

EL ASTROLABIO, ILUSTRE ANTEPASADO DEL RELOJ

1ª PARTE



Eduard Farré Olivé

“La proyección de la superficie de la esfera sobre el astrolabio, la explicación de los trazados que presenta, la utilización de este instrumento para todos los diferentes ámbitos en los que es útil; he aquí lo que yo quiero, en la medida de mis fuerzas, exponer claramente. Sin duda este tema ha sido tratado de una manera satisfactoria por mi maestro el muy filósofo Ammonios; ello, sin embargo, reclama una nueva exposición para aquellos que no han recibido instrucción en esta materia. También me ha sido encargado este trabajo para algunos de mis amigos.”

Juan Filópono de Alejandría, el Gramático (s. VI)



fig. 2
Esfera celeste
atribuida a Ibrahim Ibn
Said al-Sahli (c. 1085).
Bibliothèque Nationale,
Département de
Cartes et Plans,
Paris

El astrolabio es un instrumento científico poco conocido en la actualidad que tiene un interés especial tanto por su larga historia como por la complejidad de su concepción; además de la belleza de una realización no igualada por otros artificios que comprende grabados, cincelados y calados en latón y cobre. John Blagrave en el siglo

XVI designó al astrolabio con el apelativo de “joya matemática” lo que resume en un merecido sobrenombre la conjunción de lo bello con lo útil.

Existen, sin embargo, varios instrumentos astronómicos con características y prestaciones muy diferentes que gozan de la común denominación de astrolabio, cuyo nombre procede del griego equivalente a “descubridor de astros”: el astrolabio esférico, el astrolabio lineal, el astrolabio náutico, el astrolabio-cuadrante, el astrolabio universal, el astrolabio impersonal.

Aquí nos referiremos esencialmente a los astrolabios planisféricos la función de los cuales es simular la posición de la bóveda celeste con respecto al horizonte de un espectador situado en una determinada latitud geográfica. El objeto de tal simulación soporta una amplia gama de operaciones como determinar la hora temporal o equinoccial del momento, conocer la duración del día y de la noche para cada día del año, saber qué estrellas serán visibles en una noche concreta y las horas de su salida y puesta, y otros muchos apartados relacionados con la astronomía.

GLOBOS CELESTES Y TERRESTRES

La observación del firmamento, primer vínculo verdaderamente científico entre la comunidad humana y la naturaleza tuvo razones importantes para su precoz desarrollo: la medida del tiempo, la previsión estacional y el establecimiento de calendarios fueron herramientas imprescindibles para permitir el progreso de la agricultura que propició el consiguiente florecimiento de las civilizaciones. El estudio del movimiento de los astros exigió la creación de instrumentos para representar la apariencia del cielo y la de la Tierra así como de su mutua relación. Los instrumentos más antiguos conocidos son los de forma esférica en los que el cielo y la tierra son representados mediante sendas esferas.

La existencia de globos celestes no consta desde unos 500 años antes de nuestra Era. El ejemplar más antiguo conservado es un globo de 65 cm de diámetro que soporta el “Atlante Farnesiano” del Museo Nacional de Nápoles (300 a.C.), al que sigue una esfera de metal hispano-árabe hecha en Valencia por Ibrahim Ibn Said al-Sahli en el año 1081 (fig. 1) y otra sin firmar atribuida al mismo autor (fig. 2).

Algunas de las antiguas escuelas científicas no consideraban la Tierra esférica sino plana; por este motivo los globos terrestres no fueron tan usuales como los celestes; a pesar de ello tenemos referencias de Estrabón de un globo terráqueo construido hacia el año

