Kartographie*. Berlín: Safari-Verlag, 1951.

— *The History of Cartography*. Cambridge; Londres: Harvard University Press, 1964. [Versió revisada i ampliada per R. A. Skelton. Reimpr. ampliada, 1985]

BOFARULL Y SANS, Francisco de. *Antigua marina catalana*. Barcelona: Real Academia de Buenas Letras, 1898.

BOFARULL Y SERTORIO, Francisco. «Colección de cartas inéditas del Archivo General de la Corona de Aragón. Reynado de D. Juan I». *Revista Histórica* [Barcelona], (gener 1876).

BONET, Miguel. «Cartas sobre Jafudà Cresques, cartógrafo mallorquín (siglo XIV)». *Boletín de la Sociedad Arqueológica Luliana* [Palma de Mallorca], VII (1897-1898).

BRICE, William C. «Early Muslim Sea-Charts». *Journal of the Royal Asiatic Society of Great Britain and Ireland*, 1 (1977), p. 53-61.

BRICKER, C.; TOOLEY, R. V. *Landmarks of Mapmaking: An Illustrated Survey of Maps and Mapmakers*. Brussel·les: Elsevier-Sequoia, 1968.

CAMPBELL, Tony. «Portolan Charts from the Late Thirteenth Century to 1500». A: *The History of Cartography*. Vol. I. 1987, p. 371-463.

CARRÈRE, Claude. *Barcelone: Centre économique à l'époque des difficultés 1380-1462*. París: Mouton, 1967. 2 v. [Trad. catalana: *Barcelona, 1380-1462. Un centre econòmic en època de crisi*. Barcelona: Fundació Salvador Vives Casajuana, 1977-1978, 2 vols.]

Cartografía histórica del encuentro de dos mundos. Madrid: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (Mèxic): Instituto Geográfico Nacional (Espanya), 1992.

Cartografia mallorquina. Barcelona: Museu Marítim de Barcelona: Diputació de Barcelona, 1995.

CASTAÑEDA, Paulino; CUESTA, Mariano; HERNÁNDEZ, Pilar. *Transcripción, estudio y notas del* Espejo de Navegantes *de Alonso de Chaves*. Madrid: Museo Naval de Madrid, 1983.

CEREZO MARTÍNEZ, Ricardo. *La cartografía náutica española en los siglos XIV, XV y XVI*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1994.

COLOMER I PRESES, Mn. Ignasi M. *Cartografia peninsular: Segles XI-XIX*. Granollers: Montblanc, 1969.

— *Cartografia de Catalunya i dels Països Catalans*. Barcelona: Institut Cartogràfic de Catalunya, 1989.

COMELLAS, José Luis. *El cielo de Colón*. Madrid: Tabapress, 1991.

COMES, Mercè. «The "Meridian of Water" in the Tables of Geographical Coordinates of al-Andalus and North Africa». *Journal for the History of Arabic Sciences*, 10 (1994), p. 41-51.

— «The "Meridian of Water" in the Tables of Geographical Coordinates of al-Andalus and North Africa». A: FIERRO, Maribel; SAMSÓ, Julio [ed.]. *The Formation of al-Andalus*. Vol. 2. Aldershot: Ashgate, 1998. (Variorum), p. 381-391. [Reimpressió amb bibliografia actualitzada]

— «Las tablas de coordenadas geográficas y el tamaño del Mediterráneo según los astrónomos andalusíes». *Al-Andalus. El Legado Científico* [Granada], (1995), p. 22-37.

— «Islamic Geographical Coordinates: al-Andalus' contribution to the correct measurement of the size of the Mediterranean». *Science in Islamic Civilization. Studies and Sources on the History of Science* (Istambul, 2000), 123-138.

CONTRERAS, Alonso de. *Derrotero universal del Mediterráneo*. Málaga: Algazara, 1996. [Estudi d'Ignacio Fernández Vial]

CORTÉS ALBÁCAR, Martín. *Breve compendio de la esfera y del arte de navegar*. Madrid: Museo Naval, 1990. [Edició i compilació a cura de Mariano Cuesta Domingo]

CORTESÃO, Armando. *Cartografia e cartógrafos portugueses dos séculos XV e XVI*. Lisboa: Seara Nova, 1935. 2 v.

— *História da Cartografia Portuguesa*. Lisboa, 1970. 2 v. [Traducció anglesa: *History of Portuguese Cartography*. Coimbra: Junta de Investigaçôes do Ultramar, 1969-1971]

CORTESÃO, Armando; TEXEIRA DA MOTA, A. *Portugaliae Monumenta Cartographica*. Lisboa, 1960. 6 v. [Reedició en facsímil i revisada per Alfredo Pinheiro Marques, Lisboa, 1988]

DESTOMBES, Marcel. «Cartes Catalanes du XIVe siècle». *Contributions pour un Catalogue des Cartes Manuscrites 1200-1500*. Union Géographique Internationale, Rapport de la Commission pour la Bibliographie des Cartes Anciennes. Fasc. I, 1952, p. 38-63.

DESTOMBES, Marcel. «Fragments of two Medieval world maps at the Topkapu Saray Library». *Imago Mundi* [Estocolm], XII (1955), p. 150-152.

— *Mappemondes A. D. 1200-1500. Catalogue préparé par la Commission du Cartes Anciennes de l'Union Géographique Internationale.* Amsterdam: N. Israel, 1964.

FALL, Y. K. *L'Afrique à la naissance de la cartographie moderne. Les cartes majorquines. XIVe-XVe siècles.* París, 1982.

FERNÁNDEZ DURO, Cesáreo. «Noticia breve de las cartas y planos existentes en la biblioteca particular de S. M. el Rey». *Boletín de la Sociedad Geográfica de Madrid*, tom XXVI (1889), p. 369-370.

FUSTER, Justo Pastor. *Biblioteca valenciana de escritores que florecieron hasta nuestros días.* València: José Ximeno, 1827-1830. 2 v. [Ed. facsímil: València: Librerías París-Valencia, 1980]

GARCÍA CAMARERO, Ernesto. «Evolución de la cartografía náutica mallorquina del siglo XIV al XVII». A: *Historia de la cartografía española.* 1982, p. 21-34.

— «La Escuela Cartográfica de Mallorca». *Revista General de Marina* (juliol 1959), p. 10-22.

GARCÍA FRANCO, Salvador. *Historia del arte y ciencia de navegar. Desenvolvimiento histórico de los «cuatro términos de la navegación».* Madrid: Instituto Histórico de la Marina, 1947. 2 v.

GAUTIER DALCHÉ, Patrick. «Les savoirs géographiques en Méditerranée Chrétienne (XIIIe s.)». *Micrologus.* Vol. II: *Le scienze alla corte di Federico II* [Brepols], (1994).

— *Carte Marine et Portulan au XIIe Siècle.* Roma: École Française de Rome, 1995.

GINARD, Antoni; PICORNELL, Climent; SEGUÍ, Joana M. «Cartes i atlas conservats a Mallorca». A: *Cartografia mallorquina.* 1995, p. 113-149.

GUILLÉN TATO, J. *Cartografía marítima española.* Madrid: Real Academia de la Historia, 1943.

HAMY, Ernest Théodore. *Études historiques et géographiques.* París, 1896.

HERNANDO, Agustín. «La cartografia mallorquina de la baixa edat mitjana». A: *Cartografia mallorquina.* 1995, p. 11-70.

HILLGARTH, J. N. *Readers and books in Majorca 1229-1550.* 2 vols. París: CNRS, 1991.

Història de la cartografia. 1r curs: Introducció general a la història de la cartografia. Barcelona: Institut Cartogràfic de Catalunya, 1990.

Història de la cartografia. 2n curs: La cartografia de la península Ibèrica i la seva extensió al continent americà. Barcelona: Institut Cartogràfic de Catalunya, 1991.

Història de la cartografia. 3r curs: La cartografia italiana. Barcelona: Institut Cartogràfic de Catalunya, 1993.

Història de la cartografia. 10è curs: La cartografia catalana. Barcelona: Institut Cartogràfic de Catalunya, 1999.

Historia de la cartografía española. Madrid: Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 1982.

HOLMES, John. «A letter from John Holmes on the *cartes catalanes* in the King's Library at Paris». *The Literary Gazette. A Journal of Belles Lettres, Arts, Sciences*, n. 1214 (Londres, 1840), p. 253-264.

— «Cartes Catalanes». *The Athenaeum Journal of Literature, Science and Fine Arts*, n. 658 (Londres, 1840), p. 459.

— «Letters from John Holmes... on the *cartes catalanes* in the King's Library at Paris». *The Literary Gazette and Journal of Belles Lettres, Arts, Sciences* [Londres], (abril 1840).

KAMAL, Youssouf. *Monumenta Cartographica Africae et Aegypti.* [XVI seccions en V volums (1926-1952). Reimpressió facsímil en VI volums: Frankfurt, Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften, 1987]

KING, David A. *World-Maps for Finding the Direction and Distance to Mecca. Innovation and Tradition in Islamic Science.* Leiden: Brill, 1999.

LAGUARDA TRÍAS, Rolando A. *La aportación científica de mallorquines y portugueses a la cartografía náutica en los siglos XIV al XVI.* Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1963.

— *Estudios de cartología.* Madrid [s. n.], 1981.

LELEWEL, Joachim. *Géographie du Moyen Âge*. Brussel·les: J. Pilliet, 1852-1857. 4 v. [Reimpressió facsímil: Frankfurt, Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften, 1993; Amsterdam, Meridian, 1966]

LIROLA DELGADO, Jorge. *El nacimiento del poder naval musulmán en el Mediterráneo (28-60h./649-680c.)*. Granada: Universidad de Granada, 1990.

— «Conquistas por Mar». *Al-Andalus y el Mediterráneo*. Barcelona: Lunwerg, 1995, p. 27-36.

LLABRÉS, Gabriel. «El maestro de los cartógrafos mallorquines (Jafuda Cresques)». *Boletín de la Sociedad Arqueológica Luliana*, 3 (1890), p. 310-311.

LLOMPART I MORAGUES, Gabriel. «Aspectes iconogràfics». A: *L'*Atlas català *de Cresques Abraham*. 1975, p. 41-55.

LLOMPART I MORAGUES, Gabriel; PALOU, Joana M. «Apunts iconogràfics des del port de Mallorca». A: *Cartografia mallorquina*. 1995, p. 71-87.

LÓPEZ, Olga. «Col·lecció del Museu Marítim de Barcelona». A: *Cartografia mallorquina*. 1995, p. 89-111.

MADURELL MARIMÓN, José M. *Un cartógrafo genovés en Barcelona*. Barcelona, 1951.

— «Ordenanzas marítimas de 1331 y 1333». *Anuario de Historia del Derecho Español*, 31 (1961), p. 611-628.

— *Il·luminadors, escrivans de lletres rodona formada i de llibres de cor*. Münster, 1967.

MAGNAGHI, Alberto. «Nautiche carte». A: *Enciclopedia italiana di scienze, lettere ed arti*. Vol. 24. Roma: Istituto Giovanni Treccani, 1929-1939, p. 323-331. 36 v.

MAQBUL, Ahmad S. «Cartography of al-Sharīf al-Idrīsī». A: *The History of Cartography*. Vol. 2, llibre 1, 1992, p. 156-174.

MARQUES, Alfredo Pinheiro. *Origem e Desenvolvimento da Cartografia Portuguesa na Época dos Descobrimentos*. Lisboa: Imprensa Nacional - Casa da Moeda, 1988.

MARTÍN-MERAS, Luisa. «De los portulanos al padrón de Indias (1500-1550)». A: *La imagen del mundo: 500 años de cartografía*. Madrid: Instituto Geográfico Nacional, 1992, p. 13-54.

MASSÓ I TORRENTS, Jaume. «Bibliografia dels antics poetes catalans». A: *Anuari 1913-1914: Any V*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans, 1915.

MILLÁS VALLICROSA, José M. *Assaig d'història de les idees físiques i matemàtiques a la Catalunya medieval*. Barcelona: Estudis Universitaris Catalans: Institució Patxot, 1931.

— *Nuevos estudios sobre historia de la ciencia española*. Barcelona: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1960. [Reedició facsímil: Barcelona, CSIC, 1987]

MILLER, Konrad. *Mappae Arabicae: Arabische Welt und Länderkarten des 9-13 Jahrhunderts*. Stuttgart, 1926-1931. 6 v. [Reimpressió Frankfurt, 1994. Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften]

MOLLAT DU JOURDIN, Michel; LA RONCIÈRE, Monique de. *Les portulans: Cartes marines du XIIIe au XVIIe siècle*. Friburg: Office du Livre, 1984. [Traducció a l'anglès de L. de R. Dethau: *Sea Charts of the Early Explorers: 13th to 17th century*, Nova York, Thames and Hudson, 1984]

NALLINO, Carlo Alfonso. «al-Khuwārizmī e il suo rifacimento della Geografia di Tolomeo». A: *Atti della R. Accademia dei Lincei*. Sèrie V, vol. 2, part 1, 1894. [Reimpressió a *Raccolta di Scritti editi e inediti*, vol. V, Roma, Istituto per l'Oriente, 1944, p. 458-532]

— «Un mappamondo arabo disegnato nel 1579 da ʿAli ibn Aḥmad al-Sharafī di Sfax». *Bollettino della Reale Società Geografica Italiana*, 53 (1916), p. 721-736. [Reimpressió a *Raccolta di Scritti editi e inediti*, vol V, Roma, Istituto per l'Oriente, 1944, p. 533-548; *Islamic Geography*, tom 12, Frankfurt, Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften, 1992, p. 16-90]

NANGIS, Guillaume de. «Gesta Sanctae Memoriae Ludovici». *Recueil des historiens des Gaules et de la France*. París: Imprimerie Royale, 1738-1904. 24 v. [Edició a cura de J. Naudet i P. Daunou, vol. XX, 1840, p. 309-465]

NORDENSKIOLD, A. E. *Periplus. An essay on the early history of charts and sailing-directions*. Estocolm: Norstedt, 1897. [Traducció d'A. Francis i P. A. Bather]

OREN, Oton Haim. «Jews in Cartography and Navigation (from the XIth to the Beginning of the XVth Century)». *Bulletin de l'Institut Océanographique*, 1, 2 (1968), p. 189-197.

