

ASTRONOMÍA EN LA GRANADA MUSULMANA

Astronomy in Muslim Granada

Mario RUIZ MORALES
Universidad de Granada

BIBLID [0544-408X//1696-5868]. (2010) 59; 137-170

Resumen: Tras una introducción, en la que se destacan aspectos relevantes del desarrollo astronómico musulmán, se concretan las contribuciones más señaladas de los protagonistas granadinos, sobresaliendo el papel jugado por el gran Ibn Ṭufayl. Otra cuestión singular que se aborda es la instrumental, no en vano fue en Granada donde se construyó el último astrolabio de al-Andalus.

Abstract: Outlines the more relevant aspects in the development of the Islamic astronomy, as well as the most important contributions by the astronomers of Granada, focusing on the work by Ibn Ṭufayl and the instruments, the last astrolabe of Al-Andalus being produced in Granada.

Palabras clave: Astronomía. Astrolabio.

Key words: Astronomy. Astrolabe.

De un sabio se cuenta que lo vieron teniendo a su derecha el Alcorán y a su izquierda un astrolabio, y que, cuando le preguntaron el motivo que le impulsaba a tener ambas cosas junto a sí, contestó: «En el Alcorán recito las palabras de Dios, y en el astrolabio reflexiono sobre la creación de Dios, porque la astronomía es una manera de adorarlo».

Memorias de Abd Allah, el último rey zirí de Granada

INTRODUCCIÓN

Generalmente se acepta que la Edad Media comenzó a mediados del siglo V, coincidiendo con la destrucción del imperio romano, y concluyó en la práctica con la caída de Constantinopla en el año 1453. Asimismo hay unanimidad al considerar que durante ese periodo histórico se asiste a un parón, y en ocasiones a un serio retroceso, del conocimiento científico, una lamentable circunstancia que resulta explicable cuando se piensa que la visión del mundo tenía que ser dogmática y conforme a premisas teológicas. Aunque sea cierto que la excepción la protagonizaron los árabes, también lo es que los conocimientos astronómicos de las tribus preislámicas eran

rudimentarios, pues se limitaban a saberse orientar por las estrellas durante sus largas marchas nocturnas por el desierto. El impulso decisivo en su reconocido interés por la Astronomía, surgió con la llegada del Islam, ya que el Corán recomendaba la necesidad de observar el Cielo y la Tierra para encontrar en ellos pruebas favorables para su fe¹. Idéntica consideración merece el hecho de que sus rezos se debían realizar a horas previamente establecidas: al amanecer, al mediodía solar, por la tarde (en el momento en que la diferencia entre la longitud de la sombra de un objeto vertical y la longitud de su sombra al mediodía era igual a la longitud del objeto), a la puesta del Sol y al final del crepúsculo vespertino. A los problemas de hallar esas horas y construir instrumentos que las conservaran (relojes de arena, de agua y solares) tenían que añadir el hecho de que las oraciones debían de hacerse mirando hacia la Meca, una nueva dificultad que requería el conocimiento del acimut astronómico de aquella ciudad², medido en el lugar de la plegaría. El estar al tanto del calendario lunar era otra de las cuestiones que debían resolver astronómicamente, para lograr saber el instante en que comenzaba el mes y, ya dentro del calendario, establecer las épocas y horas del ramadán.

Por otra parte, los árabes se interesaron siempre por todas las ciencias autóctonas que se iban encontrando a lo largo de sus conquistas, asimilándolas y perfeccionándolas con nuevos desarrollos; ese fue por ejemplo el caso de al-Andalus, encontrando una cultura muy superior a la suya, que pronto hicieron suya al traducir al árabe parte de la obra de San Isidoro³. Así es como heredaron el legado científico helenístico que

1. Una prueba indirecta la proporcionó 'Abd Allāh en sus memorias. *El siglo XI en primera persona. Las Memorias del último rey z̄irī de Granada, derrotado por los almorávides (1090)*. Trad. E. Lévi-Provençal y Emilio García Gómez. Madrid, 1980. Concretamente en el apartado que redactó durante su destierro y al reflexionar sobre la astrología decía: De un sabio se cuenta que lo vieron teniendo a su derecha el Alcorán y a su izquierda un astrolabio, y que, cuando le preguntaron el motivo que le impulsaba a tener ambas cosas junto a sí, contestó: «En el Alcorán recito las palabras de Dios, y en el astrolabio reflexiono sobre la creación de Dios, porque la astronomía es una manera de adorarlo».

2. Un acimut que es conocido con el nombre de *qibla*, el cual les permitía construir el *mihrāb* de las mezquitas en el emplazamiento adecuado.

3. Buena muestra de ello fue la copia que realizaron del mapa con que se ilustraron las etimologías de San Isidoro, el conocido mapa de T en O que figura en un manuscrito de la Biblioteca Nacional, con textos en latín y árabe, el cual fue interpretado por G. Menéndez Pidal en el año 1954. La traducción al español de tales textos es la siguiente: En el perímetro del círculo de la Tierra se lee (en árabe): "Cuatro mil por cuatro mil parasangas" (parte superior), "Doce mil por doce mil parasangas" (inferior izquierda), y "Ocho mil por ocho mil parasangas". En el tramo horizontal de la T: "...toda la Tierra veinticuatro mil parasangas". En el semicírculo superior: "Pertenece a los hijos de Sem que son los árabes. Siria, Hiyaz, Yatrib, Meca, la tierra de Persia y Armenia hasta los dos mares". En el cuadrante inferior izquierdo: "De los dos hijos de Jafet que son los no árabes. [Se extiende] desde la confluencia del Mar Estrecho (¿Mar de Mármara?), [las tierras de] los Jazares, Gog y Magog, los rum (romanos y bizantinos), la Tierra de los Esclavos y al-Andalus hasta el encuentro de los dos mares [estrecho de Gibraltar]". En el cuadrante inferior derecho: "De los hijos

había florecido en Alejandría y que estaba tan impregnado de la sabiduría egipcia. Cuando se asentaron en Persia y Siria, añadieron la inestimable herencia de los caldeos y babilonios; concretamente en Siria hallaron comunidades cristianas en las que se habían traducido al siríaco las obras maestras de la ciencia griega, conociendo por tanto a Aristóteles, Tolomeo y a toda una pléyade de sabios. En cualquier caso, el incuestionable progreso del conocimiento astronómico de los árabes no habría sido tan efectivo si paralelamente no hubiera habido un sorprendente desarrollo instrumental, construyendo numerosos astrolabios cada vez más perfeccionados. Capítulo aparte merece su contribución a la astronomía observacional, evidenciada por la existencia de numerosos observatorios astronómicos, como los de Bagdad, Damasco, Maraga y Samarcanda.

Aunque en un principio los astrónomos árabes se limitaran a traducir, comentar y difundir la obra de Tolomeo, así como a calcular las efemérides planetarias, sin plantearse tan siquiera la existencia real de los epiciclos y deferentes o de las esferas, en el siglo XII se inicia una marcada tendencia crítica hacia la astronomía griega, en la que jugaron un papel relevante los astrónomos y filósofos andalusíes, con la limitación impuesta por la tradición aristotélica. No obstante el despegue de la astronomía árabe ya había alcanzado su cenit en Bagdad, a finales del siglo VIII y principios del IX, con el califa al-Ma'mūn (786-833)⁴. Su interés por traducir los manuscritos griegos le llevaron a mantener un serio conflicto con el emperador del imperio de Oriente León V, llamado el Armenio, (813-890), al que mandó una embajada con ese propósito. El califato de al-Ma'mūn coincide por tanto con los prolegómenos de su homólogo de Córdoba, siendo también casual que el declive de la astronomía de Oriente se correspondiera con el imparable auge que tuvo esa misma ciencia en los reinados de los califas de al-Andalus 'Abd al-Raḥmān III (891-961) y su hijo al-Ḥakam (915-976). Ambos, como su homólogo de Bagdad, fueron grandes mecenas, logrando que el centro de referencia científico se trasladase desde aquella ciudad a la sede de su califato. Como ya había sucedido en otras longitudes, en al-Andalus proliferaron las traducciones de las obras astronómicas más relevantes, con la impor-

de Cam que son los bereberes. [Se extiende] desde la confluencia del Mar Estrecho hasta las tierras de los indios, los negros, los etíopes, los coptos, los habitantes del Sudán, y los bereberes hasta el Magrib". *Boletín de la Real Academia de la Historia*, 134 (1954), pp. 137-291.

4. Este califa creó en Bagdad la Casa de la Sabiduría, además de Bibliotecas y Observatorios en Bagdad y Damasco. Entre las numerosas traducciones allí realizadas sobresalió la de Hunayn ibn Iṣḥāq (809-873), conocido también como Johannitius, que versionó la *Sintaxis Matemática* de Tolomeo, dándole el nombre de al-Magesto.

tante salvedad de que si allí fue del griego al árabe, aquí fue principalmente del árabe al latín.

Sin embargo no fueron esas las primeras manifestaciones de la inquietud astronómica de los soberanos cordobeses, puesto que ‘Abd al-Raḥmān II (792-852) ya había enviado un emisario a Oriente con el encargo de que adquiriese todos los manuscritos astronómicos que pudiera. El califa al-Ḥakam hizo luego lo propio con sus comisionados en Bagdad, Damasco y el Cairo, siendo ese el origen de su celebrada biblioteca, de la que se afirma que contaba con más de 40000 volúmenes, y de la futura escuela de traductores. En la segunda mitad del siglo X se crearon Escuelas de Astronomía, incluyendo entre sus cometidos la formación teórica y práctica de los futuros astrónomos, que deberían desarrollar su actividad en los observatorios que se construirían en Córdoba⁵, Granada, Guadix y Toledo. No debe de olvidarse que fueron los árabes los que introdujeron en Europa los astrolabios, luego magistralmente perfeccionados⁶ por el gran al-Zarqālī (1029-1087), un astrónomo toledano que pasó a la posteridad con el nombre de Azarquiel. El astrónomo almeriense, e historiador de la ciencia, Abū l-Qāsim Sa‘īd ibn Sa‘īd (1029-1070) lo consideraba el más sabio de todos en la ciencia de los movimientos de los astros y de la construcción de las esferas. Sus lecciones de astronomía pudieron haber influido sobre Kepler cuando optó por la elipse como la curva no circular que mejor se ajustaba a la trayectoria seguida por los planetas.