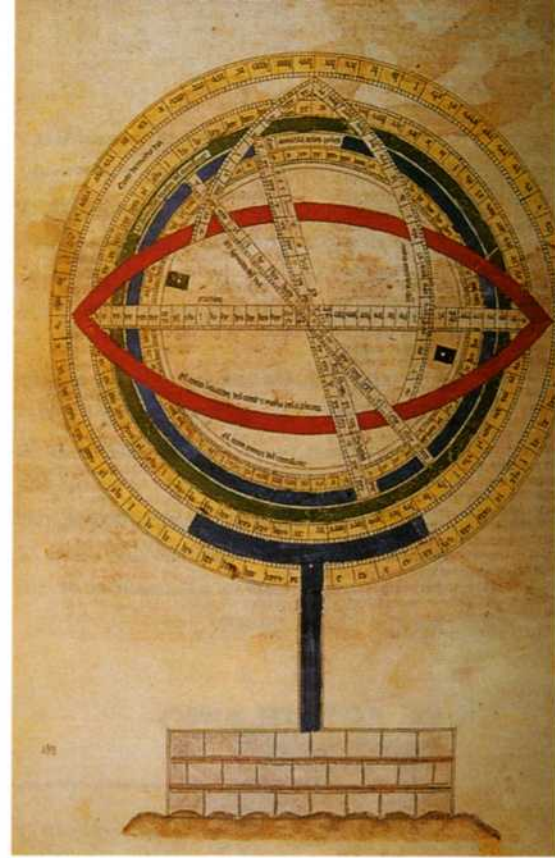


fig. 3 Esfera armilar alfonsí. Libros del Saber de Astronomía (s. XIII)

150 a.C. y también en algunas monedas romanas aparece la imagen de la tierra en forma esférica.

Las esferas celestes y las terrestres servían para simular la apariencia de la bóveda celeste y la superficie terrestre por separado; sin embargo, pronto se hizo necesario combinar ambas imágenes en un solo instrumento para poder encarnar la relación existente entre ambos.

LA ESFERA ARMILAR

La simulación, mediante un modelo, de la concepción que entonces se tenía del universo, fue el origen de la esfera armilar. En este instrumento, un globo terrestre ocupa el centro de una estructura esférica mayor que lo rodea y que representa la esfera celeste. Con la finalidad de permitir la visión del globo terrestre central, la esfera exterior está compuesta por una serie de anillos (armilla=anillo) que contienen las principales coordenadas celestes y que soportan los indicadores de las estrellas más brillantes del firmamento (fig. 3).

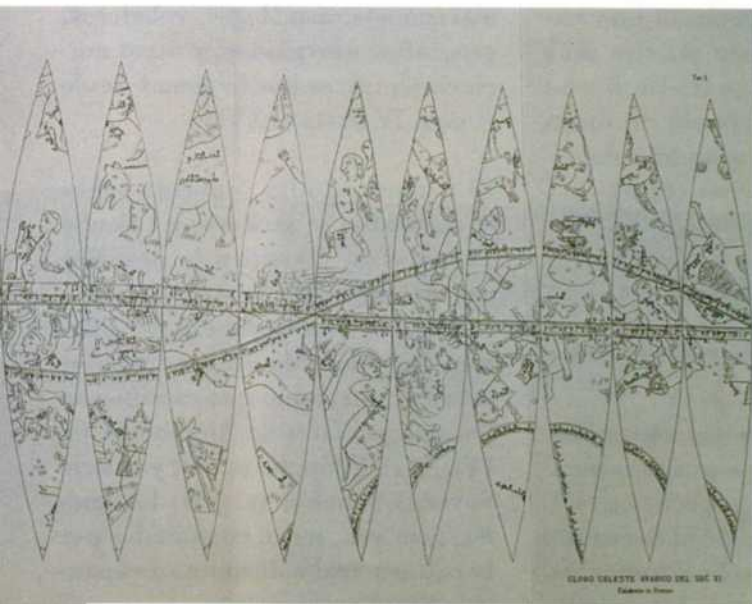


fig. 1 Dibujo desarrollado del globo celeste hecho en Valencia por Ibrahim Ibn Said al-Sahli (1080). Museo de Historia de la Ciencia de Florencia

La esfera armillar ya se encuentra descrita en el “Planisferio” de Claudio Tolomeo (s. II) y son muy numerosos los ejemplares que, contruidos en la Edad Media, han llegado hasta nuestros días (fig. 4).

La estructura de la esfera armillar, siendo un instrumento de demostración no permitía precisar la situación exacta en grados de las estrellas respecto al horizonte del observador, inconveniente que se pudo paliar con la aparición de un nuevo instrumento.