PACHECO PEREIRA, Duarte. *Esmeraldo de Situs Orbis*. Bissau, 1956. [Edició a cura de Raymond Mauny]

PASCUAL, Antonio Raimundo. *Descubrimiento de la aguja náutica, de la situación de la América, del arte de navegar y de un nuevo método para el adelantamiento en las artes y ciencias*. Madrid: Imprenta de Manuel González, 1789.

PICARD, Christophe. *La mer et les musulmans d'occident au Moyen Âge*. París: Presses Universitaires de France, 1997.

— *L'océan Atlantique musulman. De la conquête arabe à l'époque almohade*. París: Maisonneuve & Larousse, 1997.

PIRĪ REIS. *Kitab-i Bahriye*. [Edició facsímil: Ankara, Istanbul Research Center, 1988, 4 v.]

POGNON, Edmond. «Vicissituds i descripció de l'Atlas Català». A: *L'*Atlas català *de Cresques Abraham*. 1975, p. 7-9.

PUENTE Y OLEA, M. *Los trabajos geográficos de la Casa de Contratación*. Sevilla: Escuela Tipográfica y Librería Salesianas, 1900.

PULIDO RUBIO, José. *El piloto mayor de la Casa de Contratación de Sevilla*. Sevilla: Escuela de Estudios Hispano-Americanos, 1950.

QUAINI, Massimo, «Catalogna et Liguria nella cartografia nautica e nei portolani medievali». *Atti del I° Congresso Storico Liguria-Catalogna, 1969*. Bordiguera: Istituto Internazionale di Studi Liguri, 1974.

REPARAZ, Gonçal de. *Catalunya a les mars: Navegants, mercaders i cartògrafs catalans de l'edat mitjana i del Renaixement*. Barcelona: Mentora, 1930.

— «L'activité maritime et commerciale du royaume d'Aragon au XIIIe siècle et son influence sur le développement de l'école cartographique de Majorque». *Bulletin Hispanique*, XLIX, núm. 1 (1957), p. 422-451.

— «Les sciences géographiques et astronomiques du XIVe siècle dans le nord-est de la Péninsule Ibérique». *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, núm. 3 (1948), p. 434-465.

REY PASTOR, Julio; GARCÍA CAMARERO, Ernesto. *La cartografía mallorquina*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas: Instituto Luis Vives, 1960.

RIERA I SANS, Jaume. «Cresques Abraham, jueu de Mallorca, mestre de mapamundis i de brúixolas». A: *L'*Atlas català *de Cresques Abraham*. 1975, p. 14-22.

RIERA I SANS, Jaume; LLOMPART, Gabriel. «Jafudà Cresques i Samuel Corcós. Més documents sobre els jueus pintors de les cartes de navegar (Mallorca, segle XIV)». *Boletín de la Sociedad Arqueológica Luliana*, núm. 40 (1984), p. 341-350.

RIUS, J. «Més documents sobre la cultura catalana medieval». *Estudis Universitaris Catalans* [Barcelona], XIII (1928).

ROMERO, Federico; BENAVIDES, Rosa. *Mapas antiguos del mundo*. Madrid: Edimat, 1998.

RONCIÈRE, Charles de la. «Un inventaire de bord en 1294 et les origines de la navigation hauturière». *Bibliothèque de l'École des Chartes*, 58 (1897), p. 394-409.

ROSSELLÓ I VERGER, Vicenç M. «Les cartes portolanes mallorquines». *Història de la cartografia. 10è curs. La cartografia catalana*, 19-115.

RUBIÓ I LLUCH, Antoni [ed.]. *Documents per l'història de la cultura catalana mig-eval*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans, 1908-1921. 2 v.

SAMSÓ, Julio; CASANOVAS, Joan. «Cosmografia, astrologia i calendari». A: *L'*Atlas català *de Cresques Abraham*. 1975, p. 23-36.

SEZGIN, Fuat. *The Contribution of the Arabic-Islamic Geographers to the Formation of the World Map*. Frankfurt: Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften, 1987.

— *Geschichte des Arabischen Schrifttums. Mathematische Geographie und Kartographie im Islam und ihr Fortleben im Abendland*. Toms X, XI i XII. Frankfurt: Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften, 2000.

SIDER, Sandra. «La col·lecció de la Hispanic Society of America». A: *Cartografia mallorquina*. 1975, p. 171-191.

SKELTON, R. A. «A Contract for World Maps at Barcelona, 1399-1400». *Imago Mundi*, 22 (1968), p. 107-113.

SOUCEK, Svat. «Islamic Charting in the Mediterranean». *The History of Cartography*. 1992, vol. 2, llibre 1, p. 263-292.

The History of Cartography. Vol. 1: *Cartography in Prehistoric, Ancient and Medieval Europe and the Mediterranean*. Chicago; Londres: University of Chicago, 1987. [Edició a cura de J. B. Harley i David Woodward]

The History of Cartography. Vol. 2: *Cartography in the Traditional Islamic and South Asian Societies*. Llibre 1. Chicago; Londres: University of Chicago, 1992. [Edició a cura de J. B. Harley i David Woodward]

TIBBETTS, Gerald R. *The History of Cartography*. 1992, vol. 2, llibre 1, p. 108-129.

UHDEN, Richard. «Die Antiken Grundlagen der mittelalterlichen seekarten». *Imago Mundi* (1935).

VALLS TABERNER, F. *Ordinacions navals del segle XIV*. vol. 2. Madrid; Barcelona, 1953 (Obras Selectas).

VERNET, Juan. «Influencias musulmanas en el origen de la cartografía náutica». *Boletín de la Real Sociedad Geográfica*, 89 (1953), p. 35-62. [Reimpressió a *Estudios sobre historia de la ciencia medieval*, Barcelona, Bellaterra, 1979, p. 355-382]

— «La carta magrebina». *Boletín de la Real Academia de la Historia*, 142, 2 (1958), p. 495-533. [Traducció anglesa: «The Maghreb Chart in the Biblioteca Ambrosiana», *Imago Mundi*, 16 (1962), p. 1-16; reimpr. a *Estudios sobre historia de la ciencia medieval*, Barcelona, Bellaterra, 1979, p. 449-465]

— «La navegación en la alta edad media». A: *La navigazione mediterranea nell'Alto Medioevo*. Vol. I. Spoleto, 1978, p. 323-388. [Reimpressió a *Estudios sobre historia de la ciencia medieval*, Barcelona, Bellaterra, 1979, p. 383-441]

— «Cartografía e imagen de la España medieval». A: *Historia de la cartografía española*. 1982, p. 9-20. [Reimpressió a *De 'Abd al-Raḥmān Isabel II*, Barcelona, Universitat de Barcelona, 1989, p. 159-170]

— «La navegación en al-Andalus». A: *El legado científico andalusí*. Madrid: Ministerio de Cultura, 1992, p. 173-183.

WHITFIELD, Peter. *The Charting of the Oceans. Ten centuries of maritime maps*. Milà: Pomegranate Artbooks, 1996.

— *New Found Lands. Maps in the History of Exploration*. Nova York: Routledge, 1998.

LES TERRES DE L'INTERIOR

EN LA CARTOGRAFIA DE MALLORCA

I BARCELONA

1. Generalitats

Primer de tot, voldria agrair a l'Institut d'Estudis Catalans, organitzadors d'aquest cicle de conferències, «La terra i el medi», i especialment a la Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, filial de l'Institut, que m'hagin convidat a participar-hi.

L'objectiu d'aquesta conferència és parlar de la Terra, a les cartes nàutiques i mapamundis catalans.[1] Ara bé, abans de començar m'agradaria fer un parell de consideracions bàsicament de tipus terminològic, perquè, en aquest camp, la terminologia és força polèmica. Aquí no entraré en discussions, però sí que vull puntualitzar que, per fer-ho més entenedor, parlaré de *cartografia catalana*, atenent a la llengua majoritàriament utilitzada, tot i que podríem parlar, i de fet de vegades ho faré, de *cartografia mallorquina*, atenent al lloc on majoritàriament es va produir. I dic majoritàriament, en els dos casos, perquè part de la cartografia catalana està escrita en llatí i part està produïda fora de Mallorca, això sí, per mallorquins, que no renuncien als seus orígens, ja que molts d'ells hauran afegit a la signatura la condició de «mallorquí» o «fill de mallorquí», mostrant, d'alguna manera, que per a la professió de cartògraf aquest era un senyal de prestigi.

1. Una bibliografia bàsica respecte d'aquest apartat hauria d'incloure el clàssic J. Rey Pastor; E. García Camarero, *La cartografía mallorquina*, Madrid, Instituto Luis Vives, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1960; i, com a més modern, T. Campbell, «Portolan Charts from the Late Thirteenth Century to 1500», *The History of Cartography*, vol. 1, Chicago, 1997 p. 371-463; V. M. Roselló i Verger, «Les cartes portolanes mallorquines», Cicle de Conferències sobre Història de la Cartografia, 10è curs, *La cartografia catalana*, Barcelona, Institut Cartogràfic de Catalunya, 2000, i, en premsa, M. Comes, «La cartografia a Mallorca i Barcelona», *La ciència en la història dels Països Catalans*, 2a part del 1r volum, Institut d'Estudis Catalans.

Per altra banda, em referiré, de manera general, a cartes nàutiques i mapamundis, tot i que per a ser més exactes convindria utilitzar tipologies com la de Rey Pastor i García Camarero, o millor encara la de Fall:[2] *carta nàutica pura*, *atles nàutic pur*, *carta nauticogeogràfica*, *atles nauticogeogràfic* i *mapamundi*.

De fet, la *carta nàutica* es defineix com la representació plana de les costes d'un o més mars, que permet la navegació per rumbs, és a dir, que proporciona la possibilitat de determinar la posició de la nau i assenyalar la derrota entre dos ports. Tot això, gràcies a un entramat de línies de vents que conserven en el pla els angles que aquests formen a l'esfera. Aquest entramat de vents o línies de rumbs és típic de les cartes nàutiques mediterrànies de tot tipus, siguin d'ús o de biblioteca, siguin àrabs, catalanes o italianes.

A més de l'entramat de vents, una carta nàutica conté tots aquells accidents geogràfics, el coneixement dels quals facilita el tràfic marítim. És a dir, ports, badies, golfs, caps, muntanyes o promontoris que es vegin des del mar, esculls, etc.

Quan ens trobem davant d'una carta o un grup de cartes que vol representar no ja un mar sinó tot el món conegut en una època determinada, parlarem de *atles* o *mapamundis*, segons si la representació està o no fraccionada.

Ara bé, moltes d'aquestes cartes nàutiques, atles i mapamundis porten, a més a més, informacions diverses que poc o res tenen a veure amb la navegació. De manera que són sovint instruments de navegació, però també constitueixen moltes vegades autèntics compendis dels coneixements geogràfics, polítics, biològics, històrics i socials d'una època. És a dir, que de vegades són una mena d'enciclopèdies on trobem dades de tot tipus:

2. Y. K. Fall, *L'Afrique à la naissance de la cartographie moderne. Les cartes majorquines. XIVe-XVe siècles*, París, 1982.

— geografia física: mars, rius, llacs, muntanyes,
— geografia econòmica: mercats, rutes de caravanes, llistes de productes,
— geografia política: estats, reis,
— biogeografia: flora i fauna,
— religió: rutes i centres de pelegrinatge (jueus, cristians i musulmans),
— etnografia: costums dels pobles.

Com hem vist, doncs, tot i que la finalitat de la carta nàutica és el mar, la terra té també la seva importància i sovint proporciona dades d'interès.

Per exemple, de vegades ajuden a aclarir els orígens i les influències d'un cartògraf, d'una carta o d'un grup de cartes en concret.

Altres vegades, les terres de l'interior manen sobre quines costes s'han de representar o no. Un exemple clar el tenim a al-Idrīsī, un dels més grans geògrafs i cartògrafs musulmans que va ser utilitzat pels cartògrafs mallorquins.