Durante los siglos IX, X y XI los astrónomos andalusíes estudiaron a fondo el sistema geocéntrico de Tolomeo, apoyándose en primer lugar en el ya renombrado Almagesto y después en la Hipótesis de los Planetas, obra del astrónomo egipcio ibn al-Hayṭam (965-1039), claramente influenciada por las teorías del sabio alejandrino. No obstante, Alhacén —nombre por el que era más conocido al-Hayṭam— consideró reales a las esferas que para Tolomeo sólo eran meros artificios de cálculo, añadiendo también una nueva esfera y el orbe supremo que transmitía a todas las demás el movimiento diurno. Las hipótesis de Alhacén fueron pormenorizadamente analizadas y desarrolladas por todos los astrónomos de al-Andalus (incluyendo judíos y cristianos), culminándose el proceso con el nuevo sistema astronómico propuesto a finales

5. Quizás la primera aportación andalusí a la astronomía peninsular fuera precisamente la de un rondón afincado en Córdoba, ‘Abbās ben Firnās (810-887) que introdujo en al-Andalus la astronomía de Sind Hind, construyendo asimismo un reloj y un planetario.

6. Azarquiel, según Julio Samsó el mayor astrónomo andalusí de todos los tiempos, convirtió el astrolabio en un instrumento universal, es decir que podía ser usado en diferentes latitudes sin necesidad de recurrir a tablas auxiliares. Con su azafea se podían realizar los mismos cálculos que se efectuaban con las diferentes láminas de los astrolabios.

del siglo XII por Alpetragio⁷ (1029-1070), el cual fue de obligada referencia hasta las postrimerías del siglo XVII, cuando Kepler probó definitivamente la inutilidad de los epiciclos, deferentes y esferas homocéntricas.

El astrónomo cordobés rechazó el sistema de epiciclos y deferentes por considerarlo opuesto a las ideas aristotélicas, su propuesta creía que era de inspiración divina, a tenor de sus propias palabras: “Dios me ha inspirado y me ha revelado el secreto de los movimientos de los mundos”⁸. Su obra más señalada fue *La Teoría Planetaria*, traducida al latín y al hebreo, en la que él mismo reconoció la influencia del “excelente juez Avobacher Aventafel”, quien era verdaderamente el polifacético Abū Bakr ibn Ṭufayl (1105-1185), al que pronto nos referiremos. Esa obra de Alpetragio coincide con la que había pensado escribir Averroes “si Dios prolongaba su vida lo suficiente”⁹, para desarrollar las pautas marcadas por Ṭufayl, su principal mentor.

El gran desarrollo de la astronomía en al-Andalus propició el resurgimiento del interés por la misma en el resto de Europa, así se explican las sucesivas embajadas atraídas por la existencia de manuscritos en diferentes lugares de la península. De entre todas ellas cabe destacar la del benedictino francés Gerbert de Aurillac (945-1003), pues gracias a él se conoció el astrolabio más allá de los Pirineos. Los conocimientos adquiridos, durante los años que pasó en nuestro país, aumentaron su prestigio hasta el punto de ser nombrado arzobispo, primero de Reims y luego de Rávena, y luego papa en el año 999 con el nombre de Silvestre II. El empuje de la astronomía árabe continuó hasta el siglo XIII en que empieza su decadencia, a pesar de que continuase con menos brillo en el reino de Granada, en el Norte de África y en Egipto. Sin embargo se asiste a un auge transitorio de la astronomía en el lejano oriente, tras la invasión mongólica. Su figura principal fue el persa Naṣīr al-Dīn Ṭūsī (1201-1274), para quien mandó construir el gigantesco observatorio de Maraga el conquistador Hülāgū Khan, nieto de Gengis Khan. No obstante en el siglo siguiente decae de nuevo el interés por esa ciencia, hasta que en la primera mitad del siglo XV surge la efímera escuela de Samarcanda. Allí construyó, el príncipe y gran astrónomo, UlugBek (1394-1449) un observatorio monumental del que se conserva un cuadrante

7. El verdadero nombre de este astrónomo era Abū Ishāq al-Bīṭrūyī. Parece ser que era oriundo de Los Pedroches (Córdoba) y que llegó a determinar la oblicuidad de la eclíptica. Más que por inspiración divina, Alpetragio actuó al dictado de las líneas de investigación seguidas tanto por Ibn Ṭufayl como por su alumno Ibn Ruṣd (Averroes) (1126-1198).

8. José María Torroja Menéndez. *El Sistema del Mundo desde la Antigüedad hasta Alfonso X el Sabio*. Madrid: Instituto de España, 1980, p. 145.

9. J. Vernet. *La Cultura hispano-árabe en Oriente y Occidente*. Barcelona: Ariel, p. 146. En p. 43 dice que Averroes era posiblemente el español que mayor influjo ha ejercido a todo lo largo de la historia sobre el pensamiento humano.

meridiano de más de cuarenta metros de radio. A él se debió también la confección de las tablas astronómicas más exactas de su tiempo, en las que se incluía un catálogo con más de mil estrellas. La destrucción del observatorio de Samarcanda, hacia el año 1460, marca el declive definitivo de la ciencia árabe medieval, confirmándose la decadencia que venía padeciendo y de la que no llegó a recuperarse¹⁰.

Digamos a modo de conclusión que el pensamiento matemático, tan presente en la ciencia árabe, siempre procuró conciliar la contribución teórica griega con las necesidades que se planteaban al intentar resolver los problemas que sucesivamente se iban presentando en la vida cotidiana. Fue de esa forma como se fueron perfeccionando los métodos de cálculo, así como los algoritmos¹¹ aritméticos, y sobre todo los algebraicos y trigonométricos; así surgieron el álgebra¹² y la trigonometría como dos disciplinas con carácter autónomo.

También debe tenerse presente que el palacio de la Alhambra de Granada une a su incuestionable grandiosidad artística el ser una evidencia sublime del pasado esplendor astronómico de al-Andalus, aunque sea ésta una característica muy poco conocida. En efecto, El Salón de Embajadores de su torre de Comares es en sí mismo un monumento científico bien orientado hacia los cuatro puntos cardinales. Pero lo más sorprendente es que su techo reivindique también esa particularidad astronómica, a tenor de la inscripción coránica que figura en el mismo¹³: “Alá omnipotente, Creador de los cielos y de la Tierra, es el único Poseedor del Poder. El techo representa los siete¹⁴ cielos superpuestos. Si el que mira eleva los ojos, puede cerciorarse de que en la obra no hay apertura. El cielo más bajo está adornado de antorchas colocadas allí para que los ángeles apedreen a los demonios que se acercan para oír lo

10. Aunque solo sea a título anecdótico referiré que cuando se determinó la dirección de la Meca en la mezquita del Albaicín, junto a la iglesia de San Nicolás, intervino en la operación astronómica un astrolabio traído ex profeso de Marruecos, así lo recogió al menos la prensa escrita de Granada, que mostraba incluso una foto del instrumento ya en desuso.

11. El nombre de al-Jwārizmī (780-850), matemático, astrónomo y geógrafo persa, afincado en Bagdad bajo la protección del califa al-Ma'mūn, quedó perpetuado en la Edad Media mediante la versión latina de Guarismo o Algoritmo, ya del todo impersonalizado. Se cree que tan singular personaje protagonizó, junto a los hermanos Mūsā, las mediciones de un grado de meridiano encargadas por el citado califa.

12. La obra más importante de al-Jwārizmī fue *Kitāb al-ḡabr*. Precisamente la palabra álgebra deriva, a través del latín medieval, de este *al-ḡabr* (restricción). El simbolismo algebraico dio sus primeros pasos en los países musulmanes, tal como puede comprobarse en la obra de al-Qalaṣādī (1412-1486) un matemático nacido en Baza (Granada) que murió en el exilio (Béjaïa-Bugía, Argelia)

13. Darío Cabanellas Rodríguez. *El Techo del salón de Comares de la Alhambra. Decoración, Simbolismo y Etimología*. Granada: Patronato de la Alhambra y del Generalife, 1988.

14. Debe recordarse que en el modelo del universo platónico la esfera de las estrellas fijas, sede de las almas que habían llegado al máximo grado de perfección moral, rodeaba a las de los siete planetas entonces conocidos, a saber: la Luna, el Sol, Venus, Mercurio, Marte, Júpiter y Saturno.

que pasa en el consejo más secreto. El sultán Abū l-Ḥaŷŷāy Yūsuf I representa el poder de Dios en la Tierra. Desde este punto de vista debería valorarse y analizarse el espléndido adorno del techo”. El profesor Darío Cabanellas insistía en esa intención del arquitecto, el tratar de evidenciar claramente que lo mismo que Dios, desde su trono empíreo, preside el conjunto de los cielos y la Tierra, el sultán Yūsuf I, desde su solio colocado en la sala, presidía el concierto de pueblos a él sometidos y representaba el poder de Dios en la Tierra. El mismo profesor creía que la teoría de los cielos islámicos representada en el techo respondía más a una alegoría del sistema de Tolomeo que a la doctrina teológica de los musulmanes.

LOS ASTRÓNOMOS GRANADINOS

Marcados ya los límites cronológicos del desarrollo de la astronomía árabe y apuntados algunos de sus principales protagonistas, procede concretar las aportaciones más relevantes de los astrónomos granadinos, entendiendo por tales a los nacidos o establecidos en Granada. Naturalmente, solo se seleccionarán a aquellos cuya contribución pueda ser considerada científica¹⁵. Vaya por delante que el protagonismo del último bastión musulmán de al-Andalus debió de ser importante, en otro caso no se hubiera decidido construir observatorios, tanto en Granada como en Guadix, tal como sucedió cuando Córdoba pasó a ser el centro científico del mundo, en detrimento de Bagdad.