EL ASTROLABIO ESFÉRICO

Para simular la posición exacta y mesurada de las estrellas visibles sobre el horizonte, fue necesario aumentar el tamaño del globo terrestre



fig.4

Esfera armillar italiana (c. 1500). Museum of the History of Science de Oxford

situado en el centro de la esfera armillar hasta entrar en contacto con la superficie interior de la esfera celeste esquematizada al máximo.

Sobre la superficie esférica que representa el horizonte terrestre del observador, encontramos ahora trazadas las líneas de coordenadas que permiten el posicionamiento de las principales estrellas en relación al horizonte local, desde el punto de vista del observador. Con esta estructura, se iba apartando de una representación realista del universo en beneficio de un instrumento de carácter más manejable y útil.

El astrolabio esférico se encuentra descrito detalladamente en Los Libros del Saber de Astronomía compilados en Toledo por el rey Alfonso X el Sabio hacia el año 1276.

Este astrolabio tenía el inconveniente de ser un instrumento demasiado voluminoso y poco transportable por lo que se debieron fabricar muy pocos ejemplares y cedió su lugar muy rápidamente a una variante mucho más funcional. De hecho solo se conoce un único ejemplar completo de astrolabio esférico (fig 5).

EL ASTROLABIO PLANISFÉRICO

Notas históricas

En este instrumento astronómico que llamaremos simplemente astrolabio, las superficies esféricas del cielo y de la tierra son proyectadas sobre sendas superficies planas. El conjunto



fig. 5

Astrolabio esférico construido por un artesano oriental llamado Musa el año 1480. Museum of the History of Science de Oxford.

de los dos planisferios, situados el celeste sobre el terrestre permite, de una manera práctica, la resolución de los principales problemas de cálculo astronómico que se planteaban a diversos colectivos. El astrolabio formó parte indispensable del bagaje de viajeros, astrónomos, astrólogos, religiosos, geógrafos, navegantes, y otros muchos científicos por lo menos desde el siglo IV hasta el XVII.

El primer estudio conocido sobre el astrolabio se atribuye a Claudio Tolomeo (s. II) quien lo describe con el nombre de “instrumento horoscópico”. La herencia de Tolomeo fue recogida en los tratados sobre el astrolabio que escribieron los griegos Teón de Alejandría (s. IV), Juan Filópono (s. VI) y el sirio Severus Sebokht (s. VII) los cuales, a su vez, serán compilados por la cultura árabe durante su expansión hacia occidente.

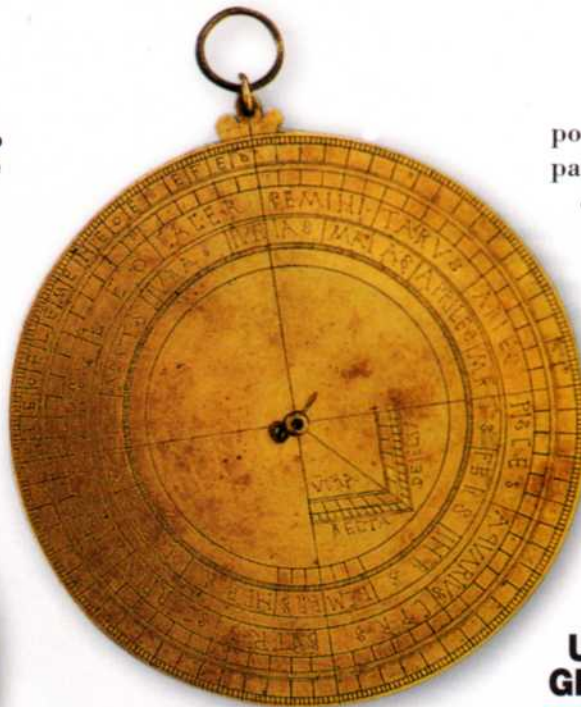
fig. 6
Astrolabio denominado "carolingio" o de Ripoll (c. 1000). Institut du Monde Arabe de París



El primero de los grandes científicos hispano-árabes que además fue profundo conocedor del astrolabio fue Maslama al-Mayriti (?-1007) quien tuvo en Córdoba unos discípulos excepcionales que contribuyeron extensamente a la divulgación de dicho instrumento. Entre ellos cabe destacar Ahmad Ibn al-Saffar (?-1034), autor en Denia de un tratado del astrolabio ampliamente difundido y traducido al latín en Ripoll y su hermano Muhammad Ibn al-Saffar quien fue autor de varios astrolabios, entre ellos los conservados en Edimburgo (1026) y en Marburg (1029).