Al-Idrīsī (1150), en el llibre que escriu per acompanyar i explicar els seus mapes, *Nuzhat al-mushtāq fī ikhtirāq al-āfāq*,[3] descriu les costes del que s'anomena *al-Xarq al-Andalus*, és a dir, l'orient d'Al-Andalus (la zona de llevant de la península Ibèrica),[4] i ens proporciona una llista exhaustiva, típica dels portolans, dels ports que hi ha a la zona i les distàncies entre ells. En aquesta descripció hi falta, però, la regió alacantina de la Marina Baixa, que presenta grans badies i ports utilitzats des de l'edat mitjana, com Altea,

3. La primera impressió d'aquesta obra es va fer a Roma l'any 1592, i l'any 1619 era traduïda al llatí amb el títol de *Geographia Nubiensis*. S. Maqbul Ahmad, «Cartography of al-Sharīf al-Idrīsī», *The History of Cartography*, vol. 2, llibre 1, p. 156-174.

4. Al-Andalus és la zona de la península Ibèrica sota domini musulmà i per tant les seves dimensions i fronteres varien amb el temps.

Benidorm i Vila Joiosa. El motiu de no haver-los inclòs és que tenen una difícil comunicació interior perquè la zona es troba envoltada de muntanyes. De manera que, a més d'unes bones condicions per a fondejar, els vaixells requerien unes bones comunicacions per terra. No hem d'oblidar que una de les finalitats bàsiques de la navegació era el comerç.

Per altra banda, els exemplars d'ús, que es duien als vaixells, es feien malbé o es perdien amb molta facilitat, a causa de naufragis, del malmetement produït per l'ús, dels atacs de pirates i corsaris de tota mena, etc. De manera que moltes de les cartes conservades són exemplars de luxe, fets sovint per encàrrec reial, i això fa que tot el que s'hi inclou, però especialment les terres, que no diuen gran cosa als mariners, tingui un valor especial i de vegades s'hagi de mirar sota el prisma de les relacions entre els pobles.

En un moment donat, l'infant Joan ens parla en un document d'una carta nàutica avui perduda. L'any 1373, escriu a Mallorca des de València.[5] Diu:

> [...] com nos desitgem haver la carta de navegar complida ab tot son arrendament e sestes, per ço us pregam que ns tremetats la dita carta be feta e devisada ab son levant e ponent, en que sia especialment tot l'estret et quan fer se puixa del dit ponent et del dit estret anant vers ponent.

En la comanda es fa referència a certs coneixements geogràfics que l'interessen, especialment l'estret i la zona de ponent, i els motius del seu interès, segurament econòmics, poden ser de tota mena, fins i tot militars.

També demanà, essent ja rei, l'any 1387, un mapamundi amb totes les informacions que pugui proporcionar un

5. Rubió i Lluch (1908-1921), *Documents per l'història de la cultura catalana mig-eval*, Barcelona, n. 265.

mallorquí que havia viatjat a Tartària i les Índies.[6] Llompart i Palou l'identifiquen amb Francesc Desvalers,[7] el primer que va explorar les Canàries, en un viatge autoritzat, l'any 1342, per Jaume III. De fet, Desvalers pertanyia a la companyia comercial més important de l'illa i va viatjar també a la Mar Negra i al país dels tàrtars, on va residir durant molt de temps.

De manera que els reis i infants de la Corona de Catalunya i Aragó, que seran els màxims patrocinadors dels cartògrafs mallorquins, estan assabentats de les novetats i de les anades i vingudes dels viatgers, i volen disposar de tota la informació, especialment en forma de carta o mapamundi.

Així doncs, d'informació n'hi ha molta i de tipus molt diferent. Ara bé, d'on procedeix tota aquesta informació? Doncs de fonts molt diverses. Des de Ptolemeu, origen de la geografia científica, fins als llibres de viatge, de Marco Polo i Odoric de Pordenone, per exemple, passant per les *Mil i una nits*, la *Història natural* de Plini, les *Etimologies* d'Isidor, els cartògrafs àrabs i els mapamundis eclesiàstics europeus, sense oblidar els relats de comerciants i viatgers de tota mena, que, com hem vist i veurem més endavant, proporcionen informacions molt útils i sobretot d'última hora.

2. Els orígens grecs de la cartografia

Especialment pel que fa a la Mediterrània, els orígens de la cartografia són ben coneguts i no cal insistir-hi massa:

— Els astrònoms grecs (uns quatre segles aC) van començar a desenvolupar la idea d'una terra esfèrica.

6. Rubió i Lluch, *Documents*, n. 303.

7. G. Llompart i J. M. Palou (1995), «Apunts iconogràfics des del port de Mallorca», *Cartografia mallorquina*, Barcelona, p. 71-87.

— Eratòstenes (segles III-II aC) ens parla d'un mapa del món habitat.
— Hiparc (segle II aC) fou el primer a proposar d'aplicar les coordenades del cel a la terra, per tal de poder determinar les longituds i latituds mitjançant procediments astronòmics.
— Finalment, Ptolemeu (segle II dC) va compondre la seva *Geografia* (VIII llibres), basada en una obra, avui perduda, de Marinos de Tir. A la *Geografia*, Ptolemeu dóna una llista d'uns vuit mil topònims amb les coordenades corresponents (la majoria basades en mesures itineràries, però). Aquesta obra de Ptolemeu serà la base de tot el desenvolupament posterior.

La *Geografia* de Ptolemeu va arribar a Europa per tres camins diferents:

1) Traduccions i adaptacions àrabs (finals del segle IX, tot i que els manuscrits més antics conservats són de principis del XII).
2) Versions bizantines (finals del segle XIII-principis del XIV).
3) Traduccions al llatí impreses (finals del segle XV en endavant).

No s'han conservat manuscrits grecs de la *Geografia* de Ptolemeu anteriors al segle XIII, quan Maximus Planudes (*c.* 1260-1310) va preparar-ne la còpia. Sabem, per fonts documentals, que a l'estiu de l'any 1295 Planudes es dedicava a la tasca de recerca de manuscrits científics per a la biblioteca del seu monestir a Chora i, entre d'altres coses, buscava una còpia de la *Geografia* de Ptolemeu, sembla que després d'haver-ne vist versions àrabs. Pel que es veu, no li

va costar gaire de trobar-la, ja que al manuscrit que es conserva a la Biblioteca del Vaticà, datat a finals del segle XIII, hi ha una nota en la qual s'expliquen els esforços de Planudes per trobar aquesta obra i el seu desencís quan va comprovar que no duia els mapes descrits. Aleshores, Planudes va manar als seus col·laboradors que dibuixessin un conjunt de mapes per a fer-ne una còpia, els vint-i-sis mapes que, segons el manuscrit, haurien hagut d'acompanyar el text. Els manuscrits més antics que es conserven amb mapes (Vaticà, Istanbul i Copenhaguen) són precisament els copiats per Planudes mateix o per algun dels seus col·laboradors.[8]

Per altra banda, sabem que la *Geografia* de Ptolemeu va ser traduïda a l'àrab per Ya^{c}qūb Ibn Isḥāq al-Kindī (m. 874), per Thābit ibn Qurra al-Ḥarrānī (836-901) i sembla que també per Ibn Ḫurradāḏbih (segle IX). Malauradament, però, no es conserva còpia d'aquestes traduccions. L'única traducció conservada va ser feta a principis del segle XV (1406) per Georgios Amirutzes de Trebisonda i el seu fill, probablement per a Mehmet II, el conqueridor de Constantinoble (1453), un soldà molt interessat en la ciència. En tenim dues còpies, una amb mapes i una altra sense.[9]

Ara bé, la gran majoria d'autors de les obres geogràfiques àrabs amb mapes es basen, segons paraules seves, en la geografia de Ptolemeu. Per tant, no tenim traduccions de la *Geografia*, però sí abundants obres que la prenen com a base, com és la d'al-Idrīsī.

El que sí és cert és que amb la traducció al llatí i la impressió de la *Geografia* de Ptolemeu, durant el segle XV, aquest autor exercirà una nova influència, que sovint representa un pas enrere. Alguns autors renaixentistes reproduiran

8. A. DILLER, «The oldest manuscripts of Ptolemaic maps», *Transactions of the American Philological Association*, núm. 71 (1940).

9. F. SEZGIN *et al.*, *Klaudios Ptolemaios Geography. Arabic Translation (1465 A.D.)*, Frankfurt, 1987.

el món ptolemaic sense tenir en compte les millores dutes a terme pels àrabs, i així, per exemple, tornaran a les dimensions ptolemaiques, força poc acurades, de la Mediterrània, que els àrabs havien corregit amb gran exactitud,[10] correcció que es reflecteix en la cartografia mediterrània.

Pel que fa a la primera edició llatina, tampoc no té mapes (Vicenza, 1475) i és una traducció feta l'any 1409 pel bizantí Manuel Chrysoloras i el seu deixeble Jacobos Angelos i dedicada al papa Alexandre V. La primera edició llatina amb mapes és la de Bolonya, de la segona meitat del segle XV. La primera edició grega és la d'Erasmus, de Basilea, feta l'any 1533.

Ara per ara, doncs, és impossible afirmar que els mapes que trobem als manuscrits conservats de la *Geografia* de Ptolemeu, siguin en la llengua que siguin, es puguin atribuir a Ptolemeu, sinó que és gairebé segur que mostren influències de versions prèvies, gregues, bizantines, siríaques o àrabs. En resum, el que és segur és que:

— els àrabs van utilitzar i traduir la *Geografia* de Ptolemeu des del segle IX;
— la cartografia àrab, basada en l'obra de Ptolemeu, fou coneguda a Europa bàsicament a través d'al-Idrīsī (segle XII);

10. Vegeu respecte d'aquest punt, M. COMES, «The "Meridian of Water" in the Tables of Geographical Coordinates of al-Andalus and North Africa», *Journal for the History of Arabic Sciences*, núm. 10 (1994), p. 41-51; reimprès, amb bibliografia actualitzada, a Maribel FIERRO i Julio SAMSÓ, *The Formation of al-Andalus*, vol. 2, Aldershot, Variorum, Ashgate, 1998, p. 381-391; «Las tablas de coordenadas geogràficas y el tamaño del Mediterráneo según los astrónomos andalusíes», *Al-Andalus: El legado científico*, Granada, 1995, p. 22-37, i «Islamic Geographical Coordinates: al-Andalus' contribution to the correct measurement of the size of the Mediterranean», *Science in Islamic Civilization. Studies and Sources on the History of Science*, Istanbul, 2000, p. 123-138.

— al segle XIII, es van dur a terme les primeres versions bizantines, a partir d'uns manuscrits que no contenien mapes;
— i, finalment, a principis del segle XV (1406), la *Geografia* de Ptolemeu va ser traduïda al llatí i impresa a Itàlia des del 1475.

Ara bé, entre Ptolemeu i les cartes nàutiques hi ha un procés, del qual només tenim un coneixement parcial, i això ha provocat diverses polèmiques.

3. Naixement de les cartes nàutiques

La polèmica que ha fet vessar més tinta gira al voltant de l'origen de les cartes nàutiques, principalment pel que fa al lloc on van sorgir per primera vegada (Itàlia, Mallorca o el món àrab), però també per la tradició de la qual depenen (antics portolans grecs, prototipus bizantins tardans o cartografia àrab, entre altres possibilitats).

Poques dades noves tenim per afegir-nos a una polèmica que, per altra banda, no sembla gens positiva, ja que probablement les coses no siguin ni blanques ni negres sinó d'un degradat de grisos.

Ara bé, el que sí que crec positiu és encetar un nou enfocament del problema, deixant de banda els arguments d'uns i altres que, fins ara, no han contribuït a resoldre'l ni hi han aportat solucions.

Partint de la base que el naixement de qualsevol desenvolupament científic requereix unes condicions culturals, polítiques i econòmiques, no tan sols adients sinó també favorables, hauríem de veure quines eren aquestes condicions a finals del segle XIII, principis del XIV, a l'àrea mediterrània, moment i lloc on haurien sorgit les primeres cartes de navegar i mapamundis.

a) Pel que fa a la política, hem de considerar la creixent importància militar, marítima i comercial del regne de Catalunya i Aragó i d'algunes ciutats o ciutats república italianes (Venècia, Gènova i Pisa, bàsicament).

— A partir del segle XI, l'hegemonia militar a la Mediterrània passa de mans musulmanes a mans cristianes.

— Durant el segle XIII, el regne de Catalunya i Aragó s'expansiona per l'est de la península Ibèrica i algunes illes de la Mediterrània, i així aconsegueix un poder naval, militar i econòmic considerable.

— La importància marítima i comercial, i en certs casos també militar, d'algunes d'aquestes ciutats estat de la península Itàlica és també ben coneguda.

— No podem oblidar l'íntima relació familiar i política entre la Corona d'Aragó i Itàlia, especialment Sicília, que podria explicar com va ser de fàcil per als cartògrafs mallorquins conèixer l'obra d'al-Idrīsī.

— Així com, per exemple, el fet que ja des del segle XIII hi hagués a Mallorca colònies de genovesos ben documentades.

b) Si parlem d'economia, queda clar que per tal d'aconseguir el domini, no tan sols militar sinó també comercial, de la Mediterrània calia competir, i per a això era imprescindible guanyar temps en la navegació.

— La navegació costanera, que era la més segura, era a la vegada la més lenta, perquè implicava fer moltes més milles de les necessàries. De manera que, per tal de guanyar temps, els

pilots haurien d'agafar el camí més curt, la qual cosa volia dir creuar el mar perdent de vista la costa.