En Granada sobresalió también la astronomía doméstica, dedicada exclusivamente a marcar las horas de la oración y la *qibla*¹⁶. Además de las investigaciones teóricas contemporáneas del califato, se desarrolló en Granada una interesante corriente instrumental, en la que predominó sobre todo la construcción de astrolabios, y que se prolongó hasta el final del reino nazarí; es muy probable que fuese en esa ciudad

15. Dejaremos de lado, por ejemplo, a los siguientes: ‘Abd al-Malik ben Ḥabīb (795-853) nacido en Huetor Vega, el cual fijó en 7000 años la duración del mundo, se conserva uno de sus manuscritos en la Bodleian Library de Oxford. Abū Ḥāmid (1080-1169), natural de Granada capital, que fue autor de varias obras cosmográficas, en las que detalló sus numerosos viajes, llegando a describir una erupción del Etna. Ibn al-Bannā al-Marrākuṣī (1256-1321), un astrónomo y matemático marroquí, pero que era hijo de un albañil de Granada; a él se le atribuyen tablas astronómicas y un calendario, además de dos resúmenes sobre el empleo de la azafea de Azarquiel. Su obra más conocida fue *La Vía del que busca la ecuación de los planetas*. Abū Yahyā Riḍwān, natural de Guadix y dedicado especialmente a los estudios matemáticos y astronómicos; escribió un poema sobre la astronomía y una *risāla* sobre el astrolabio, murió en el año 1356. Ibn al-Jaṭīb, nacido en Loja, que estuvo al servicio del rey Yūsuf I, séptimo sultán de Granada. Fue el autor del *Justo peso de la experiencia*, conservado en la Real Biblioteca del Escorial, describiendo en su obra el reino de Granada con todas sus ciudades. Para el arabista Simonet fue el Salustio de Granada.

16. En realidad el *muwaqqit* no era un simple relojero, pues además de fijar la hora de la plegaría, que anunciaba el almuedano o almuecín, construía instrumentos astronómicos y daba clases de astronomía esférica.

donde se construyera el último astrolabio musulmán de al-Andalus, el cual se conserva en su museo arqueológico.

Ibn al-Samḥ al-Mahrī (979-1035) encabeza la nómina de astrónomos granadinos con todo merecimiento, aunque naciera en Córdoba¹⁷; al parecer los problemas asociados al fin de la era califal hicieron que decidiera trasladarse a Granada, desarrollando durante trece años toda su brillante actividad, centrada principalmente en las matemáticas y en la astronomía. No en vano fue reseñado por el astrónomo, matemático e historiador almeriense Saʿīd al-Andalusī (1029-1070). La cita figura en el capítulo dedicado a las ciencias en al-Andalus, incluido en su libro *Ṭabaqat al-uman*¹⁸. En él se afirma que este colaborador de Azarquiel estaba muy interesado en la medicina, aunque destacase más en “la ciencia de las esferas celestes y los movimientos de las estrellas”. Realmente su prestigio astronómico va ligado a dos tratados sobre el astrolabio, uno dedicado a su construcción y otro a su manejo e inmediatas aplicaciones.

Otra de sus contribuciones fue el libro en el que presentaba unas tablas astronómicas, compuestas según el sistema hindú Sindhind, y añadía sus comentarios a las mismas. J. Vernet Ginés, por su parte, lo considera el inventor del ecuadorio¹⁹, un instrumento astronómico referido en el Libro del saber de Astronomía del rey sabio Alfonso X (1221-1284). Sus aportaciones matemáticas fueron igual de relevantes, baste decir que el texto que dedicó al análisis de los Elementos de Euclides fue el primero que se redactó en al-Andalus. El historiador Saʿīd terminaba su reseña indicando que un alumno del protagonista le había dicho que su maestro murió en Granada a los 56 años, en el mes de abril.

Un personaje insigne de la Granada medieval, citado también por el historiador anterior, fue el judío Semuel Ibn al-Nagdila (993-1055), que aunque naciera en Mérida, se educó en Córdoba y después se instaló definitivamente en Granada. En esta última ciudad se encargó de la gestión administrativa del reino. Ibn Nagrīla, como también es conocido, llegó a ser ministro y hasta general del ejército granadino. Él fue una de las figuras más eminentes del judaísmo hispánico, además de consumado políglota pues hablaba perfectamente el árabe y por supuesto el hebreo, sabiendo

17. En la capital del califato era conocido con el sobre nombre de el Geómetra.

18. Eloísa Llaveró Ruiz lo tradujo al español con el título *Historia de la Filosofía y de las Ciencias o Libro de las Categorías de las Naciones*. Madrid: Trotta, 2000, p. 170.

19. El ecuadorio pretendía suplir a las tablas astronómicas, calculándose las efemérides (posiciones planetarias) mediante limbos metálicos graduados. Su significado etimológico es calcular la ecuación del movimiento planetario. Al parecer Ibn al-Samḥ fue el primer andalusí en hacer un manual de ese instrumento, aunque no se conserve el original escrito en árabe si figura su traducción al castellano en los Libros del Saber de Astronomía, concretamente en el primero de los dos “libros de las láminas de los siete planetas”.

también latín, bereber y romance. Otro historiador andalusí Ibn Ibn Ḥayyan (987-1075) dio cuenta de su bagaje científico: “Sobresalía además en las ciencias de los antiguos, las ciencias exactas, y superaba a los que se consagraban a ellas por su conocimiento de la astronomía, que había estudiado con minuciosa atención. En matemáticas y en lógica poseía conocimientos suficientes; pero era superior en la dialéctica, y en este terreno vencía siempre a sus adversarios. No obstante la vivacidad de su espíritu, hablaba poco y pensaba mucho. Reunió una hermosa biblioteca”²⁰.

El más sobresaliente de los astrónomos granadinos es uno de Guadix, que era además médico y filósofo. Me estoy refiriendo a Abū Bakr Ibn Ṭufayl, que practicó la medicina en Granada, entre los años 1130 y 1146, siendo además secretario de su gobernador. Su fama llegó al extremo de ser contratados sus servicios por el califa almohade Abū Ya‘qūb Yūsuf (1135-1184). En ese puesto continuó hasta que, siguiendo su recomendación, fue sustituido por su discípulo Averroes en el año 1182, una vez jubilado como médico de la corte. La obra más conocida de Ṭufayl (*Risāla Ḥayy ibn Yaqzān*)²¹ es de claro contenido filosófico²², de hecho se suele identificar con el nombre *El filósofo autodidacta*; su existencia pasó desapercibida en España hasta que fue divulgada por Marcelino Menéndez Pelayo (1856-1912), tras haberla estudiado en profundidad.

Lamentablemente no se conservan sus trabajos sobre astronomía teórica, de los que sólo se tienen referencias; las cuales se deben precisamente a dos de sus principales alumnos (Averroes y Alpetragio) y a otros sabios tan eminentes como Maimónides²³ (1135-1204). Averroes escribió en su libro XIII, *Comentario sobre la Metafísica*, que su maestro “poseía sobre esa materia (la astronomía) excelentes teorías de las que se podría sacar buen provecho”. Alpetragio fue mucho más explícito en su *Teoría sobre los Planetas*, señalando que Ṭufayl pensaba escribir sobre el particular. Allí aseguraba, al referirse a ibn Ṭufayl, que “había encontrado una nueva teoría sobre los planetas, que deducía sus movimientos de principios distintos de los de Tolomeo, que rechazaba toda excéntrica y todo epiciclo, con este sistema todos los movimientos celestes se verifican y no resultan de nada falso. Había prometido escribir

20. Eloísa Llaveró Ruiz. *Historia de la Filosofía y de las Ciencias ...*, p. 182, nota 333.

21. Esta obra estaba inspirada en el relato árabe del Ídolo y el rey y su hija, a tenor de lo referido por E. García Gómez. *Un cuento árabe fuente común de Abentofail y de Gracián*. Madrid, 1926, pp 1-67, 241-269.

22. Es muy posible que Ibn Ṭufayl se apoyase en las teorías previas del persa Avicena (980-1037), el mayor genio de la civilización musulmana, casi al mismo tiempo en que la obra de éste era traducida al latín. Asimismo pudiera haber ejercido cierta influencia las ideas neo aristotélicas del zaragozano Avempace (1070-1138), del que dijo no haberlo conocido personalmente aunque sí su obra.

23. Mošeh ben Maimono Mūsà ibn Maymūn.

sobre esto...”. Más críticos resultan los comentarios que le dedicó el sabio judío: “he oído que Abū Bakr decía haber encontrado un sistema astronómico, sin epiciclos, sino solamente con esferas excéntricas; sin embargo no he oído esto a sus discípulos. Pero aún cuando lo hubiera conseguido, no habría ganado gran cosa, pues, en la hipótesis de la excéntrica, se separa igualmente de los principios planteados por Aristóteles y a los cuales no puede añadirse nada”²⁴.

Ibn Ṭufayl fue en definitiva uno de los primeros en rechazar la incuestionable validez del *Almagesto*. Para este astrónomo el Sol era esférico, al igual que la Tierra, pero mucho más grande. También analizó la posición relativa del Sol y de la Tierra, así como las zonas iluminadas en esta última, llegando a fijar el lugar de más calor, como aquel que tiene el Sol sobre su cenit. El pensamiento filosófico de Ṭufayl creó escuela e ilustró decisivamente a los eruditos europeos, a tenor de ello no es aventurado suponer que él sigue siendo el científico granadino de mayor influencia en el pensamiento occidental.

El siguiente astrónomo es Ibn Arqam al-Numayrī (m. 1259), autor de un poema astronómico e introductor en al-Andalus del astrolabio lineal ideado por el matemático persa Šarāf al-Dīn al-Ṭūsī (1135-1213), en la época dorada del Islam. El instrumento era una variante muy simplificada del astrolabio convencional, en la que el elemento esencial era su línea meridiana. Ésta se materializaba mediante una vara graduada en la que se marcaban la posición del Polo celeste, así como los centros del ecuador, trópicos y paralelos, además del Cenit y de las intersecciones de los almicanaradas con dicha línea meridiana. El instrumento llevaba incorporada una plomada y varias cuerdas suspendidas de la vara referida.