Posteriormente de escribieron otros tratados en al-Andalus que ampliaban la exposición de al-Saffar a cargo de Ibn al-Sahm de Granada y de Abu-l-Salt de Denia.

Mientras otros artesanos andalusíes se empleaban en la elaboración de instrumentos, como Ibrahim Ibn Said al-Sahli que construyó astrolabios en Toledo y Valencia conservados en Madrid (1066) y en Oxford (1068); Ibrahim al-Sahli es



el autor del astrolabio valenciano que se conserva en Kassel (1086). Otros constructores de astrolabios andalusíes fueron Ahmad Ibn Muhammad al-Naqqas (1080), Muhammad Ibn Said al-Sabban, Muhammad Ibn Said al-Sahli, Ahmad Ibn Husayn Ibn Baso (1265 y 1304), Ibrahim Ibn Muhammad Ibn al-Raqqam (1320) y Muhammad Ibn Zawal (1481) (figs. 8 a 16).

En manos de los árabes el astrolabio vivirá su época dorada y será introducido en la cultura occidental a través de los monasterios de una Cataluña embrionaria. El célebre manuscrito 225 del monasterio de Ripoll, datado del siglo XI, contiene los primeros tratados sobre el astrolabio traducidos literalmente al latín de originales procedentes de al-Andalus y cuyo contenido se divulgó, a partir de Ripoll, a los monasterios de la Europa central. El astrolabio occidental más antiguo que se conoce (fig. 6) procede de la órbita de Ripoll; el grabado latino se supone que fue realizado en Cataluña hacia el año 1000 sobre un astrolabio árabe en blanco procedente del Sur del Ebro.

En el siglo XIII, la escuela de traductores de Toledo bajo la dirección del rey Alfonso X, acabaría

por verter al castellano la mayor parte del saber astronómico árabe de la época; entre las muchas obras traducidas en Toledo destacan varios tratados sobre todos los tipos de astrolabio conocidos entonces. La mayor parte de estas traducciones se conservan en varios manuscritos unidos bajo el nombre de "Libros del Saber de Astronomía" (fig 7).

EL ÉXITO DE UNA PROYECCIÓN GEOMÉTRICA

Para proyectar las esferas sobre el plano, en el astrolabio se utiliza un tipo de proyección llamada estereográfica que se cree que fue conocida ya en tiempos de Hiparco (s. II a.C.). Posteriormente Vitrubio (s. I a.C.) ya describe un reloj anafórico en el que el mapa



fig. 7
Dibujo del astrolabio planisférico de los Libros del Saber de Astronomía (fol. 75v). Biblioteca de la Universidad Complutense de Madrid.

fig. 8
Astrolabio construido en Toledo en 1067 por Ibrahim Ibn Said al-Sahli que se conserva en el Museo Arqueológico Nacional de Madrid (verso y reverso)



del firmamento está trazado según la proyección estereográfica.

Desde la antigüedad se conocen diferentes métodos para trasladar a una superficie plana los astros que se ven aparentemente situados en la esfera celeste; la proyección denominada estereográfica fue un verdadero hallazgo para representar dichas posiciones en los astrolabios ya que cumplía una serie de requisitos importantes como la facilidad para representar sobre un mismo plano la casi totalidad de una esfera, que cualquier círculo de la esfera queda proyectado como una recta o como un círculo sobre el plano y que el ángulo que forman dos líneas trazadas sobre la esfera mantiene su magnitud sobre la proyección resultante.