— Aquesta navegació d'altura, que requeria mètodes més sofisticats i invalidava els antics portolans, podria haver propiciat la necessitat de les cartes nàutiques, per a la confecció i l'ús de les quals es necessitava l'ajut d'un compàs o una brúixola.

c) Finalment, i culturalment parlant, està clar que alguns dels requeriments per al naixement de la carta nàutica implicaven uns importants coneixements, no només pràctics sinó també científics.

— El coneixement pràctic de la Mediterrània es trobava en mans dels musulmans, que des del segle VIII fins a l'XI —moment de la gran expansió marítima musulmana pel Mediterrani—, eren els únics que creuaven aquest mar, i també l'oceà Índic, d'un costat a l'altre.

— El coneixement teòric, és a dir, el coneixement geogràfic, es trobava també en mans musulmanes, com la resta dels coneixements científics del moment que, no ho hem d'oblidar, van arribar a Europa a través d'Al-Andalus i Sicília. No hi ha cap dubte sobre el fet que la ciència àrab, especialment pel que fa a l'astronomia, la geografia i la cartografia, era l'única ciència desenvolupada en aquells moments a la zona i es trobava a l'abast tant de catalans i mallorquins com d'italians.

— La introducció de la brúixola o compàs des de principis del segle XIII, indispensable per a la confecció i ús de la carta nàutica i ben conegut i utilitzat al món àrab des del IX, possiblement,

va permetre de combinar el coneixement geogràfic, teòric i pràctic, amb la informació dels portolans, i partint d'aquesta combinació es confeccionarien cartes nàutiques concretes.

Com a conclusió, sembla assenyat pensar que la carta nàutica es va desenvolupar en un medi afí, la Mediterrània, en un moment concret, a finals del segle XIII o principis del XIV, a causa dels motius esmentats i, ateses les relacions de tota mena entre italians i catalans, probablement caldria pensar en un origen mediterrani comú, deixant de banda definitivament la vella polèmica.

Aquest desenvolupament en un medi, més que en un país, es confirma per les paraules d'Opicino de Canistris (1296-1350), un clergue italià de Pàdua, format a Gènova, que confegeix mapes a la cort d'Avinyó. Opicino parla dels «mappa maris navigabilis secundum Ianuenses et Maioricenses»[11] i, tot i ser italià, no atribueix cap mena d'ascendència dels uns sobre els altres.

També ho confirma la crònica de Giovanni Villani,[12] segons la qual, genovesos, venecians i catalans van introduir, a principis del segle XIV, l'ús de la coca baionesa de tradició nòrdica, la qual cosa vol dir que, en qüestions de navegació, catalans i italians anaven alhora.

11. Joan AINAUD DE LASARTE, «Visió de conjunt», *L'*Atlas català *de Cresques Abraham*, Barcelona, Diàfora, 1975, p. 56-58; R. G. SALOMON, «Opicinus de Canistris: Weltbild und Bekenntnisse eines Avignonesischen Klerikers des 14 Jahrhunderts», *Studies of the Warburg Institute* (Londres), núm. 1, A i B, (1936); «A Newly Discovered manuscript of Opicinus de Canistris», *Studies of the Warburg and Courtald Institutes* (Londres), núm. 16 (1953), p. 45-57, i «Aftermath to Opicinus de Canistris», *Studies of the Warburg and Courtald Institutes* (Londres), núm. 25 (1962), p. 137-146.

12. Giuseppe CARACI, «Viaggi fra Venezia ed il Levante fino al XIV e la relativa produzione cartografica», *Venecia e il Levante fino al secolo XV* (Florència), núm. 1 (1973), p. 147-184.

Finalment, i sense afany de ser exhaustius, a la carta de 1403, que es conserva a la Universitat de Yale, de Francesco Beccari,[13] un italià que va treballar als tallers de cartògrafs de Barcelona, llegim una referència als «magistri cartarum tam Catalanj Veneti Januenses quam alij qui cartas nauigandi fecerunt...». És a dir, als mestres de cartes, tant catalans, venecians i genovesos —tots al mateix nivell—, com a d'altres —sembla que no tan importants— que feren cartes de navegar.

4. Les terres de l'interior a les cartes nàutiques

Ara bé, tornant a la terra, que és el tema que aquí ens interessa, ja hem vist que, malgrat que la carta nàutica era bàsicament un instrument de navegació, una bona part d'aquestes cartes duen representacions de les terres de l'interior que, tal com hem avançat, ofereixen un seguit d'informacions d'interès històric, econòmic i social. A continuació en veurem una selecció d'exemples: *a*) països (l'Índia i el seu entorn), *b*) rius (branca atlàntica del Nil), *c*) llegendes (etnogràfiques, econòmiques, geogràfiques, etc.) i *d*) iconografia (simbologia).

a) *Països*

La representació en una carta no únicament dels mars sinó també de les terres d'un país, el seu coneixement o desconeixement, etc., ens pot fornir molta informació. Tenim, per exemple, el cas de l'Índia i el seu entorn.

Ptolemeu considerava l'oceà Índic com una mena de llac, envoltat de terres per totes bandes.

13. Tony Campbell, «Portolan Charts...», p. 371-463, esp. 428.

Ara bé, els cartògrafs àrabs, seguint al-Bīrūnī (*c.* 1000), especialment famós per les obres que va compondre sobre astronomia i geografia matemàtica i per la seva descripció de l'Índia, on va viure una llarga temporada, mostren un oceà Índic obert, molt abans que Vasco da Gama descobrís la ruta cap a l'Índia l'any 1497, tot i que allarguen el sud d'Àfrica cap a l'est. Aquesta característica, però, no només la trobem en molts mapes àrabs, sinó també en diversos mapes catalans i italians, previs al viatge de Vasco da Gama. Per exemple:

— El mapa d'al-Idrīsī en la seva obra *Nuzhat al-muxtāq* (1154). Còpies des del 1300.
— El mapamundi català de Mòdena (*c.* 1450),[14] un mapamundi circular que conté totes les característiques de la cartografia mallorquina i que alguns investigadors han atribuït a Pere Rosell.
— El mapamundi de fra Mauro, 1459,[15] monjo camaldulenc venecià, fet per encàrrec d'Alfons V de Portugal, dóna els noms de diversos ports de la costa est o índica d'Àfrica, com Mombasa, Zanzíbar, Kilwa, o Sofala (Kenya, Tanzània i Moçambic), reconeguts centres de comerç àrabs, abans que fossin coneguts pels portuguesos. A part de tenir accés a informacions de procedència àrab, el mapamundi de fra Mauro inclou moltes dades recollides de les cartes nàutiques, algunes d'origen mallorquí.

De tota manera, seguim veient en mapes europeus, com el mapamundi de Pirras Noha, de 1414, que acompa-

14. Biblioteca Estense, C.G.A. 5*d*, de Mòdena.
15. Biblioteca Marciana de Venècia.

nya una cosmografia de Pomponius Mela, o el de la Margarita Philosophica, de G. Reich (Estrasburg, 1504), l'oceà Índic en forma de llac. En aquests mapes trobem un intent de combinar les traduccions llatines tardanes de Ptolemeu amb la iconografia d'al-Idrīsī.

Al-Bīrūnī fou també el primer de considerar l'Índia com una península que penetrava dins l'oceà Índic. Aquesta característica, que tampoc no es troba a Ptolemeu, apareixerà en mapamundis àrabs i europeus des del segle XIII si més no. Per exemple a l'*Atlas català* de Cresques (1375).

b) *Rius*

La descripció dels rius que, en principi i llevat de les seves goles, no té interès per a la navegació, ens aporta també altres informacions. Entre les descripcions característiques de les cartes nàutiques mallorquines o catalanes trobem el Danubi en forma de cadena i el Tajo, com una gaiata, el mànec corbat de la qual sol envoltar la ciutat de Toledo. Però el riu que presenta unes característiques més curioses és el Nil.

M'agradaria parlar, per començar, de les fonts del Nil, perquè a la major part de la cartografia àrab, des dels temps d'al-Ma'mūn (segle IX) i seguint al-Ḥwārizmı, trobem un fantàstic disseny que representa les fonts del Nil a les Muntanyes de la Lluna (*jabal al-qamar*). Aquest curiós dibuix el trobem també en abundants obres europees, italianes, portugueses i holandeses, fins a mitjan segle XVI, tot i que no apareix a les cartes nàutiques mallorquines, i no hi pot aparèixer perquè no arriben tan avall.

El que sí que apareix en pràcticament totes les cartes nàutiques mallorquines és el que anomenem *branca atlàntica del Nil*.

Els rius Senegal i Níger conformen en la cartografia

àrab i en molta de l'europea medieval la llegendària branca atlàntica del Nil. Ja en els mapes d'al-Idrīsī, el que hauria de correspondre als rius Senegal i Níger apareix com un únic riu, que de fet és una branca del Nil, i no només ho veiem representat en el mapa sinó que al costat de la gola del riu, a l'Atlàntic, hi ha una llegenda que diu: «masabbu nīl al-sudān fI 'l-baḥr al-muṯlim» (desembocadura del Nil del Sudan a l'oceà Tenebrós, és a dir, l'Atlàntic). Macià de Viladestes, en la seva carta de 1413, l'anomena *Ued* (Wād) *Anil* (an-Nīl), és a dir, riu Nil.

Aquesta representació errònia serà precisament una de les característiques de bona part de les cartes nàutiques mediterrànies i dels mapamundis de l'època. Entre els àrabs i els catalans, cal destacar els següents:

— *Masālik al-abṣār* d'Ibn Faḍlallāh al-ᶜUmarī (m. 1349), derivat del d'Abū M. ᶜAbd Allā ibn Abī Nuᶜaym al-Anṣārī, de Còrdova (*c.* 1325).[16]
— La carta nàutica dels germans Pizigani o Pizigano, del 1367, d'influència mallorquina.[17]
— L'*Atlas català* (Cresques), Mallorca, 1375.[18]
— La carta nàutica de Macià de Viladestes (1413).[19]
— La carta nàutica de Gabriel de Vallseca (1439).[20]
— El mapamundi català de Mòdena (*c.* 1450).
— La carta nàutica de Juan de la Cosa (costa d'Amèrica) (Sevilla, 1500).[21]
— El mapamundi de Joan Martines (1587), on apa-

16. Topkapi Saray, Istanbul, A2797, folis 292*v*-293*r*.
17. Parma, Biblioteca Palatina, Parm. 1612
18. *L'*Atlas català *de Cresques Abraham*, Barcelona, Diàfora, 1975.
19. Biblioteca Nacional de París. Ge. A. A. 566.
20. Carta de l'Institut d'Estudis Catalans, avui al Museu Marítim de Barcelona.
21. Museu Naval de Madrid.

reixen moltes altres característiques d'al-Idrīsī, com el molt especial disseny de les fonts i goles dels rius.[22]

— I, finalment, la carta nàutica d'al-Sharafī al-Ṣfaqsī (1592), copiada segons ell mateix ens diu d'una carta nàutica que havia fet el seu avi, qui l'havia copiada d'una carta mallorquina,[23] i que ens diu:[24] «He copiat aquest mapamundi d'un altre que va dibuixar el meu avi Muḥammad [...] qui va copiar les costes i els ports del mar de Siro (Mediterrani) d'un qunbāṣ fet pels mallorquins». La part occidental del mapa té moltes de les característiques mallorquines (Atlas en palmera, Bohèmia en ferradura, Alps en pota d'au, Danubi en cadena, Tajo en forma de gaiata i roses dels vents a dojo). Mentre que la part oriental és del més pur estil Idrīsī.

c) Iconografia

Un exemple curiós, pel que fa a la iconografia, és el de la carta del Mediterrani de Joan Vespucci (1520), conservada a l'Arxiu General d'Índies de Sevilla, que no és catalana, però sí que deriva d'originals catalans. És gairebé coincident amb la carta de Vallseca de 1439, la qual, no ho oblidem, va ser comprada per Amerigo Vespucci i utilitzada com a padró pels cartògrafs de la Casa de Contratación de Sevilla.

22. Museu Britànic, Harleian ms. 3489, Londres.

23. Biblioteca Nacional de París, Rés. Ge. C. 5089.

24. Mapamundi de 1579. C. A. NALLINO, «Un mappamondo arabo disegnato nel 1579 da ʿAli ibn Amad al-Sharafī di Sfax», *Bollettino della Reale Società Geografica Italiana*, núm. 53 (1916) [en àrab], i S. SOUCEK, «Islamic Charting in the Mediterranean», *The History of Cartography*, vol. II, núm. 1, 1992, traduït a l'anglès.