Del siglo siguiente es el prolífico matemático y astrónomo murciano Muḥammad Ibn al-Raqqam al-Andalusī (1250-1315), aunque viviera en Argelia y Túnez antes de trasladarse definitivamente a Granada al ser llamado por el sultán Muḥammad II (1235-1302), el segundo rey nazarí que era considerado, por el historiador lojeño Ibn al-Jaṭīb (1313-1374), como el protector de médicos y astrónomos. Entre sus muchas obras destaca el *Tratado de Gnomónica (Risāla fī ‘ilm al-ẓilāl)*²⁵ de tanta aplicación en lo que hemos llamado astronomía doméstica, cuyo manuscrito se conserva en la Real Biblioteca del Monasterio del Escorial. El texto está estructurado en cuarenta y cuatro capítulos dedicados a la construcción de varios tipos de relojes de Sol, así como a los principios matemáticos y astronómicos presentes en la ciencia gnomónica; de esa manera quedaban satisfechas las necesidades litúrgicas. También fue el

24. José María Torroja Menéndez. *El Sistema del Mundo desde la Antigüedad ...*, pp. 137-138.

25. También conocido como *Epístola sobre el tratado de las sombras*.

autor de unas tablas astronómicas, confeccionadas en Túnez entre los años 1280 y 1281, incluidas en otro manuscrito que se custodia en el Museo Naval; las cuales transformó después de su llegada a Granada, a fin de hacerlas acordes con su latitud geográfica. El historiador anterior dejó escrito que al-Raqqam fue el maestro del rey Naşr el rojo (1194-1273), fundador de la dinastía de los nazaríes, al que enseñó a construir calendarios y otros instrumentos matemáticos. Es probable que en el año 1320 su hijo Ibrāhīm b. Muḥammad b. al-Raqqam construyera en Guadix un astrolabio, que se conserva en la Real Academia de la Historia (Madrid), al que luego nos volveremos a referir.

Ocasionalmente el *muwaqqit* era miembro de una familia consagrada a ese menester, ese fue el caso de los astrónomos granadinos Ibn Baso, oriundos de Šarq al-Andalus²⁶. En efecto tanto el padre, Aḥmad ibn Yūsuf (m. 1316), como su hijo Aḥmad b. Ḥasan (m. 1310) prestaron sus servicios en la mezquita aljama de Granada. Según el ya citado Ibn al-Jaḥīb, el padre fue el jefe de los calculadores de la hora en la mezquita mayor, una afirmación extremadamente interesante pues indica la existencia de un equipo de trabajo centrado en esa actividad astronómica. Se tiene constancia de dos escritos del padre, que además de astrónomo era matemático y teólogo: el primero, compilado en 1273, dedicado a la descripción y uso del astrolabio universal, con 160 capítulos, y otro a la trigonometría, con la que podrían resolverse la mayoría de las cuestiones que son propias de la astronomía esférica. Se cree que el mismo construyó un astrolabio que se conserva en el museo de la Specola de Bolonia, un arte en el que era experto²⁷ y en el que llegó a desplazar a otros instrumentistas análogos de Córdoba, Sevilla y Toledo. Al hijo se le atribuye la construcción de otro astrolabio que se conserva en la Real Academia de la Historia²⁸, el cual, junto a los que se custodian en Nueva York y Bélgica, marcan el punto culminante de la evolución de los instrumentos científicos contruidos en al-Andalus.

En la última etapa del reinado se asiste a un manifiesto declive en este tipo de trabajos, aunque todavía se continuaran construyendo instrumentos tan complejos como los astrolabios, buena muestra de ello es el de Muḥammad ben Faraḡ (1476), que se conserva en Nápoles, y el de Muḥammad ibn Zawal de 1481, el cual se encuentra expuesto en el museo arqueológico de Granada; puede que sea este astrolabio nazarí

26. Emilia Calvo Labarta. "Abu Ali al-Husayn ibn Abi Jafar Ahmad ibn Yusuf ibn Baso". *The Biographical Encyclopedia of Astronomers, Springer Reference*. New York: Springer, 2007, pp. 552-553.

27. Llegó a modificar la azafea de Azarquiel, usándola con una red astrolábica estándar para poder observar con ella en lugares de latitud diferente.

28. Jorge A. Eiroa Rodríguez. *Catálogo de Antigüedades Medievales de la Real Academia de la Historia*. Madrid: Real Academia de la Historia, 2006.

el digno colofón de la actividad astronómica de la Granada andalusí. La desaparición formal del último reino musulmán, en el año 1492, coincide con la práctica supresión de la misma. A pesar de todo, puede que Ibrāhīm ben Muḥammad al-Magribī l-Andalusī, autor de un tratado de astronomía (1580) y otro de eclipses de Sol y de Luna, sea el último de esta serie ciertamente limitada.

INSTRUMENTOS MATEMÁTICOS

Ya quedó dicho que el desarrollo astronómico de al-Andalus hubiera sido impensable sin contar con el experimentado en la construcción de los correspondientes instrumentos. Por otra parte, no es nada aventurado pensar que la mayoría de ellos se fabricarían en talleres dirigidos por el *muwaqqit*. El abanico de posibilidades era muy amplio, pues a los astrolabios, relojes y otros, anteriormente mencionados, habría que añadir nocturlabios, cuadrantes o sectores astronómicos, e incluso compendios astronómicos y globos celestes; en cualquier caso el protagonismo del astrolabio estaba asegurado, como no podía ser de otra manera, pues se trataba del instrumento astronómico por excelencia²⁹ que solo quedó superado a lo largo del siglo XVII, cuando comenzó a utilizarse el antejo en la mayoría de las observaciones.

El astrolabio es un instrumento astronómico complejo que consta de varios elementos, situados todos ellos dentro de un cilindro llamado madre, cuya altura es insignificante con relación a su diámetro y que no tiene base superior. En el referido cilindro se inserta el llamado tímpano en el que va grabada la imagen del hemisferio celeste en proyección estereográfica, a la que se le solían superponer los elementos geométricos más característicos de la esfera celeste. La araña era otro elemento esencial del astrolabio, una especie de red o lámina calada con ganchos o indicadores flamiformes, en el que figuraban las estrellas más visibles de la bóveda celestial. El dorso de la madre o dorso del astrolabio jugaba un papel determinante en las observaciones, su borde o limbo estaba graduado para realizar las lecturas pertinentes, en su campo figuraban escalas y gráficos que consultaba el observador, destacando el denominado cuadrado de las sombras. Finalmente debe de indicarse otro accesorio crucial cuando se pretendían hacer buenas punterías, esto es la alidada, pues se podía materializar la visual a la estrella mediante sus dos pínulas. También se construyeron

29. De hecho se considera que es uno de los instrumentos de mayor antigüedad, generalmente se cree que empezó a utilizarse en la misma época en que Hiparco (190-120 a. C.) ideó la proyección estereográfica; un sistema cartográfico conforme en el que el plano del mapa coincide con un plano tangente a la Tierra, obteniéndose su imagen al proyectarla sobre dicho plano desde el antípoda del punto de tangencia. Hiparco descubrió además la precesión de los equinoccios, suponiéndose también que fue el inventor de la trigonometría.

en su momento astrolabios esféricos, una especie de modelo reducido de la esfera armilar, en la que se resaltaban sus círculos máximos fundamentales.

Granada fue la sede de los últimos talleres astrolábicos de al-Andalus, lamentablemente se conservan pocos ejemplares aunque sean dignos representantes del prestigio alcanzado por aquellos. Dos de ellos se custodian en la Real Academia de la Historia de Madrid y fueron ya mencionados. En su *Catálogo de Antigüedades Medievales* de Jorge A. Eiroa Rodríguez figuran sendas fichas técnicas de las que se han extraído los datos que se relacionan a continuación:

Del astrolabio de Ibn-Baso se dice que tiene un diámetro de 14.8 cm, un grosor de 4 mm y un peso de 482.5 g y que es de bronce, con inscripciones en ambas caras; presentando en el dorso un calendario zodiacal en el que se apunta que el equinoccio de primavera tiene lugar el día 13 de marzo. En su madre lleva grabadas las latitudes de Bagdad, el Cairo, Granada y Tetuán. En la araña se observa la proyección de 28 estrellas, creyéndose que se construyó en Granada en torno a los años 1265 y 1266, aunque Emilia Calvo Labarta señale como fechas más probables los años 1294 y 1295). Según Salvador García Franco³⁰, el astrolabio fue adquirido en África por el sevillano P. Gayangos³¹, cuya familia lo cedió a la Academia en 1898.

El astrolabio de Ibn al-Raqqam tiene un diámetro de 12.5 cm, un grosor de 3 mm y un peso de 243.5 g. Como el anterior es de bronce y tiene grabaciones en ambas caras. La araña también recoge la imagen de 28 estrellas y su calendario zodiacal marca el inicio del equinoccio de primavera el día 12 de marzo. En la madre solo lleva incorporada la latitud de Guadix (37°20'), creyéndose que fue construido en torno al año 1320. García Franco menciona en su catálogo que fue encontrado durante un derribo en el Albaicín y adquirido por el referido P. Goyangos.

El tercer astrolabio que se va a referir también fue encontrado al derribar otra casa del histórico barrio granadino, se trata del que fue construido por el *muwaqqit* Muḥammad Ibn Zawal en 1481. El instrumento es de bronce, tiene un diámetro de 18.5 cm y su araña materializa la posición de 39 constelaciones. Tras los oportunos trabajos de limpieza y restauración³² se comprobó que el fondo de la madre, cuyo grosor es de 2 mm, llevaba incorporada una sola lámina pensada para una latitud de 37°, que el propio constructor asoció a la ciudad de Granada. La graduación del limbo de la madre es sexagesimal, con divisiones de cinco grados, materializada mediante los

30. *Catálogo crítico de astrolabios existentes en España*. Madrid: Instituto Histórico de Marina, 1945.

31. Pascual de Gayangos y Arce (1809-1897) fue un arabista e historiador, catedrático de la Universidad de Madrid hasta 1871.