Además, la proyección estereográfica se empleó en otros ámbitos como fué la cartografía:

“He copiado este mapamundi de una copia del mapamundi de al-Fazari (s. VIII), del que, a su

vez, fue copiado el mapamundi del emir de los creyentes Abd Al.lah al-Ma'mun, hijo de Harun al-Rashid. Fue compilado por setenta sabios del Iraq, que representaron en él la figura de la tierra, aunque no sea ésta una representación perfecta. Porque la tierra es esférica y el mapamundi plano, pero ellos la proyectaron sobre un plano tal como hacen con el astrolabio.”

Tratado de Geografía de al-Zuhri (s. XII)



En el astrolabio se combinan una proyección del horizonte terrestre en la parte fija (lámina) y otra de la bóveda celeste en la móvil (araña).

PARTES DE UN ASTROLABIO

La “madre” es la pieza mayor y consiste en un recipiente cilíndrico poco profundo que lleva adosados diversos elementos para sostener el astrolabio; su interior vacío sirve para albergar varias “láminas”; alrededor de las cuales dispone una corona circular graduada para la determinación de la hora equinoccial; en su parte posterior puede presentar muy diversos trazados: un anillo graduado de 360° con el que se toman las alturas de los astros a través de la “alidada”, un calendario zodiacal y su equivalente en días y meses, un cuadrado de



fig. 9
Astrolabio construido en Toledo en 1068 por Ibrahim Ibn Said al-Sahli que se conserva en el Museum of the History of Science de Oxford



fig. 11

Astrolabio construido por Ibrahim Ibn Said en Valencia el año 1086. Landesmuseum de Kassel

las sombras o escala altimétrica para el cálculo de alturas, longitudes y profundidades terrestres y otras muchas indicaciones más especializadas.

Las "láminas" de las que un astrolabio puede llegar a contener hasta una docena, son delgados discos metálicos



fig. 10

Astrolabio de Ahmad Ibn Muhammad al-Naqqas (1080). Germanisches Nationalmuseum. Nuremberg

perfectamente planos y pulimentados cuyo diámetro encaja perfectamente en el interior de la corona graduada de la "madre"; cada una de las "láminas" está trazada para una latitud geográfica diferente y contiene básicamente la proyección del ecuador y de los trópicos para la medición de las coordenadas ecuatoriales, el horizonte local y las líneas de altura y acimut, entre las que se encuentran el meridiano local Norte-Sur y la línea Este-Oeste, para la medición de las coordenadas horizontales; bajo la línea del horizonte se encuentran las indicaciones de las horas temporales o desiguales y, a veces, de las casas astrológicas. Cambiando la lámina visible por otra de las contenidas en el interior de la "madre", el observador podía realizar mediciones y cálculos para diferentes latitudes geográficas.



La "araña" es una pieza metálica plana, pulida, vaciada y grabada que representa la proyección estereográfica de la bóveda celeste; en ella se encuentra la eclíptica solar o círculo zodiacal con las doce constelaciones graduadas y, dependiendo del astrolabio, entre veinte y sesenta estrellas representadas por las finas puntas de otros tantos garfios cincelados.

La "araña" gira sobre la "lámina" simulando la posición relativa de los astros con respecto al horizonte local; con dicho movimiento, y previa medida de la altura del Sol o de una estrella destacada, se puede determinar la hora solar equinoccial así como la hora temporal; también se puede calcular la hora de la salida y de la puesta de sol para cada día del año, así como la hora de la salida y de la puesta para cada día y para cada una de las estrellas representadas en la "araña", el intervalo de los crepúsculos o tiempo transcurrido entre la salida o la puesta del Sol y la hora de oscuridad total y el cálculo del horóscopo personal o la determinación de la posición de los astros para un día y hora concretos, como es la del nacimiento de una persona.

La "regla" es una pieza con dos cantos opuestos siguiendo la misma línea recta que se superpone a la araña y sirve para simular sobre la misma la posición del Sol en el zodiaco de la araña; uno de los extremos de la "regla" indica las horas sobre la corona graduada de la "madre".