Doncs bé, el cas de la carta de Joan Vespucci és força curiós. L'any 1520, Joan Vespucci, pilot de la Casa de Contratación de Sevilla, dibuixava per encàrrec del rei Carles I una carta del Mediterrani. En aquesta carta apareixen set monuments idèntics, que representen set ciutats, però pintats de dos colors diferents: verd i vermell. En principi, això no sembla dir-nos res de nou, però si, com fa Cerezo,[25] ho estudiem des del punt de vista de la política del moment, veiem que el color té una significació molt important. En aquesta història hi ha diversos punts a destacar:

— Per començar, Carles I encarrega una carta de la Mediterrània a Sevilla, on bàsicament es feien cartes de l'Atlàntic i dels nous descobriments, en un moment en què l'interès per fer cartes de la Mediterrània ja gairebé s'ha perdut.
— En aquesta carta figuren tres monuments, que representen tres ciutats, en color vermell, quan els altres monuments, situats a la península Ibèrica, l'Europa central, l'Orient Mitjà i el nord-oest d'Àfrica, són verds. Aquests tres monuments vermells corresponen a les ciutats de Tunis, Milà i Belgrad, que són, si considerem el moment històric, els tres focus d'amenaça més importants per a Carles I, després que el 1519 Francesc I de Valon declarés les hostilitats en contra de Carles I, quan aquest fou elegit emperador, que portarien a la guerra de 1521.
    - Milà: és un ducat de Francesc I estratègicament situat entre els regnes d'Itàlia i el centre de l'Imperi europeu de Carles I.

25. Arxiu General d'Índies de Sevilla. Ricardo CEREZO MARTÍNEZ, *La cartografía náutica española en los siglos XIV, XV y XVI*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1994, p. 42-43.

- Tunis: des de l'ocupació otomana de 1520, amenaça el sud mediterrani, especialment Sicília i Nàpols. Per altra banda, Francesc I manté una política d'amistat amb el soldà otomà.
- Belgrad: al sud dels Balcans, representa una altra greu amenaça per a Europa, especialment després que, el 1521, fos ocupada per Solimà II.

De manera que el fet que una ciutat es pinti d'un color o un altre, de vegades no responia a raons estètiques, sinó que tenia altres implicacions.

De fet, cada mapa o carta no és un sistema de símbols, i el seu disseny és part del llenguatge de la comunicació.

d) *Llegendes*

Les llegendes que trobem a les cartes encara ens aporten molta més informació, i no només sobre les influències entre cartògrafs, que són evidents quan es copien les llegendes dels uns als altres, sinó sobre moltes altres coses.

Per exemple, sobre les fonts utilitzades pels cartògrafs, que no són únicament documentals sinó que es basen també en els relats dels pilots de les naus i els viatgers de tota mena. Francesco Beccaro, el cartògraf que va treballar a Barcelona amb Jaume Ribes, abans Jafudà Cresques, a la seva carta de 1403, ens proporciona en una llegenda una dada important. Especifica que en aquesta carta ha canviat la situació de l'illa de Sardenya perquè diferents pilots i homes de mar li han dit que a les cartes anteriors aquesta illa no es trobava en el lloc correcte.

També les cartes ens informen dels nous descobriments. A l'*Atlas català* i a la carta de Viladestes apareix el vaixell (l'uixer) amb el qual va partir Jaume Ferrer el dia de Sant Llo-

renç, és a dir, el 10 d'agost —aclareix la llegenda— de l'any 1346 cap a Riu d'Or, possiblement a la recerca d'un camí més fàcil que el que s'havia de fer creuant el nord d'Àfrica.

Per exemple, Vallseca a la carta de 1439 en referir-se a les Açores ens informa que: «aquestes illes foren trobades per Diego Sunis pelot del rey de Porogall en l'any MCCCCXXII».

En el mapamundi de Joan Martines (Nàpols, 1591)[26] apareix, al sud de l'Amazones, en la carta V, la inscripció següent: «este strecho fue descubierto por fernando magallanes dia de las onze mil virgenes Año 1520».

I, més endavant, «canal descubierto por nugnos de silua piloto portugues de francisco drache».

A la carta VII (Amazones) d'un atles català anònim del XVI,[27] atribuït a Joan Martines, trobem la inscripció següent: «este rio descubrio dende su nacimiento fracº de orellana el año 1544».

A molts mapamundis i cartes, com per exemple a l'*Atlas català*, trobem també detalls de la vida social dels pobles. L'*Atlas* descriu els habitants del Sàhara occidental de la manera següent: «tota aquesta pertida tenen gens qui son embossats que no.ls veu hon sino los uyls, e van en tendes e fan cavalcades ab camels...».

També ens parla, l'*Atlas català*, igual que el fragment de la carta catalana d'Istanbul atribuït a Dulcert o al seu taller, del costum, ja conegut en fonts històriques anteriors, de la cremació dels morts a l'Índia i que les viudes es llancessin al foc que cremava les restes del seu marit, però es mostra sorprès en constatar que els vidus no fan el mateix.

Dulcert, Cresques i més endavant Pietro Russo comenten a les seves cartes que la mar Bàltica està gelada sis mesos

26. Carta en possessió de Benjamín Ventura de Madrid, segons Rey Pastor i García Camarero.

27. Museu Britànic, add. ms. 9814, Londres.

l'any, a causa de «la fredor de la tramuntana», com diu Cresques, i que pot ser creuada amb carro de bous.

Dins aquest camp, que podríem anomenar *costumista* o *etnogràfic*, podem incloure les referències de tipus religiós, de vegades sorprenents. Pràcticament tots els cartògrafs mallorquins parlen del freu pel qual les tribus d'Israel creuaren el mar Roig i del mont Sinaí on Déu va donar les taules de la llei a Moisès. Aquest fet, juntament amb el mar Roig pintat de vermell, ha estat considerat un dels trets més clàssics de la cartografia mallorquina i, sovint, s'ha vist com a reflex del judaisme dels primers cartògrafs, i de molts dels cartògrafs posteriors que, com Jafudà Cresques, van haver de convertir-se a la força i prendre un nom cristià, Jaume Ribes en el cas de Jafudà. Bé, doncs, si estudiem el mapamundi de Hereford,[28] de finals del segle XIII (*c.* 1270) i sorgit en el medi eclesiàstic britànic, veiem que no només hi apareix el mar Roig pintat de vermell, sinó que també hi trobem la figura de Moisès rebent les taules de la llei amb la corresponent inscripció i el pas dels fills d'Israel.

Al meu entendre, el judaisme de l'*Atlas català* no necessita aquesta mena d'arguments, perquè n'hi ha un de molt més poderós. La referència a Jesús com l'anticrist. Diu Cresques, al costat de la miniatura que el representa: «Antechrist. Aquest serà nudrit en Goraym de Galilea e can haurà xxx anys començarà a preicar en Jherusalem e contra tota veritat dirà que ell es Christ, fill de Deu viu, e diu-se que rehedificarà lo Temple». Com diu Llompart,[29] la puntada anticristiana és clara. De fet, no pot ser més contundent.

El pelegrinatge, sigui jueu, cristià o musulmà, també hi és representat. Roma i Avinyó, seus papals, Sant Jaume de Galícia, els monestirs de Santa Caterina, al Sinaí, i els de Sant Ma-

28. Scott D. WESTREM, *The Hereford Map*, Brepols, 2001.

29. Gabriel LLOMPART I MORAGUES, «Aspectes iconogràfics», *L'*Atlas català *de Cresques Abraham*, p. 41-55, esp. 51.

teu i Sant Tomàs, a l'Àsia, i Jerusalem, també sota el nom de Sant Sepulcre, comú per a jueus i cristians. De fet, ens consta que de Mallorca sortien vaixells amb viatgers jueus i cristians que anaven conjuntament a fer la peregrinació a Jerusalem. Per als jueus se'ns pinta també el mont Sinaí, on Déu va lliurar les taules de la llei a Moisès, i sovint aquesta llegenda apareix de color vermell, quan la resta són fetes amb tinta negra. I, pel que fa als musulmans o sarraïns, se'ns parla de Mahoma, de la Meca, dels llocs pels quals passaven els musulmans en el seu camí de pelegrinatge i dels seus costums i creences.

També ens informen les cartes de quina és la llengua i la religió dels habitants d'una regió. Per exemple, en diverses cartes diuen que els habitants de la «Insula de Stilant» o «Illa Stillandia» —sembla una barreja entre les Shetland i Islàndia— tenen la llengua de Noruega i són cristians, i que els d'Aràbia són musulmans.

De vegades ofereixen altres detalls lingüístics. Diu Cresques en parlar de la serralada de l'Atlas: «Tota aquesta muntanya de lonch es apellade Carena per serrayns e per crestians es apellada Muntis Claris».

Les cartes ens ofereixen, sovint, detalls de la vida econòmica dels pobles. Ens parlen de quina mena de mercaderies es poden aconseguir en cada lloc i quina és la ruta que les fa arribar als diversos destins, llistes dels productes que es poden adquirir en un lloc determinat, dades sobre les possibilitats de comerciar-hi, etc., impostos que s'han de pagar, etc. Per exemple, en parlar de Java i Sumatra, l'*Atlas català* ens proporciona la llista de productes de la zona: «aloes, canfora, especies subtils, garenga, nou moscada, arbres de canyella, etc.». I a Aràbia ens diu que hi abunden els perfums, com la mirra i l'encens, or, plata i pedres precioses.

En parlar d'Àfrica ens diu que en aquelles contrades hi ha molt d'ivori a causa de la gran quantitat d'elefants que hi viuen.

A la zona magribina de la serralada de l'Atlas ens assenyala el lloc pel qual passen els mercaders en la seva ruta cap a Guinea. Diu que és la «vall de Darcha», que podria ser la vall del Draa, on efectivament es troba una de les entrades al desert i, de fet, hi ha un cartell que indica la distància fins a Tombouctou, a Mali, camí de Guinea, seguint la vall del Níger.

I a la costa del mar Roig ens parla de la ciutat de «Chos», port fluvial del Nil, anomenat avui *Qus*, per on passaven les mercaderies que, procedents de l'Índia, arribaven a Egipte, al port de Queseir, al mar Roig. I ens diu: «En aquesta ciutat de Chos aportan la especiaria, la qual ve de les Índies, puys s'aportan a Babilonia», és a dir, el Vell Caire, «e en Allexandria.»

I l'anònim mallorquí del XV, conservat a la Biblioteca Nacional de Florència,[30] adverteix al mercader que: «en lo capo de la anteada de la mar royo a un castell que es apellat adep a qui prene la desena p(ar)t. de les spezias e daltres mercaderies que porten na(ve)g(ant) de les indies».

I no devia ser mal negoci, perquè Cresques ens diu a l'*Atlas català* que pel mar Roig passa la major part de les espècies que arriben a Alexandria procedents de les Índies.

L'altre camí era a través de Síria. A l'alçada de Bagdad, l'*Atlas* situa una inscripció creuant el Tigris, que diu: «Açí fo Babillònia la gran, on estava Nebocadenor [Nabucodonosor] la qual es apellada Baldacha. E sepiats que en aquesta ciutat se porta molta especiaria e moltes nobles coses les quals venen de les Índies e depuyx s'escampen per la terra de Súria [Suriyya, en àrab] i espeçialament en la ciutat de Domasc.»

A la carta II de l'atles català anònim del segle XVI, atribuït a Joan Martines, que correspon a l'Índia i la Indoxina: «estas islas son de maluccos de donde viene la especieria»

30. Port. N. 16.

i «en esta illa mataron a magallanes de la banda del Sur de la dicha ysla».

Aquest tema es relaciona també amb la biogeografia, ja que moltes de les mercaderies, com hem vist, procedeixen de la flora i la fauna dels països descrits.

A les cartes també hi apareixen trets fantasiosos, però són pocs comparats amb la bibliografia geogràfica que sembla que manegin. Per exemple, és ja clàssica la menció als diversos tipus de sirenes, que apareixen no només a l'*Atlas català* sinó en altres cartes també. «Miga fembra i miga peix i miga fembra i miga auçell», segons l'*Atlas català*, que localitza, però, en indrets llunyans i per tant força desconeguts.

Les llegendes que apareixen en moltes de les cartes proporcionen, doncs, un cabal d'informació importantíssim, tant per descobrir les fonts utilitzades en la fabricació de les cartes com pel que fa als coneixements del moment. Malgrat tot, les hem d'utilitzar amb precaució, perquè en copiar-se unes cartes de les altres de vegades la informació arriba ja amb un cert retard.

No és el cas, però, del canvi de bandera de la ciutat de Granada, que apareix a les últimes cartes del segle XV (1487)[31] sota l'ensenya de l'Islam i a la primera del XVI (1501), de Joan Ortis,[32] sota la de Castella i Lleó.

Ni tampoc el del corsari i almirall Pirī Re'īs, que ja al fragment de l'any 1513 mostra les costes d'Amèrica, fragment en el qual, per cert, apareixen certs elements de la cartografia catalana, com el Tajo en gaiata. Ell mateix, en el *Kitab-i Bahriye* (1521),[33] ens diu que disposava d'una carta que havia estat propietat de Colom i que també es va inspi-

31. Arxiu de l'Estat de Florència, núm. 8.

32. Servei Geogràfic de l'Exèrcit, Madrid.

33. El mapa de 1513 es conserva al Topkapi Saray d'Istanbul. Vegeu també Pirī Re'īs, *Kitab-i Bahriye*, Ankara, 1988, 4 v., edició facsímil de l'Istanbul Research Center.

rar en les notícies que un captiu castellà —que afirmava haver participat en els tres viatges de Colom— va proporcionar al seu oncle Kemal Re'īs, corsari com ell.