32. Los responsables de tan delicada tarea fueron Manuel Fernández Magán y María del Carmen Navarrete Aguilera.

segmentos radiales correspondientes. Además de estar representadas en la misma el ecuador y los dos trópicos, por medio de circunferencias concéntricas, figura la imagen del cenit de la que parten las de las verticales que cortan perpendicularmente a los círculos horizontales o almicantarades, que se van identificando cada diez grados hasta llegar a los noventa. La parte inferior de la madre incluye tanto las horas temporales, de 1 a 12, como las de la preceptiva oración. La araña de este astrolabio es muy completa, ya que localiza mediante garfios perfectamente biselados las constelaciones más significativas tanto sobre los trópicos, como sobre la equinoccial y la eclíptica: Osa Mayor, Lira, Perseo, Pegaso, Osa Menor, etc. además de las doce que coinciden con los respectivos signos zodiacales.

El dorso tiene grabados cinco limbos concéntricos, con un ancho total de 36mm. La más externa va graduada con divisiones radiales cada cinco grados sexagesimales, la segunda se dividió en doce partes para indicar los signos del zodiaco, comenzando por el punto Aries y fijando el inicio de la primavera el día doce de marzo. Las otras coronas internas van igualmente divididas en doce partes, para señalar los meses del año. En su cuadrante inferior derecho se grabaron los cuadrados de las sombras, dividida cada una en doce dedos identificados de tres en tres por las respectivas letras árabes. En la parte superior de esta cara, fuera del limbo y en paralelo a él, justo debajo del asidero, aparecen rotulados en dos renglones el nombre del constructor y el año 886 de la hégira en que se hizo. Las lecturas se efectuarían gracias a la alidada móvil empotrada en su centro, constituida por una regla de 9 mm de ancho, cuyos bordes biselados alcanzan los bordes del limbo; sus pínulas son dos plaquitas situadas en sus extremos, y perpendiculares a la misma, que tienen perforado su centro. Tal punto es la intersección de dos líneas perpendiculares (vertical y horizontal) grabadas sobre el dorso, que facilitarían las observaciones realizadas con el instrumento. El astrolabio fue magistralmente descrito en el año 1990 por Ángela Mendoza Egüaras³³, entonces directora del Museo Arqueológico de Granada, en donde se encuentra expuesto desde que fuera adquirido por la Asociación de amigos del mismo, quinientos años después de su fabricación.

La medida continuada del tiempo era otra de las cuestiones a las que tuvieron que prestar atención los astrónomos granadinos, al igual que harían los del resto de al-Andalus. Los instrumentos que la hicieron posible fueron los relojes de Sol, ya fueran horizontales o verticales, fijos o portátiles; así como los nocturlabios, basados en la observación del movimiento diurno de las estrellas en torno al Polo Norte celeste, casi coincidente con la estrella polar. Tampoco es extraño que fabricasen relojes de

33. *Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de Granada*, 1 (1990), pp. 139-167.

agua, clara herencia de las clepsidras egipcias, aunque no tan originales como la que construyó Azarquiel en Toledo y que tan celebrada fue en su época. Tanto unos como otros fueron empleados en al-Andalus antes que en los demás países europeos, fomentando así el interés del continente por la observación astronómica.

El carácter esencialmente astronómico de los relojes de Sol y de los nocturlabios hace que solo nos refiramos a ellos con cierto detalle. La mayoría de los instrumentos que se conservan son horizontales, de manera que las horas que proporcionaban no tenían una duración rigurosamente constante. El modelo elegido por los astrónomos andalusíes era una mera continuación de los diseñados en la Grecia clásica. En él jugaban un papel determinante la línea meridiana, Norte-Sur, las líneas que marcaban las horas temporales, las líneas de sombra en los solsticios (ramas de hipérbola) y en los equinoccios (línea recta). La singularidad de los relojes granadinos, como la de la mayoría de los musulmanes, era la inclusión de las horas de oración diurna junto a las temporales. Otro de sus aditamentos exclusivos fue la marca aproximada de la *qibla*, ocasionalmente mediante el símbolo de la Meca; sin embargo el astrónomo Ibn al-Raqam logró determinarla con gran exactitud al hacerlo por medios trigonométricos³⁴.

Es obligado señalar que algunos de los relojes solares conservados presentan inexactitudes que solo se explican por una construcción poco rigurosa, ligada más a tradiciones, que se iban adulterando con el paso de los años, que a tablas o a las clásicas analemas³⁵ recomendadas por el astrónomo anterior. Precisamente ese es el caso del ejemplar que se conserva en el museo de la Alhambra, en realidad se trata de un fragmento que al parecer fue adquirido en Córdoba. La diferencia sustancial que presenta con relación a sus homólogos andalusíes es la burda simplificación de las curvas de sombra solsticiales, que en lugar de hipérbolas son arcos circulares. Otro de sus defectos es que las líneas horarias no se van separando, entre sí, a medida que se alejan de la meridiana. Una de sus principales curiosidades es la imagen que figura dentro del círculo de menor radio, que pretende representar la dirección de la Meca.

Los nocturlabios tuvieron una vigencia efímera, entre el siglo XV y XVI, pues quedaron superados con el desarrollo de los primeros ingenios mecánicos para medir el tiempo; es decir que de haberse construido en Granada habría sido en las postrimerías de la dominación musulmana. Sin embargo su fundamento es muy antiguo, desde

34. La obtención rigurosa de la *qibla* es un sencillo problema de trigonometría esférica que se resuelve en función de las coordenadas geográficas de la Meca y del lugar de oración.

35. La analema es la curva que describe la posición del Sol en el cielo si todos los días del año se lo observa a la misma hora del día y desde el mismo lugar de observación. En los relojes de Sol están limitadas por las ramas de hipérbola que marcan las sombras en los solsticios.

que los astrónomos constataron que las estrellas tenían un movimiento aparente en torno a un punto fijo de la esfera celeste, intersección de la misma con el eje del mundo. Ese punto podía ser tomado como referencia para poder evaluar el movimiento anterior y así poder medir el paso del tiempo incluso durante la noche.

La apariencia de estos instrumentos, muy útiles para la navegación, es similar a la de los astrolabios, pero con varias láminas superpuestas de diferentes diámetros. En el mayor se marcan los días del mes, en el intermedio los meses y los signos del zodiaco, y en el menor otra serie de divisiones. La estrella polar se puede visar a través de la perforación central, una vez situados los discos anteriores de acuerdo con el mes y días de la observación. Es entonces cuando el brazo, que sirve de índice, se orienta de modo que pueda seguir el movimiento de una cierta estrella, perteneciente a cualquiera de las constelaciones cercanas a la estrella polar: Osa Mayor, Osa Menor y Casiopea. Con otra clase de nocturlabios se podían calcular las fases de la luna, al tiempo que se podía comprobar la duración de las mismas. Desgraciadamente no se conservan instrumentos de ese tipo fabricados en al-Andalus, de ahí que se haya optado por incluir la imagen de uno muy completo construido de acuerdo con el modelo diseñado por el célebre Regiomontanus³⁶ y que fue construido en Colonia (1551).

El cuadrante³⁷ o sector astronómico fue otro de los instrumentos que debieron de usar frecuentemente los *muwaqqit*, integrándose en él tanto los elementos geométricos como los trigonométricos, que permitían resolver problemas propios de la astronomía esférica. Su origen es remoto, pues se cree que fue ideado por Tolomeo como una variante simplificada del astrolabio, y solo se podía usar cuando las lecturas angulares eran menores o iguales a 90°. Los astrónomos musulmanes introdujeron importantes modificaciones en el modelo original para mejorar sus prestaciones³⁸. La primera modificación importante la introdujo al-Jwārizmī en el siglo IX, dando lugar al cuadrante de senos o sinecal, para resolver sus problemas trigonométricos y realizar observaciones astronómicas. La innovación consistió en superponerle una cuadrícula con sesenta intervalos sobre cada eje, la cual estaba limitada por el arco circular de 90°, incorporándole además una plomada suspendida de su centro. Otro tipo de

36. Nombre latino de Johann Müller (1436-1476), matemático y astrónomo, al que se le debe la invención de la trigonometría moderna y la construcción de un observatorio en la ciudad de Nuremberg (1471). Participó en los trabajos previos a la reforma del calendario, de hecho escribió *Kalendarium and De Reformatione Kalendarii*, siendo llamado, a tal efecto, por el papa en el año 1475.

37. Este instrumento evolucionó notablemente cuando se le incorporó un anteojito, siendo a partir de entonces ampliamente usado en observaciones, astronómicas, geodésicas y topográficas.

38. David A. King. *Islamic Astronomical Instruments*. London: Variorum, 1987, repr. Aldershot: Variorum, 1995.

cuadrantes fueron los llamados universales, por ser útiles para solucionar problemas astronómicos en cualquier latitud, los horarios, con los que se media el tiempo por medio de observaciones al Sol, y los de almicantarát, desarrollados a partir del astrolabio, sobre los que se marcaban la eclíptica y algunas posiciones estelares. Tampoco se conservan cuadrantes granadinos, pero si hay uno muy representativo que perteneció a Muḥammad Ibn Mizzī, *muwaqqit* de la gran mezquita de Damasco. De hecho el cuadrante está preparado para la latitud de aquella ciudad ($31^{\circ}30'$), está datado en 1333/1334 y tiene un radio de poco más de 22.3 cm.