En la parte posterior se superpone una pieza parecida llamada "alidada" que tiene, además de los cantos de la regla, un par de pinnulas agujereadas para tomar a su través la altura del Sol y de las estrellas.

Se comprende fácilmente que el talón de Aquiles del astrolabio planisférico era la gran cantidad de láminas necesarias para realizar mediciones en distintas latitudes geográficas, lo que le restaba precisión al tener que utilizar una lámina correspondiente a una latitud aproximada, habiendo de interpolar los resultados. Por esta razón, en el siglo XI surgió en al-Andalus un nuevo astrolabio de construcción más simple y válido para todas las latitudes, llamado astrolabio universal que llegó a utilizarse esporádicamente como complemento al astrolabio planisférico.

USOS DEL ASTROLABIO

Las utilidades más importantes del astrolabio son las de índole astronómica que ya se han ido viendo al exponer sus partes, piezas y sus funciones; determinar la hora por la posición del Sol u otras estrellas, conocer las estrellas que serán visibles y sus

horas de orto y ocaso, etc. A todo ello hemos de agregar otras utilidades del astrolabio relacionadas con actividades específicas que hemos resumido en los apartados siguientes.



fig. 12
Astrolabio hispano-árabe de principios del siglo XI conocido con el nombre de "Astrolabio de Alfonso el Sabio". Museo Naval de Madrid



fig. 13
Astrolabio construido en Granada en 1265 por Ahmad Ibn Husayn Ibn Baso. Real Academia de la Historia de Madrid. (verso y reverso)



Navegación

La navegación por el Atlántico, cuyo mayor éxito no llegó hasta finales del s. XV con la llegada de Colón a América, fue el fruto de la introducción en Occidente de una serie de nuevas técnicas de navegación aportadas por los árabes, entre las que se cuentan la vela latina, el timón de codastre, las cartas náuticas, la brújula y diversos instrumentos de medida astronómica para fijar la posición como fue el astrolabio y los cuadrantes.

Nos consta que la mejor marina cristiana del s. XII no podía aventurarse a navegar en alta mar más que en muy cortos períodos de tiempo, viéndose restringida a la navegación costera hasta en viajes tan cortos como el de Sant Felíu de Guíxols a Mallorca en el que se acostumbraba a reseguir la costa hasta la desembocadura del Ebro, en lugar de aventurarse al camino más corto que pasa por alta mar. Un ejemplo de lo mal que se dominaba la técnica de la orientación la en-

contramos en la expedición italiana que zarpó de Puerto Pisano en agosto de 1114 con destino a Mallorca y se desvió en alta mar hasta aparecer en Blanes.

En 1140 Raymond de Marsella recoge en su Tratado del Astrolabio los métodos árabes para orientarse en alta mar tomando como referencia las estrellas de la Osa Menor. Este procedimiento, de origen indio, se conocería en Occidente durante la época de los descubrimientos como "Regla de las Dos Guardas".

Los navegantes occidentales aprendieron las técnicas de navegación de los árabes, muchas veces, incorporando los expertos adecuados en sus periplos. Así tenemos el testimonio del piloto árabe de Vasco de Gama, Ahmad Ibn Mayid (Malemí Cana), en su libro Kitab al-faway'id:

"El primer autor de la observación astronómica por medio del astrolabio es Idris, el cual inventó el astrolabio dividido en grados. Los antiguos transformaron estos grados en "isba" ... y el astrolabio ha sido introducido entre los instrumentos náuticos por marinos distinguidos ... ya que los buques navegaban en el Gran Mar orientándose mediante observaciones astronómicas."

La "isba" era una unidad de medida trigonométrica, relacionada con la tangente, que fue introducida en los astrolabios por los navegantes del Océano Indico. También se encuentra descrita con el mismo nombre en el Tratado del Astrolabio de Maslama de Madrid (s. X).