5. Conclusions

En conclusió, el que acabem de veure ens mostra que les terres de l'interior de les cartes nàutiques ens proporcionen una informació, molt interessant i no del tot aprofitada, que caldrà seguir investigant amb calma i precaució. Aquestes informacions ens permeten de conèixer detalls de caire històric, geogràfic, econòmic, etnogràfic, etc., de l'època en què es va desenvolupar la cartografia, tal com l'entenem avui, perquè de mapes n'hi ha hagut des que el món és món, pràcticament.

També hem vist com els cartògrafs es nodrien de tota mena de dades, ja fossin tècniques o pràctiques, ja procedissin de llibres, mapes, relats de mariners, viatgers, pelegrins o comerciants. Acabem de veure que a Venècia i a Mallorca la gent emprava informacions de tota mena per construir els seus mapamundis i cartes de navegació, i no esperava que els portuguesos li diguessin on i com era l'Índia o quins eren els centres comercials de l'est d'Àfrica per representar-los als seus mapes si disposaven d'aquesta informació, procedís la font d'on procedís.

Voldria acabar dient que tot el que hem vist és només una mostra, que d'informació per extreure n'hi ha moltíssima més. Malgrat que, tot i que molts mapes han estat ben estudiats i editats, altres encara esperen algú que els dediqui el temps i l'esforç necessaris per tal d'extreure'n les informacions que contenen. Espero que algun dia entre tots ho aconseguirem.

La cartografia nàutica àrab en el context mediterrani (c. 1300-1600) Un projecte en marxa[1, 2]

Quan, l'any 1992, el recentment traspassat professor E.S. Kennedy em va demanar que posés al dia la seva base de dades sobre coordenades geogràfiques a partir de fonts islàmiques,[3] l'origen de les quals cal trobar a la *Geografia* de Ptolemeu, vaig començar a interessar-me per la geografia matemàtica àrab i per tot el món que l'envolta, des de la geografia física fins a la cartografia.

Gairebé una dècada després, l'estiu de 2001, presentava a Mèxic la comunicació «The influence of arabic cartography in Europe», en què repassava la recepció a Europa de la cartografia àrab i molt especialment dels errors que s'hi troben. És evident que una dada correcta en dues fonts d'època diferent no necessàriament ha de ser un cas de transmissió, sinó que pot ser fruit d'una recerca independent. Ara bé, la repetició d'una errada important, com, per exemple, perllongar una branca del riu Nil fins a l'oceà Atlàntic, fet freqüent en la cartografia àrab i en part de l'europea posterior, probablement s'hauria de deure a un procés de transmissió.[4]

Dos anys més tard, durant la primavera de 2003, vaig ser comissària de l'exposició «Els Astrolabis de la Reial Acadèmia i la Ciència a la Catalunya Medieval». A més dels astrolabis catalans medievals, s'hi es destacava de manera significativa el tema de la cartografia nàutica a l'època de Pere el Cerimoniós.[5] Com a conseqüència, els professors Joan Vernet i Julio Samsó em van demanar que preparés un article d'alta divulgació sobre els possibles coneixements de la geografia àrab subjacents a la cartografia nàutica de Mallorca i Barcelona, que va ser publicat l'any 2004 en el volum dedicat a l'època que va dels àrabs al Renaixement de *La ciència en la història dels Països Catalans*.[6]

Aquell mateix any 2004, l'Institut d'Estudis Catalans em va convidar a parlar de «Les terres de l'interior en la cartografia de Mallorca i Barcelona» en el cicle de conferències La Terra i el Medi.[7] I també fou aquell any quan van comentar els

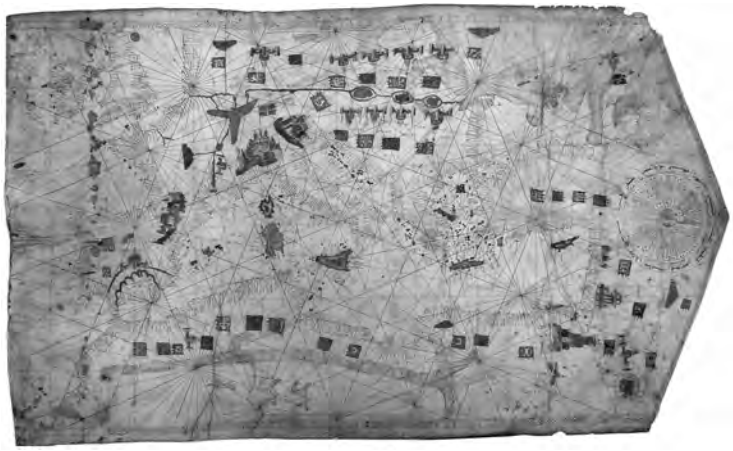
meus primers contactes amb el Museu Marítim de Barcelona, que em va convidar a presentar la conferència «Ciència i cultura a la Catalunya medieval. Aplicació a la navegació», dins el marc del II Congrés d'Història Marítima de Catalunya.[8] A partir de // llavors, també vaig començar a col·laborar com a membre del comitè cienífic d'aquests congressos.

Carta mapamundi d'al-Xarafī, combinació d'una carta mallorquina i un mapamundi d'al-Idrīsī. París, Bibliothèque Nationale de France, Rés. Ge.C. 5089.

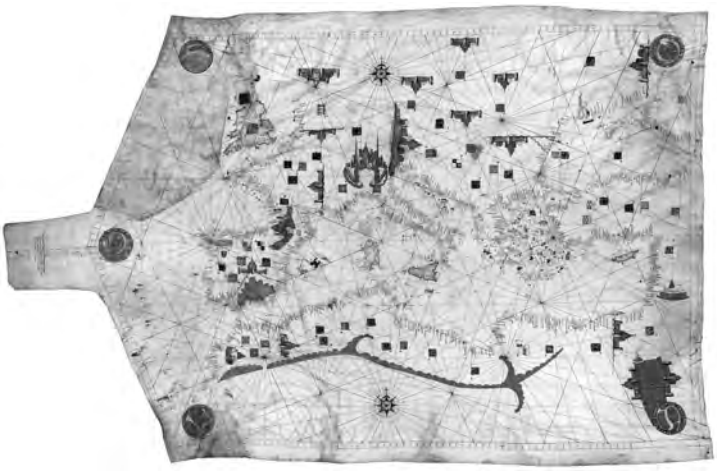
Fou aleshores quan vaig acabar d'adonar-me que la història de la cartografia nàutica a la Mediterrània s'havia vist exclusivament des d'una òptica que podríem anomenar eurocèntrica, deixant de banda gairebé totalment la cartografia nàutica àrab i otomana. No cal dir que aquesta no tingué, ni de bon tros, la importància de la cartografia catalana, veneciana o genovesa —seguint la nomenclatura i l'ordre que utilitza Francesco Beccari (1403), un cartògraf italià que va treballar a Barcelona, quan parlava de «magistri cartarum tam Catalanj Veneti Januenses quam alij qui cartas nauigandi fecerunt»—,[9] però això no li treu el seu paper en la descripció cartogràfica del nostre mar. Alguns autors la consideren massa tardana, però el primer exemplar conservat, la carta d'al-Tanjī (1413-1414), és pràcticament simultani a les cartes de Francesco Beccari, a qui es considera el gran innovador del gènere, i prou anterior a cartògrafs que sí que mereixen una atenció destacada, com ara Gabriel de Vallseca, la primera carta coneguda del qual és de 1439.

D'aquesta manera vaig comentar a endinsar-me en l'estudi d'unes cartes poc estudiades, per no dir pràcticament gens, en bona part a causa de la dificultat que comporta la lectura dels textos àrabs, i a pensar en la possibilitat de demanar un projecte de recerca al Ministeri sobre aquesta temàtica. La casualitat va fer que

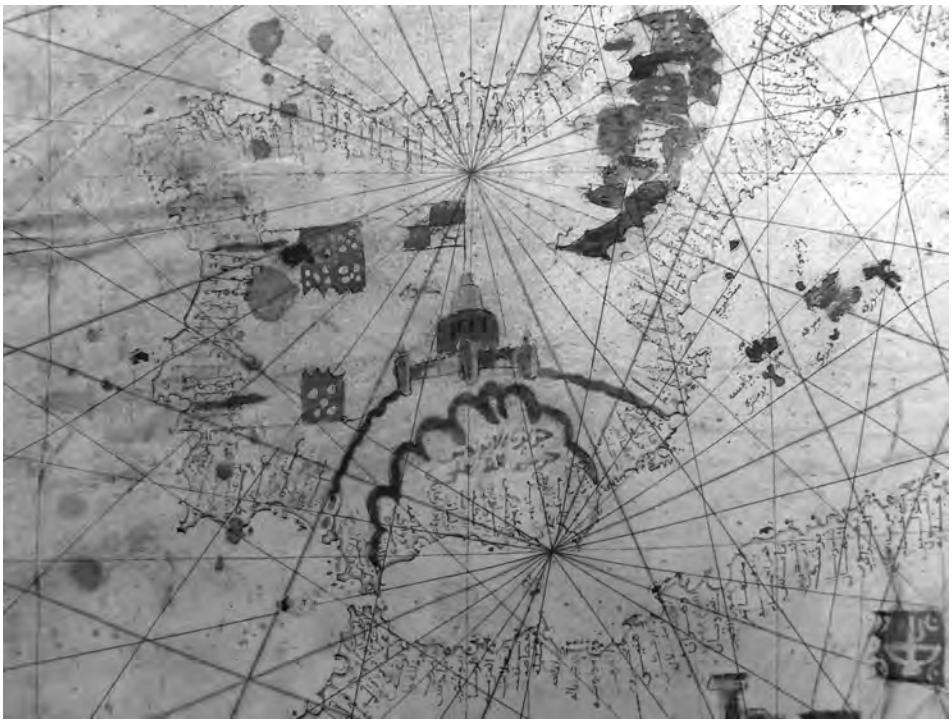
durant aquell curs passés per Barcelona una alumna de doctorat dels nostres col·legues d'Història de la Ciència de la Universitat de Frankfurt, la Mónica Herrera, a qui ja coneixia d'anteriors col·laboracions en el camp de la història de l'astronomia àrab i de qui tenia una excel·lent impressió. El fet és que ella havia començat a preparar la seva tesi doctoral sobre els atles nàutics de la família dels Xarafī, de manera que vam acordar demanar juntes el projecte sobre cartografia nàutica àrab en el context mediterrani.



Carta nàutica d'Ibrāhīm al-Mursī (Trípoli, 1460). Istanbul, Deniz Müzesi, 882.



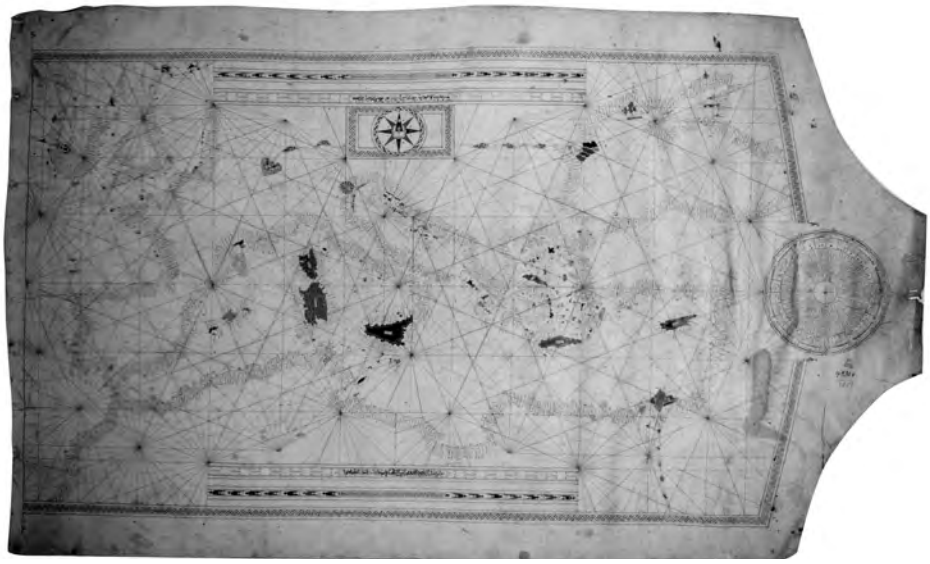
Carta nàutica de Jaume Bertran i Berenguer Ripoll (Barcelona, 1456). Greenwich, Londres, National Maritime Museum, G 230:1/7.



Detall de la península Ibèrica a la carta d'Ibrāhīm al-Mursī, inspirada en la de Jaume Bertran i Berenguer Ripoll. Istanbul, Deniz Müzesi, 882.

El projecte havia de ser concís, perquè es tracta d'unes poques cartes i atles, però també exhaustiu, amb la pretensió de no deixar cap fil per estirar. La idea consistia a treballar de manera organitzada aquesta cartografia. Per tant, vam dividir-lo en quatre subprojectes. El primer, // ara ja acabat, consistia, bàsicament, a veure les cartes personalment, aconseguir-ne les millors fotografies possibles i fer-ne un primer estudi de tipus general. Durant el segon, actualment en marxa, faríem un estudi complet de cadascuna de les cartes. El tercer i quart, més ambiciosos, consistirien en la confecció d'una base de dades d'accés lliure de la toponímia present a les cartes i una exhaustiva recerca arxivística, que ens fornís totes aquelles dades de l'entorn dels cartògrafs que no apareixen a les cartes. La finalitat general era estudiar el paper de la cartografia àrab en el context de la cartografia nàutica mediterrània. L'interès principal d'aquest objectiu estava en el fet que, mentre que el paper dels cartògrafs que podríem anomenar *europeus,* amb totes les limitacions i els anacronismes que el terme comporta, estava ja prou ben estudiat i delimitat, el dels àrabs havia quedat

Carta nàutica otomana de Hajj Abū l-Hasan. Istanbul, Topkapı Sarayı Müzesi, H1822.