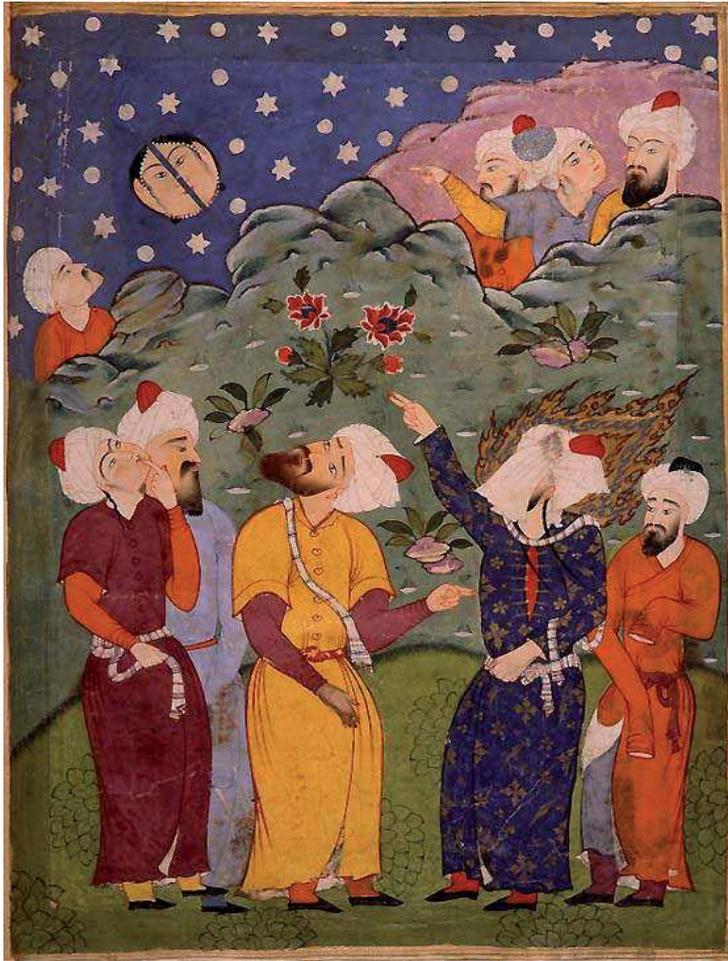
Aunque los compendios astronómicos³⁹ comenzaran a fabricarse en el siglo XV, es probable que alguno se hiciera en Granada. Recibían ese nombre unos instrumentos complejos en los que se integraban otros, conocidos por su empleo individual. Como en los dos casos anteriores no existe en Granada una muestra de los mismos. La verdad es que hay pocos contruidos en talleres musulmanes. No obstante se ofrece la imagen de uno circular de gran belleza contruido sobre un soporte de marfil de 11 cm de diámetro, empleando también bronce dorado para marcar los límites de la corona circular en donde figuran los textos. Uno de sus elementos es un reloj de Sol limitado por varias circunferencias graduadas para poder leer las horas, mediante la sombra de un gnomon abatible. Igualmente lleva incorporada una brújula destinada a replantear la dirección de la Meca, cuya imagen aparece en el centro del instrumento. Se cree que se construyó en el Cairo entre los siglos XVI y XVII, en la actualidad se conserva en el Museo Británico.

Los últimos instrumentos que vamos a referir son los globos celestes, en cuya producción tuvo al-Andalus un protagonismo incuestionable, pues unos de los ejemplares más antiguos, de finales del siglo XI, proceden de Valencia. El responsable de su construcción fue Ibrāhīm ibn Sa'īd al-Sahī l-Wazzan, contando para ello con la ayuda de su hijo Muḥammad. Los globos tienen un diámetro aproximado de 21 cm, conservándose uno en el Museo de Historia de la Ciencia de Florencia y el otro en la Biblioteca Nacional de Francia en París. En los dos se aprecia una clara división ecuatorial que forma un ángulo de unos $23^{\circ}.5$ con la eclíptica, fiel reflejo de la oblicuidad de esta última. En todas las zonas dominadas por el Islam se construyeron globos celestes, en su afán de contar con modelos tridimensionales del cielo, que se convirtieron así en antecedentes de la cartografía celestial actual. Granada no podía

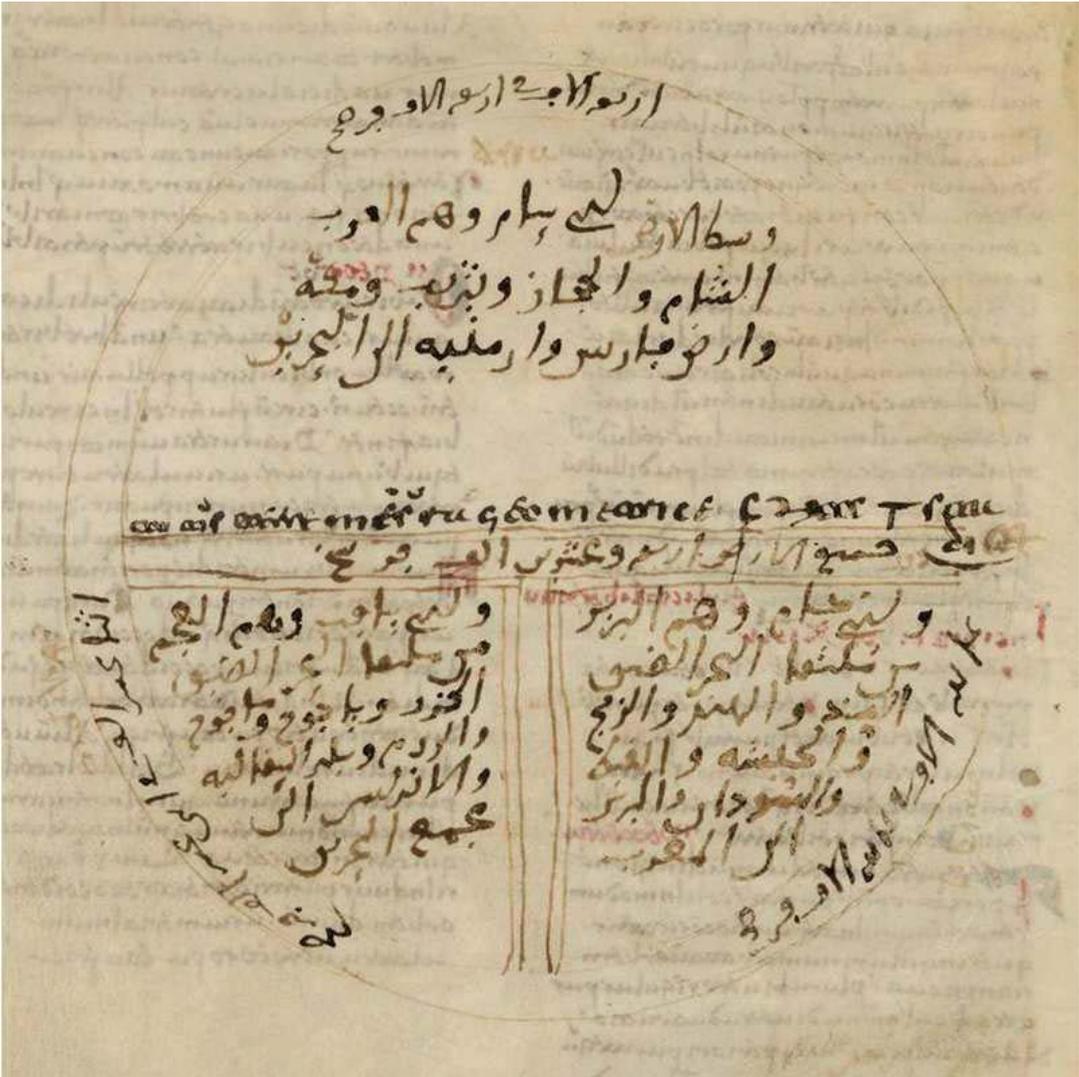
39. Tales instrumentos fueron entregados como presentes a reyes y personajes influyentes, en el museo naval de Madrid se expone uno que perteneció a Felipe II, el cual consta de astrolabio, reloj de sol, brújula y plomada.

ser la excepción, de modo que parece razonable pensar que se construyeran en ella estas representaciones esféricas de la bóveda celeste.

Sin embargo, solo se conserva uno de pequeño tamaño en el Museo de la Alhambra. La esfera celeste de latón expuesta en el mismo es muy tardía, entre los siglos XVIII y XIX, e incompleta ya que aunque no figuren en ella los dibujos de las constelaciones si deberían de aparecer las proyecciones de algunas estrellas. No obstante si lleva grabadas la eclíptica y el ecuador, respectivamente graduados, así como varios meridianos eclípticos. Su procedencia es persa, tiene un diámetro de 20.5 cm y una altura total de 35 cm si se cuenta la peana con dos círculos, y cuatro patas, que lo sustentan.



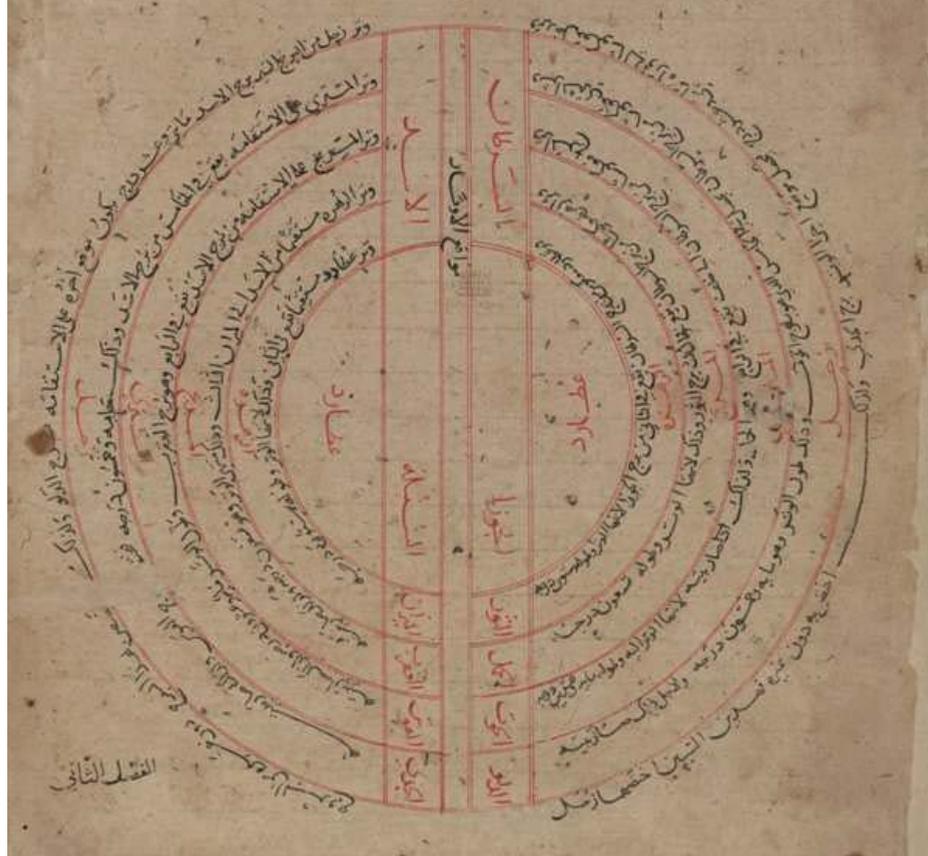
Mahoma, junto a un grupo de seguidores, dividiendo la Luna. La imagen es una acuarela que ilustra un libro persa de profecías, *Falnameh*, pp: 73-74, datado a finales del siglo XVI, que llegó a Viena en torno al año 1700, durante la guerra con los turcos. El supuesto milagro de dividir la Luna en dos (creciente y menguante) es atribuido a Mahoma; comentándose la cuestión en *El Corán*, 54:1-2. Entre algunos musulmanes existe la creencia de que la Luna volverá a dividirse cuando llegue el juicio final. El manuscrito es uno de los llamados Tesoros de Dresde Saxon State Library, *From Faraway Lands*