Quizás nunca sabremos la ciencia de origen árabe con la que Cristóbal Colón disponía para atreverse a cruzar el Atlántico, baste saber aquí que contaba con una tabla de declinaciones solares calculada por el astrónomo andalusí Ibn al-Kammad (s. XII) y que, lejos de aceptar los valores escritos, los comprobaba por sí mismo:

"... navegando de Lisboa hacia el sur de Guinea, he observado el trayecto que hacen los capitanes y los marinos; he tomado la altura del Sol con el cuadrante y otros instrumentos en varios sentidos, y he encontrado que concordaba con los datos de Alfargano, es decir, que a cada grado corresponden 56 2/3 de millas ..."

Astrología

Una de las utilidades que se ha dado al astrolabio en todos los tiempos ha sido la del cálculo del horóscopo personal. Para los gobernantes era de suma

importancia conocer la influencia de la configuración de los astros tanto para el presente como para tomar decisiones futuras.

Veamos las palabras que dirige el rey Pedro el Ceremonioso, el mayor impulsor de las ciencias en la Cataluña medieval, al encargar unas nuevas tablas astronómicas (s. XIV):

"Entre las ciencias puramente naturales, la que es de mayor nobleza y mayor excelencia es la ciencia de las estrellas, pues por ésta mediante la influencia de la primera causa se hacen las previsiones y los fundamentos de los regismos imperiales y reales y las duraciones y transmutaciones de sectas, reinos y señoríos temporales, las abundancias, carestías, guerras, treguas, lealtades, traiciones, justicias e injusticias, sequías y epidemias, mortalidades, terremotos y pestilencias terrenales; por los dichos efectos, la ciencia de las estrellas es la de mayor utilidad ... y por ello por reyes, filósofos y grandes señores es amada, buscada e investigada desde antiguo, pues las influencias celestes en tal saber han inclinado a aquellos naturalmente".

De todos modos la astrología tuvo sus detractores desde siempre: "No puede uno asegurarse de la falsedad de la ciencia de adivinar por medio de los astros



fig. 14
Astrolabio con lámina universal y láminas astrológicas de Ahmad Ibn Husayn Baso (1304). Linton Collection, Point Lookout, New York. (verso y reverso)

fig. 15
Astrolabio construido en Guadix en 1320 por Ibrahím Ibn Muhammad Ibn al-Raqqam. Real Academia de la Historia de Madrid. (verso y reverso)



de un astro, de la hora determinada y con la ayuda de una gráfica de direcciones incluida en el dorso del instrumento. Los astrolabios árabes también incluían las horas de las oraciones musulmanas con líneas especiales situadas entre las líneas horarias temporales.

más que después de estudiar esta ciencia". "Maratib al-'ulum" de Ibn Hazm.

En muchos astrolabios existen trazados especiales para el cálculo de las posiciones astronómicas en las que se utiliza una división específica del cielo. Tales divisiones son denominadas "casas astrológicas", existiendo diversos métodos para trazarlas.

Topografía

A pesar de que el astrolabio es principalmente un instrumento astronómico, la facilidad con la que permite la medición de ángulos ha sido la causa de haber incorporado en la parte posterior de muchos astrolabios los llamados "cuadrados de sombras". Se trata de un diseño que da una solución gráfica a los problemas relacionados con el cálculo de tangentes y cotangentes trigonométricas y que se utilizaba conjuntamente con la alidada, a modo de primitivo teodolito, para determinar medidas terrestres como, por ejemplo: altura de edificios, anchura de ríos y profundidades de pozos.



La gran importancia que adquirió el astrolabio en el mundo árabe queda reflejada en el siguiente texto que pertenece a las "Memorias" de Abd Allah, rey de Granada entre los años 1075 y 1090:

"Se cuenta de un sabio que fue visto con un Corán a su derecha y un astrolabio a su izquierda y que, al ser preguntado por la razón que le impulsaba a tener ambos objetos cerca de él, contestó: Con el Corán recito la Palabra de Dios, y con el astrolabio reflexiono sobre la Creación de Dios, porque tenéis que saber que la astronomía es una forma de adorarlo".

Religión

Una función muy importante para los usuarios árabes del astrolabio consistía en determinar la dirección de la Meca a través de la altura observada



fig. 16
Astrolabio construido en Granada en 1481 por Muhammad Ibn Zawal. Museo Arqueológico Provincial de Granada