Carta nàutica d'Aḥmad al-Tanjī. Istanbul, Topkapı Sarayı Müzesi, H1823.

relegat a l'oblit. Per tant, es tractava no sols d'estudiar la cartografia nàutica àrab, tan desatesa fins ara, sinó també de veure quina fou la seva relació amb la resta de la cartografia mediterrània i quin paper va jugar en la descripció d'aquest mar.

Així, l'any 2005 vam rebre l'aprovació per part del Ministeri del nostre primer projecte, titulat «Cartografía náutica árabe en el contexto mediterráneo (*c.* 1300-1600). Influencias entre Oriente y Occidente». I, un cop més, la Generalitat de Catalunya va considerar el Grup Millàs Vallicrosa d'Història de la Ciència Àrab com a grup consolidat, amb el finançament extra que això va comportar per al nostre projecte.

Es tractava, primer de tot, com ja hem dit, de fer una consulta directa de les cartes i d'obtenir-ne unes bones reproduccions fotogràfiques, que ens permetessin seguir treballant a distància. Això, que podia semblar molt senzill a primera vista, va resultar força complicat. L'exposició que es va presentar al Museu Marítim l'any 2004, titulada «Mediterraneum. L'esplendor de la Mediterrània medieval», i la publicació que en va resultar[10] ens van ser d'una utilitat enorme. Allí vam descobrir el fotògraf Pablo Muñoz, resident a Istanbul i autor de les fotografies de la carta d'al-Tanjī del catàleg, que havia de participar en la primera fase del projecte amb la preparació d'un dossier fotogràfic complet de les cartes d'al-Tanjī i al-Mursī.

// L'examen de primera mà de les cartes ens va fornir una sèrie de dades importants, entre les quals el millor coneixement de les tècniques per a la seva confecció. Mónica Herrera va fer una estada al Departament de Col·leccions Orientals de la Bodleian Library de la Universitat d'Oxford per tal de consultar l'atles nàutic de 1571 d'Alī al-Xarafī. El manuscrit es troba en un estat d'extrema fragilitat, la qual cosa va fer que accedir-hi requerís més permisos dels habituals i que la seva consulta amb microscopi s'hagués de fer sota la supervisió estricta dels responsables del laboratori de conservació. D'aquesta manera, es va poder verificar, per exemple, el procés de construcció de la xarxa de vents. A més, es va determinar un seguit d'elements, com ara certs aspectes codicològics i de la història del manuscrit, i es van revisar lectures de la toponímia nàutica, poc clares en la còpia microfilmada. Això també va permetre resoldre altres qüestions purament cartogràfiques, com ara la determinació de l'escala de les cartes o la tècnica de còpia utilitzada. La major part d'aquests resultats veuran la llum en la tesi doctoral que Mónica Herrera llegirà ben aviat a la Universitat de La Laguna.[11]

La segona consulta directa d'una carta, la vam dur a terme les dues investigadores del projecte durant una estada de recerca que vam fer a Istanbul, no pas exempta de dificultats de tota mena, ja que la carta es conserva al Museu

Naval, que depèn de l'Exèrcit, de manera que vam necessitar posar-nos en contacte amb l'ambaixada turca a Madrid, amb el comandament de l'exèrcit turc a Ankara i amb el Museu Naval d'Istanbul per a poder aconseguir els permisos corresponents. Val a dir que ens considerem afortunades, ja que d'altres ho havien intentat abans que nosaltres sense èxit. Finalment, doncs, vam poder consultar i fotografiar l'original de la carta nàutica d'Ibrāhīm al-Mursī (Trípoli, 1461), conservada al Deniz Müzesi (Museu Naval de l'Exèrcit). L'estada a Istanbul va proporcionar-nos informacions molt importants per a la investigació. Com en el cas anterior, l'anàlisi de l'original va permetre l'estudi del seu estat de conservació, de la composició material del pergamí, i també la revisió de dades, especialment paraules de difícil lectura en les còpies existents, i la determinació de l'escala i de les tècniques de construcció. La recerca sobre la carta d'al-Mursī ha donat lloc a un bon nombre de comunicacions en congressos i publicacions. Entre les dades més destacables es troba la identificació d'una de les fonts mallorquines per a una part de la seva iconografia, en concret una sèrie de vinyetes i, molt especialment, la de Barcelona, per a nosaltres especialment interessant. La imatge, que mostra la ciutat amb torre de senyals i escut o bandera, comença a ser habitual a partir de la carta de Vallseca de 1449, la primera a mostrar Barcelona amb Montjuïc i la torre del Farell o Farello. La imatge de la ciutat amb torre de senyals, però sense bandera o escut, és molt poc habitual. La trobem únicament en dues cartes que, per altra banda, presenten la concomitància del disseny de la vinyeta, molt diferent de la resta. Aquestes dues cartes són, d'una banda, la que Jaume Bertran i Berenguer Ripoll van signar a Barcelona l'any 1456, la segona a mostrar la ciutat amb Montjuïc i la torre, i, de l'altra, la d'Ibrāhīm al-Tabīb al-Mursī, que ara ens ocupa, feta a Trípoli el 1460, tercera en la representació esmentada de la capital catalana. De tota manera, una no és còpia de l'altra, ja que tot i que aquestes dues cartes presenten un cert nombre d'elements coincidents, a més de la vinyeta de Barcelona, d'altres són ben diferents i procedeixen de fonts dispars.[12]

Però l'estada a Istanbul ens preparava, a més, una agradable sorpresa, relativa a altres aspectes relacionats amb el projecte. A la Biblioteca Suleymaniyye vam tenir ocasió de consultar i adquirir còpies microfilmades de dos manuscrits de l'obra enciclopèdica en vint-i-set volums d'Ibn Fadlallāh al-'Umarī (Damasc, 1301-1349) titulada *Masālik al-absār fī mamālik al-amsār,* una de les poquíssimes i més antigues fonts àrabs conservades en què es descriu una carta nàutica, pràcticament simultània amb les primeres cartes mallorquines conservades, i que l'autor atribueix a un capità de vaixell cordovès contemporani seu anomenat Abū

Muhammad ‘Abd Allāh ibn Abī Nu‘aym al-Ansarī. No cal dir que l’edició d’aquest text i el seu estudi són d'una importància vital per al projecte.[13]

Val a dir, però, que, malgrat tots els nostres esforços, encara ens queden tres cartes per consultar directament i // fotografiar. Dues es troben a Itàlia: la carta nàutica mapamundi d’al-Xarafī (1579), que és a la Cartoteca de l’Istituto Italiano per l’Africa e l’Oriente (IsIAO) de Roma, i la carta anònima magribina conservada a la Biblioteca Ambrosiana de Milà. Finalment, hem aconseguit solucionar els problemes dels permisos, i l’estada a Roma i Milà es durà a terme enguany, durant les dues primeres setmanes dels mesos de novembre i desembre, respectivament. La tercera carta que encara hem de consultar és la d’Aḥmad al-Tanjī, que es conserva al Museu Topkapi d’Istanbul. El problema rau en el fet que una sèrie de sales del museu han estat tancades per obres aquests últims anys i la nostra carta es troba embalada i fora de qualsevol accés. Ara bé, gràcies a la publicació del llibre *Mediterraneum. L’esplendor de la Mediterrània medieval,* catàleg de l’exposició que amb el mateix nom va tenir lloc al Museu Marítim de Barcelona i que ja hem esmentat, disposem d’algunes fotografies excel·lents, però malauradament no comprenen la totalitat de la carta. De tota manera, el Museu Topkapi ens ha comunicat que obrirà les sales el 2010 i, com que ja tenim els permisos en regla, ben aviat podrem consultar-la en directe i obtenir-ne un complet dossier de fotografies. Amb els elements de què disposava, Mónica Herrera va seguir estudiant aquesta carta i va presentar els seus resultats al congrés internacional A Shared Legacy Islamic Science East and West, que vam organitzar a la Universitat de Barcelona.[14]

D’altra banda, la recerca duta a terme dins el marc d’aquest primer projecte ha permès, entre altres coses, documentar l’activitat de tallers de cartògrafs àrabs entre 1300 i 1600,[15] així com identificar les característiques distintives de la seva producció, compartides, en part, amb la cartografia àrab anterior, que tampoc no s’havia tipificat fins ara, i amb la de la ja ben estudiada cartografia nàutica mallorquina i italiana.[16] Com a conseqüència, hem pogut començar a determinar la contribució original dels cartògrafs magribins i andalusins en el desenvolupament de la cartografia nàutica mediterrània, un dels principals objectius del projecte, així com la difusió d’aquesta aportació al Mediterrani islàmic, especialment a Istanbul, un dels seus principals referents en el segle XVI.

El projecte seguia endavant i quan faltava poc per acabar-lo van succeir dos esdeveniments importants. D’una banda, l’any 2007 fou atorgada a Mónica Herrera una de les dues prestigioses beques predoctorals que concedeix la Fundación Juanelo Turriano de Madrid per a la redacció de tesis doctorals en l’àmbit de la

història de la ciència i la tecnologia. D'altra, ens trobàvem que la temàtica genuïnament cartogràfica treballada fins aleshores s'havia de relacionar amb una altra que apareix en la pràctica totalitat de la cartografia nàutica àrab i, en certa mesura, en una part de la mallorquina, la italiana i l'otomana. Em refereixo a tot allò relatiu a la geografia sagrada, el càlcul del temps i les marees i l'astronomia popular; en concret, a l'ús de les mansions lunars en la navegació, present també en els tractats sobre navegació a l'Índic. De manera que, com a experta en aquesta temàtica, al principi de 2008, últim any del projecte, es va incorporar al grup Mònica Rius,[17] col·lega de la Universitat de Barcelona, Històriadora de la ciència àrab i avui presidenta de la Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica. Els estudis que havíem dut a terme conjuntament amb anterioritat sobre *alqibla* i rodes calendàriques[18] van resultar força útils per a destriar una de les característiques diferenciadores de les cartes nàutiques àrabs, la roda calendàrica que apareix al coll de totes elles. Mònica Rius segueix aquesta tasca i ja ha presentat dues comunicacions sobre el tema.[19]

Evidentment, tot i que el primer projecte es va acabar el 2008, molts dels seus resultats estan veient la llum actualment i d'altres la veuran en els propers anys, conjuntament amb els dels nous projectes.

L'informe que el Ministeri va fer d'aquest primer projecte fou molt encoratjador, ja que destacava l'alta qualitat i l'extraordinària difusió dels resultats de la nostra recerca, de manera que l'any 2008 vam demanar el segon projecte, «Cartografía náutica árabe en el contexto Mediterráneo (*c.* 1300-1600) II. Estudio de detalle de las cartas», en el qual estem treballant actualment i per al qual se'ns va concedir un finançament que gairebé quadruplicava el del primer. D'altra banda, l'any 2009, // un cop més, la Generalitat de Catalunya ha considerat el Grup Millàs Vallicrosa d'Història de la Ciència Àrab com a grup consolidat, amb el finançament extra que això comporta per als projectes integrats com el nostre. Tant Mònica Rius com jo formem part del grup des l'inici i en aquesta última convocatòria el grup va proposar la incorporació de Mónica Herrera, que ha estat també acceptada per la Generalitat.

Aquest projecte, que ara encara no té un any, ha donat lloc a una primera aproximació a les condicions socioculturals i laborals dels cartògrafs del Magrib, al paper dels andalusins en el desenvolupament de la tradició àrab, així com al seu grau d'exposició a la llengua de la cartografia mallorquina, i a les circumstàncies que afavoriren la circulació de la cartografia nàutica al Magrib, bàsicament les vies comercials i migratòries que facilitaren la seva circulació d'una riba de la Mediterrània a l'altra, començant per les relacions

comercials amb la Corona d'Aragó i acabant amb la regència de l'Imperi turcootomà, així com les característiques de les cartes mallorquines que arriben al Magrib.[20]

Contextualitzar completament els cartògrafs, però, és una tasca que, ara per ara, es troba fora del nostre abast. Implica l'examen exhaustiu d'una documentació biogràfica repartida en ports d'arreu de la Mediterrània i que requereix una recerca arxivística, com s'ha fet en el cas dels cartògrafs mallorquins des de fa un munt de temps. Serà, doncs, una tasca que emprendrem en l'última part del projecte, tot i que ja estem preparant-la.

D'altra banda, hem començat a treballar en la sistematització de les característiques pròpies de les cartes nàutiques àrabs, un dels principals objectius d'aquest segon projecte. Aquesta tasca requereix un estudi detallat dels múltiples elements que conté cada carta, com ara el traçat cartogràfic, la hidrografia, la toponímia, les llegendes, les vinyetes que representen ciutats, l'heràldica, la falconeria, les rodes calendàriques i altres elements que permeten establir connexions entre les cartes i que forneixen una informació cabdal en molts sentits.