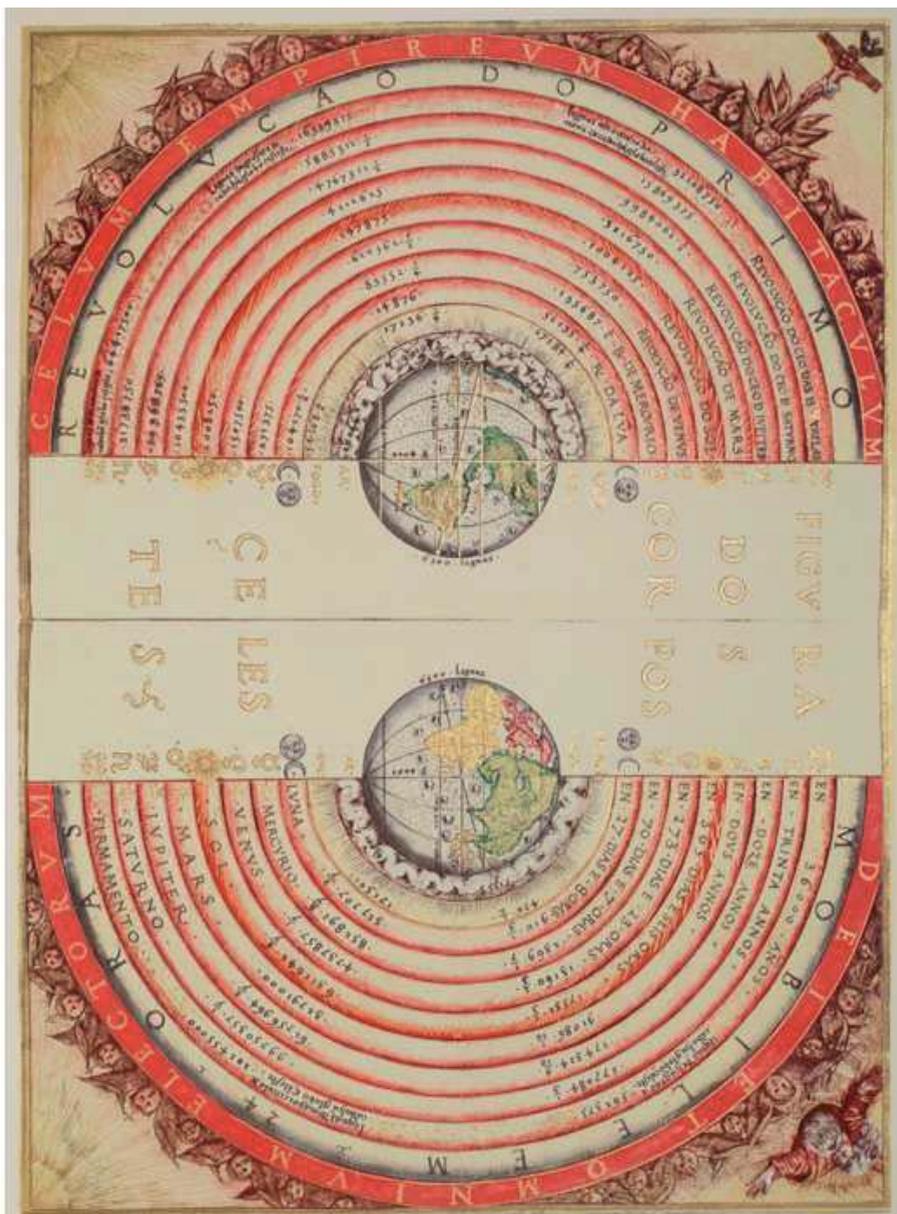
Mapa de T en O que ilustra las Etimologías de San Isidoro.
Biblioteca Nacional. Madrid

من رابع ثمنها بالمرح و احصى القمر من رابع ميعه معكوسا بالحل هصار بينا المربع ثم قالوا الابد للملك من رابع
 حكم في رعيه فاحصفت القمر من رابع بينها ربع القمر هصار المشرك و احصى القمر من ميعه معكوسا
 بالخميس ربع الخوف هصار ايضا بين المشرك ثم قالوا الابد للملك من رابع ربع و ولاحه و عمارة فاحصت
 بالشمس من سادسها ربع احدى هصار الرجل و احصى القمر من سادس ميعه معكوسا بالذو هصار ايضا لرجل والله اعلم

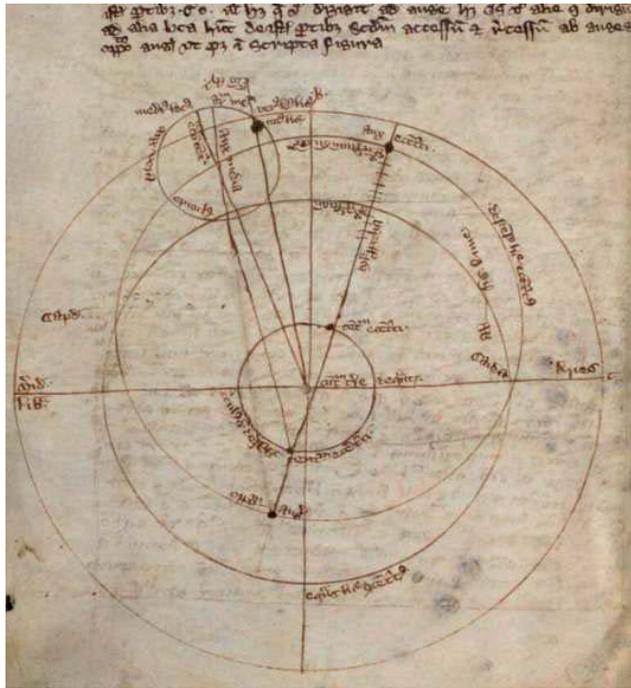
منها و مشار الكواكب المعينه و اخصاصات البروج الاثني عشره



Las moradas de los siete planetas en el Libro de las Curiosidades de las Ciencias. Bodleian Library. Oxford



El Sistema Planetario de Tolomeo. Bartolomeu Velho 1568.
 Biblioteca Nacional de Francia. París



Epiciclos y deferentes en una traducción latina del árabe.
 Ms. Digby 93. Fol.3v. *Bodleian Library*. Oxford



El gran cuadrante astronómico del Observatorio de Samarcanda,
 en la imagen se ha superpuesto la del astrónomo Ulukbeg



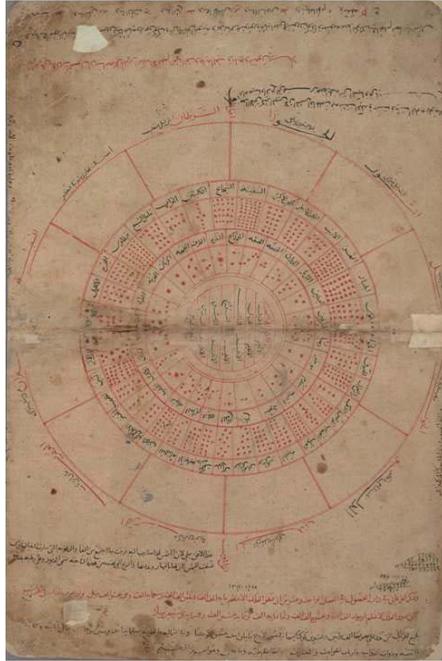
Brújula persa del siglo XVIII que indicaba la qibla. *Museo Marítimo de Londres*



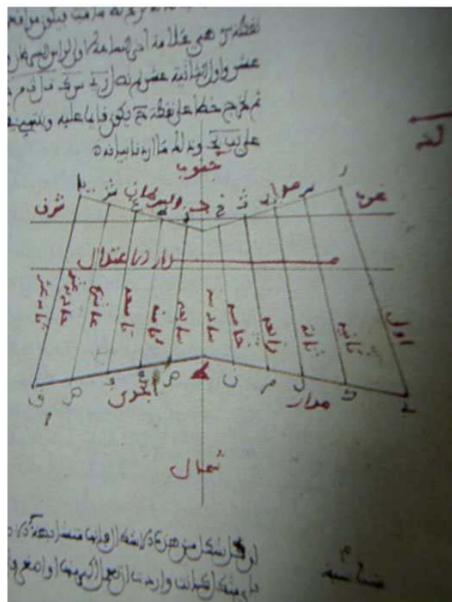
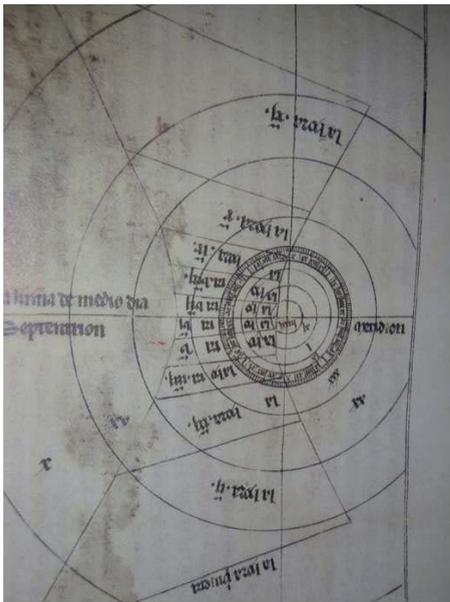
El Salón de Embajadores en la Torre de Comares de la Alhambra de Granada



El astrónomo Euclides con uno de sus discípulos manejando un astrolabio



La visión cosmológica de los árabes en la Edad Media.
 Libro de las Curiosidades de las Ciencias. *Bodleian Library*. Oxford



Dos ilustraciones gnomónicas, la de la izquierda se incluyó en el Libro del Saber de Astronomía de Alfonso X el Sabio y la otra en un tratado de Ibn al-Raqqam



Las dos caras del astrolabio de Ibn al-Raqqam. *Real Academia de la Historia*. Madrid



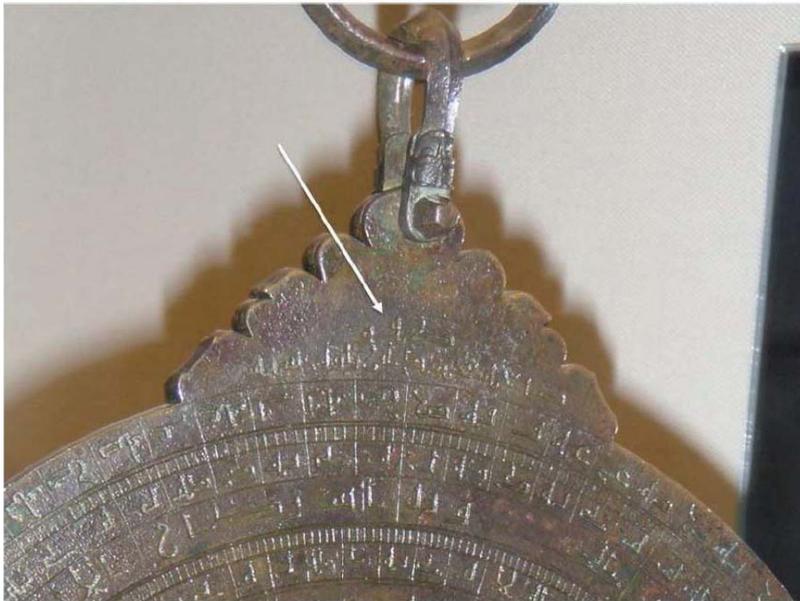
Las dos caras del astrolabio de Ibn Zawal. *Museo Arqueológico y Etnológico de Granada*



Las dos caras del astrolabio de Ibn Baso. *Real Academia de la Historia*. Madrid



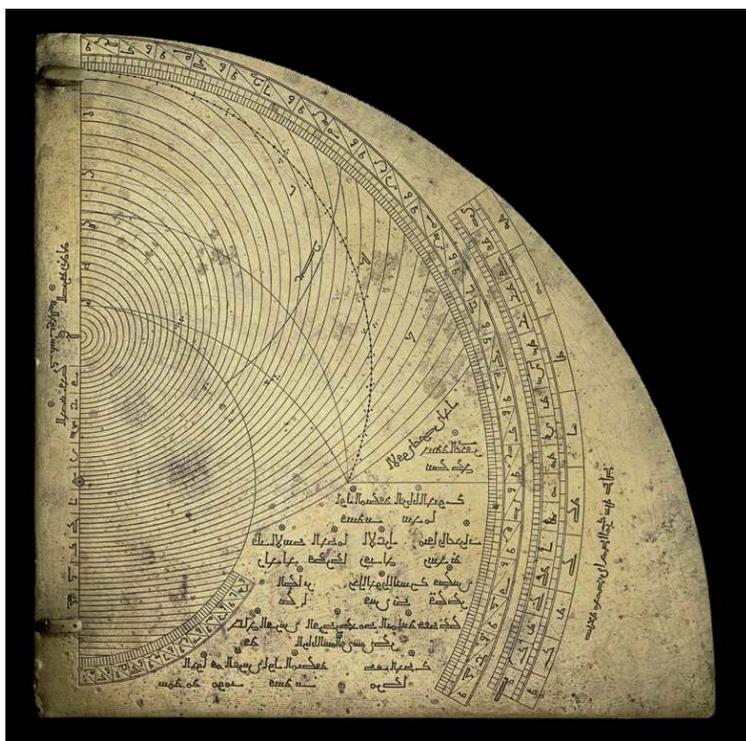
Fragmento de un reloj de Sol. *Museo de la Alhambra*. Granada



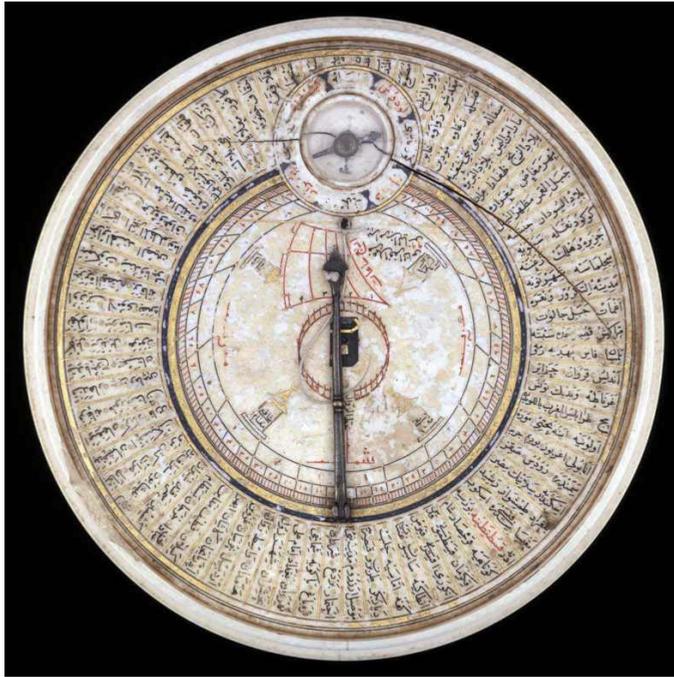
La signatura del último astrolabio granadino: *Lo construyó Muhammad ibn Zawal en el año 886 (h)*



Nocturlabio construido en Colonia (1551) de acuerdo con las directrices de Regiomontanus (*Museo Británico de Londres*). Se ha incluido también un grabado en el que uno de los astrónomos está manejando este instrumento



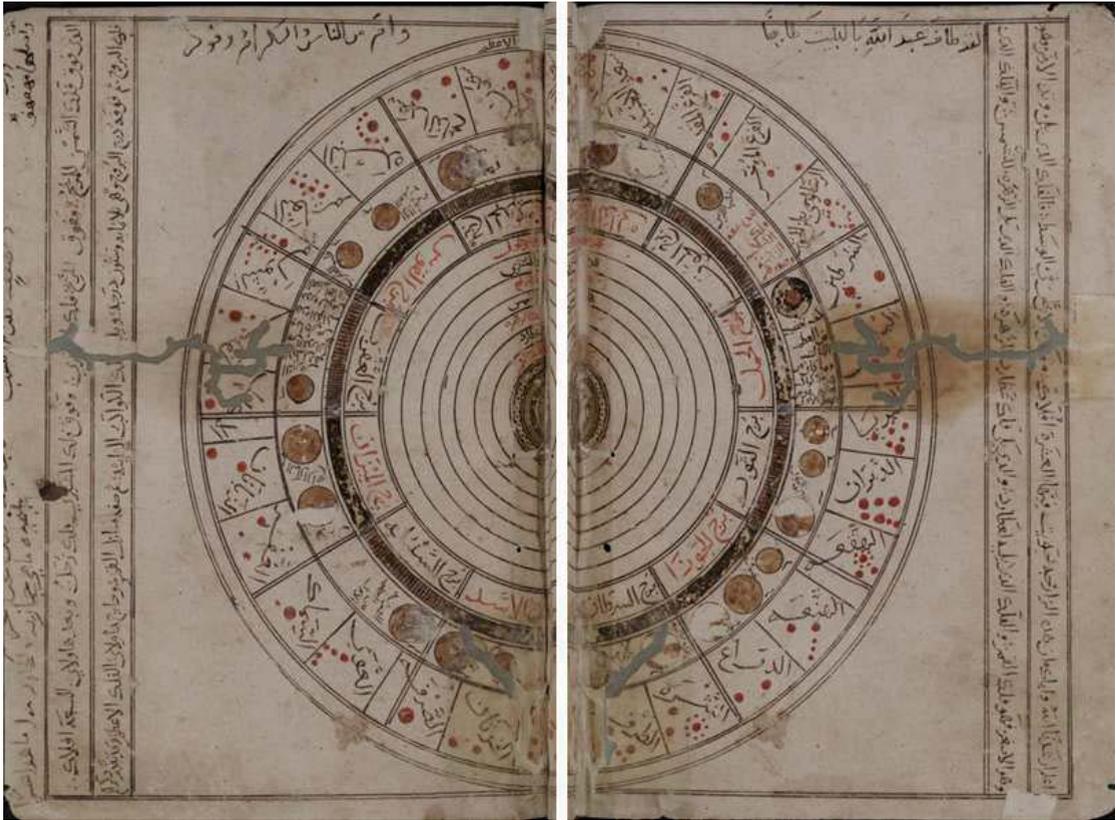
Cuadrante astronómico del *muwaqqit* de la gran mezquita de Damasco (S. XIV). *Museo Británico de Londres*



Brújula, reloj de sol e indicador de la *qibla*. Obsérvese en el símbolo de la Meca en su parte central. *Museo Británico de Londres*.



El globo celeste del Museo de la Alhambra. Granada



Sistema astronómico con las fases de la Luna. *Kitāb al-Bulham* (Libro de las Maravillas). Siglos XIV/XV. Bodleian Library. Oxford

Recibido: 10/12/2009
 Aceptado: 23/06/2010