També és molt important la tasca de difusió dels resultats de la nostra recerca, que estem duent a terme no solament a través de participacions en congressos i publicacions en revistes i llibres especialitzats, sinó també organitzant panels i sessions en diferents congressos internacionals relacionats amb la nostra temàtica. D'aquesta manera, no sols donem a conèixer la recerca del grup, sinó que també intercanviem experiències amb altres investigadors internacionals que treballen en temes afins. L'any 2007, vam organitzar a Barcelona el congrés internacional A Shared Legacy. Islamic Science East and West,[21] en la direcció del qual participaren Mercè Comes i Mònica Rius. Dins el marc d'aquest congrés, que va reunir els investigadors mundials més importants en el camp de la història de la ciència en les societats islàmiques, tinguérem ocasió de donar a conèixer el nostre projecte i la nostra recerca. A les conclusions, Julio Samsó va fer palesa la importància d'aquests estudis que havíem encetat en l'àmbit de la història de la ciència. En vista d'això, Mercè Comes, en col·laboració amb Jamil Ragep (McGill University, Canadà), acaba d'organitzar el simposi Islamic Science in Context: Texts, Instruments, Locales, and Institutions (Commission on History of Science and Technology in Islamic Societies) dins el marc del XXIII International Congress of History of Science and Technology: Ideas and Instruments in Social Context. També va organitzar un dels quatre panels d'aquest simposi, titulat Geographical Knowledge and Nautical Application, en el qual han participat les tres integrants del grup amb les comunicacions ja esmentades.

A més, està resultant molt enriquidora l'experiència del curs La Visió de la Terra a l'Edat Mitjana i el Renaixement. Cartografia en el Mediterrani, que Mercè Comes imparteix en el màster interuniversitari adaptat a l'espai europeu en Història de la Ciència: Ciència, Història i Societat (UAB-UB), que ha merescut la menció de qualitat del Ministeri d'Innovació i Ciència des de la seva implantació.

Tal com hem dit, encara queden dos projectes més previstos. En el tercer, que es desenvoluparà entre els anys 2011 i 2014, treballarem exclusivament la toponímia en llengua àrab, que té un interès enorme, ja que reflecteix una altra visió de la realitat politicogeogràfica de l'àrea mediterrània de l'època. Es tracta de confegir una // base de dades de consulta lliure amb la toponímia de la totalitat de les cartes nàutiques àrabs conservades. Avui en dia disposem únicament de l'estudi del professor Joan Vernet sobre la toponímia de l'anònim magribí, molt meritori per l'època en què va ser fet i encara de força utilitat, però fraccional i que s'ha vist en part superat per les noves tecnologies. Pel que respecta a les cartes europees, també en tenim alguns intents parcials, com ara els de Falchetta o Pujades i, especialment, la importantíssima tasca que està duent a terme Tony Campbell, que d'alguna manera serà el correlat de la nostra pel que fa a la cartografia nàutica mediterrània en llengües europees.[22]

El quart i definitivament últim subprojecte, com ja hem avançat, el dedicarem a la recerca arxivística exhaustiva de fonts biogràfiques que ens puguin donar més informacions sobre la vida i la feina dels nostres cartògrafs, tal com ja s'ha fet a Mallorca i a Barcelona, i amb l'exemple dels excel·lents resultats que aquesta recerca ha proporcionat pel que fa als cartògrafs catalanomallorquins. El nostre problema és que la recerca s'haurà de fer fora de casa, a Tunis, Trípoli, Alexandria, etc., i això implica no solament una inversió molt més gran de diners, sinó també de temps i de disponibilitat. És per això, i per la immensa tasca prèvia que comporta i que ja estem fent, que el deixem per a l'últim de tots.

Com es pot veure, en conjunt es tracta d'un projecte ambiciós, però ben estructurat, que ja ha començat a donar fruits interessants i que n'ha de donar encara molts més. Vam començar-lo dues persones i ara ja som quatre. En quatre anys hem duplicat els membres i hem quadruplicat el finançament directe. Esperem, però, que hi hagi cada cop més investigadors interessats, ja que la tercera part serà especialment feixuga. Ara mateix, de tota manera, estem a punt de sumar-hi dos nous membres: un investigador novell amb beca de la Generalitat de Catalunya i un becari Fullbright nord-americà, i no descartem que n'hi hagi més. De cara al tercer projecte, també ens interessa especialment reforçar els nostres lligams amb certes institucions, amb les quals ja tenim converses encetades, com ara el Museu

Marítim de Barcelona i el Max Plank Institut de Berlín. *In xā'a Allāh!*, com dirien els nostres cartògrafs.

Notes

1. Projecte que engloba quatre parts o subprojectes, els dos primers dels quals, un ja completat i l'altre en fase d'execució, han rebut finançament per part del Ministeri d'Innovació i Ciència (HUM2005- 03375 i FFI2008-03460) i per la Generalitat de Catalunya (2995SGR00429 i 2009SGR497).
2. Mercè Comes és professora de l'Àrea d'Estudis Àrabs i Islàmics de la Facultat de Filologia de la Universitat de Barcelona, coordinadora del programa de doctorat en Història de la Ciència de la mateixa Universitat, que engloba els departaments de Filologia, Filosofia i Matemàtiques, i presidenta de la International Commission on the History of Science and Technology in Islamic Societies (IUHPS).
3. Kennedy, E.S. i M.H., *Geographical Coordinates from Islamic Souces*, Frankfurt, 1987. Actualment, la base de dades és a punt per a la seva publicació i conté un cinquanta per cent més de fonts, especialment andalusines, catalanes, llatines i hebrees. S'ha de tenir en compte que el professor Kennedy treballava gairebé exclusivament amb fonts orientals.
4. XXIst International Congress on the History of Science. IUHPS (Mèxic, 8-12 de juliol de 2001).
5. Dins aquest marc, vaig impartir la conferència «Astronomia i cartografia a l'època de Pere el Cerimoniós», que fou publicada en volum amb el títol «Els astrolabis de la Reial Acadèmia i la Ciència a la Catalunya medieval», *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, Barcelona, 2003, pàg. 27-36.
6. Vernet, J. i Parés, R. *La ciència en la història dels Països Catalans*, I. *Dels àrabs al Renaixement*, part segona, capítol 10. València, 2004, pàg. 515-573.
7. Institut d'Estudis Catalans, Publicacions de la Presidència, 17, 2004, pàg. 113-139.
8. II Congrés d'Història Marítima de Catalunya, Museu Marítim de Barcelona, Barcelona, 10-12 de novembre de 2004. Aquest tema, el reprendria amb la publicació de l'article «Astrolabios y brújulas, instrumentos de navegar. Astrolabes and compasses, instruments for navigation», en el volum *La Mar de Arte. Art Galore*, València, 2005, pàg. 168-175.
9. Carta de 1403 conservada a la Universitat de Yale. Campbell, T. «Portolan charts from the late thirteenth century to 1500», a Harley, J.B. i Woodward, D. (ed.), *The History of Cartography*, vol. 1 («Cartography in Prehistoric, Ancient, and Me-

dieval Europe and the Mediterranean»), University of Chicago, Chicago University Press, 1987, pàg. 428.

10. *Mediterraneum. L'esplendor de la Mediterrània medieval*, Barcelona, 2004.

11. Alguns resultats importants, però, ja han estat publicats. Per exemple, Herrera, M., «The nautical atlases of 'Alī al-Sharafī of Sfax», *Suhayl. Journal for the History of the Exact and Natural Sciences in Islamic Civilization*, 8. 2008, pàg. 223-263.

12. Comes, M., «La influència mallorquina a la carta nàutica d'Ibrāhīm al-Mursī», IX Trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica, Girona, 16-19 de novembre de 2006. Publicat a *Actes d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, Barcelona, Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, Institut d'Estudis Catalans, 2008, pàg. 257-260. Comes, M., «Ibrāhīm al-Ṭabīb al-Mursī», a *Las artes y las ciencias en el Occidente musulmán*, Múrcia, 2007, pàg. 74-81. Comes, M., «Barcelona i Catalunya a la cartografia nàutica àrab entre els segles xiv i xvii», X Trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica, Lleida, 16-19 de novembre de 2008. Comes, M., «Al-Mursī's nautical chart in the Mediterranean context», comunicació al panel Geographical Knowledge and Nautical Application, inclòs en el simposi Islamic Science in Context: Texts, Instruments, Locales, and Institutions del XXIII International Congress on History of Science, Budapest, 28 de juliol-2 d'agost de 2009. Herrera, M., «Granada en la cartografía náutica árabe e identificación de un modelo mallorquín para al-Mursī», *Al-Qanṭara: Revista de Estudios Árabes*, vol. 30:2 (Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2009), pàg. 221-235.

13. Els primers resultats ja són consultables en el treball final de recerca del Màster en Història de la Ciència: Ciència, Història i Societat, d'Èlia Romo, doctoranda del projecte, titulat *Al-Andalus a l'Enciclopèdia d'Ibn Fadlallāh al-'Umarī*, i en la comunicació que, amb el títol «Ibn Fadlallāh on the nautical winds», Mónica Herrera i Mohsen Zakeri van presentar al panell Geographical Knowledge and Nautical Application del simposi Islamic Science in Context: Texts, Instruments, Locales, and Institutions del XXIII International Congress on History of Science and Technology: Ideas and Instruments in Social Context, Budapest, 28 de juliol-2 d'agost de 2009. L'estudi i edició completa del text serà el tema de la tesi doctoral d'Èlia Romo.

14. La comunicació, titulada «The 1413-14 Sea Chart of Aḥmad al-Tanjī», va ser publicada a E. Calvo, M. Comes *et alii* (ed.), *A Shared Legacy: Islamic Science East and West. Homage to Professor J.M. Millás Vallicrosa*, Barcelona, 2008, pàg. 283-307.

15. Recerca que, amb el títol «L'ofici del cartògraf a la Mediterrània», vam presentar al III Congrés d'Història Marítima de Catalunya. La Gent del Mar, Museu Marítim de Barcelona, 22-24 de novembre de 2006.

16. Vegeu M. Comes, «La cartografía en la Baja Edad Media», a *Ibn Jaldún. El Mediterráneo en el siglo xiv: Auge y declive de los imperios*, Sevilla, 2006, pàg. 210-221.
17. Sol·licitud aprovada pel Ministeri amb data 19-03-2008.
18. Bàsicament, «Circulació de coneixements per la Mediterrània: entre Orient i Occident», presentat a la VIII Trobada de la Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, Mallorca, 18-21 de novembre de 2004, i publicat a les *Actes de la VIII Trobada*, Barcelona, 2006, pàg. 409-418, i «Finding the Qibla in the Islamic Mediterranean Milieu», exposat a l'Huitième Colloque Maghrebin sur l'Histoire des Mathématiques Arabes, Tunis, 18-20 de desembre de 2004, i publicat a les actes corresponents, Tunis, 2006, pàg. 131-138.
19. «Dels llibres a les cartes: el viatge de la qibla des de la terra al mar», Lleida, 13-16 de novembre de 2008, i «The Qibla. From the sky to the sea», al panel sobre Geographical Knowledge and Nautical Application del simposi Islamic Science in Context: Texts, Instruments, // Locales, and Institutions, dins el marc del XXIII International Congress of History of Science and Technology: Ideas and Instruments in Social Context, Budapest, 28 de juliol-2 d'agost de 2009.
20. Els resultants d'aquesta recerca, duta a terme per Mercè Comes i Mónica Herrera, van ser presentats en la comunicació «Nautical Cartography as a Means of intercultural Communication: Four Mediterranean Chartmakers as intermediaries between East and West» al congrés Convivencia: Representations, Knowiedge and identities (500-1600 A.D.), Madrid, 28-30 de maig de 2009, organitzat pel Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Madrid) i el Max-Pianck-Geselischaft zur Förderung der Wissenschaften (Berlín).
21. A Shared Legacy. Islamic Science East and West, Barcelona, 11-14 d'abril de 2007. Una selecció de les comunicacions més importants es va publicar, un cop passat el corresponent *peer-review*, en el llibre: E. Calvo, M. Comes *et alii* (ed.), *A Shared Legacy: Islamic Science East and West. Homage to Professor J.M. Millás Vallicrosa*, Barcelona, Universitat de Barcelona, 2008.
22. P. Falchetta, *Periplus Adriaticus. Elenco comparato del toponimi costieri dell'Adriatico (isole escluse) di quarantacinque carte e atlanti nautici italiani manoscritti del secoli xiv e xv* (http://geoweb.venezia.sbn.it) i *Toponimia a una carta veneciana* (http://www.toponimiaenunacartaveneciana.htm); R. Pujades, *Les cartes portolanes. La representació medieval d'una mar solcada*, Barcelona, 2008 (únicament per a l'Adriàtic). Tony Campbell, que també utilitza el treball de Falchetta, a més d'altres, està fent una gran tasca toponímica, tot i que la seva pàgina, en l'estat inicial actual, només es pot consultar per invitació i no és permesa la seva difusió.

COL·LECCIÓ
HOMENATGES 43

Universitat de Barcelona
Publicacions i Edicions