EL ASTROLABIO, ILUSTRE ANTEPASADO DEL RELOJ



Eduard Farré Olivé

"La proyección de la superficie de la esfera sobre el astrolabio, la explicación de los trazados que pre-

senta, la utilización de este instrumento para to-

dos 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, Départament de
Carles et Plans,
París

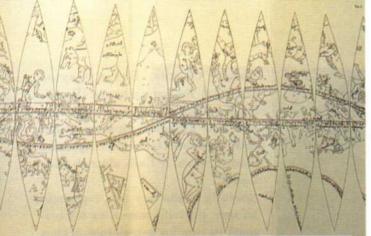


fig. 1 Dibujo desarrollado del globo celeste hecho en Valencia por Ibrahim Ibn Said al-Sahli (1080). Museo de Historia de la Ciencia de Florencia

EL ASTROLABIO DE AL-SAHLI DEL MUSEO ARQUEOLOGICO NACIONAL

Siendo éste un artículo elemental sobre el astrolabio y no pudiendo ser exhaustivos en todos los ámbitos y funciones para las que puede ser útil, hemos seleccionado un astrolabio para describir que constituye una pieza de suma importancia en la historia de la ciencia española.

Nunca el viejo adagio "por sus obras lo conoceréis" ha sido mejor empleado que para poder decir alguna cosa sobre la personalidad de su autor: Ibrahim ibn Said al-Muazini al-Astarlabi al-Sahli, ya que no tenemos otros datos biográficos que los que él mismo grabó en sus instrumentos astronómicos. Afortunadamente debió ser muy prolífico ya que nos han llegado tres astrolabios (fig 8, 9 y 11) y dos globos celestes (fig 1 y 2).

El calificativo "al-Astarlabi" hace referencia a su oficio de fabricante de astrolabios, mientras que el de "al-Muazini", ha sido traducido por "el pesador" y por el de "fabricante de balanzas"; es probable que estuviera especializado en la construcción de diversos instrumentos de precisión. "Al-Sahli" indica su lugar de procedencia o de residencia "el de la Plana valenciana", donde firmó un globo celeste (1081) y un as-

trolabio (1086) aunque sabe-

mos que también residió en Toledo por la firma de los otros dos astrolabios (1067 y 1068). El astrolabio más antiguo de los de al-Sahli (fig. 8) se conserva en el Museo Arqueológico Nacional de Madrid. En el dorso aparece la firma con estas palabras:

"En el mes de Xaban, de las obras que dirigió en Toledo Ibrahim ibn Said al-Muazini al-Sahli. Año 459 de la Hégira."

El año 459 H. corresponde al período comprendido entre el 21 de noviembre de 1066 A.D. y el 10 de noviembre de 1067.

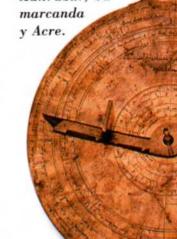
La "mater" de este astrolabio tiene un diámetro de 24 cm y aloja en su interior cinco "láminas" grabadas por las dos caras; el fondo de la "mater" también está grabado, así que se dispone de once proyecciones para ser utilizadas en once latitudes geográficas diferentes que abarcan desde los 22º hasta los 41º 30'. Cada cara está grabada con la latitud para la que es útil con indicación explícita de las ciudades o lugares más importantes que se encuentran en aquella latitud o muy cercanas a ella. También constan, para cada lati-

> tud, las horas equinocciales de su día más largo y del más corto del año.

Estas son las leyendas de las "láminas" ordenadas a partir de la latitud más meridional:

- Latitud de la Meca, guárdela Dios, 22º. Horas de su día más largo, 13 h 21 m y del más corto, 10 h 39 m
- Yatrib, guárdela Dios, y es la ciudad del enviado (sobre él la paz). Latitud 25º. Horas de su día más largo, 13 h 35 m y del más corto, 10 h 25 m
- El Cairo, Carman, Sijilmeza, Siniz y Jannaba. Latitud 30°. Horas de su día más largo, 13 h 58 m y del más corto, 10 h 2 m
- Cufa, Segistam, La Casa Santa de Jerusalem, Tiberíades, Cartago, Xiraz, Alexandría Persa, Ascalona, Rosseta, Tinis, Ramla, Alahuaz, Cairuan, Anathon, Trípoli, Barca, Istahro, (Persépolis), Gaza. Latitud 32º. Horas de su día más largo, 14 h 8 m y del más corto, 9 h 52 m
- Bagadad, Damasco, Fez, Babel, Túnez, Hiat, Barca, Salé. Latitud 33º 10'. Horas de su día más largo, 14 h 14 m y del más corto, 9 h 46 m
- Mosul, Rusafa, Manbij, Almadain (Ctesifon), Chipre, Sicilia,
 Ceuta. Latitud 35° 30'. Horas de su día más largo, 14 h

15 m y del más corto, 9 h 45 m - Almería, Algeciras, Harran, Rasalain, Xahrazur, Sa-



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)

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



Horas de su día más largo, 14 h 33 m y del más

corto, 9 h 27 m

- Sevilla, Málaga, Granada, Todmir, Cerdeña, Samosata, Raha (Edesa), Ray (Teherán). Latitud 37º 30'. Horas de su día más largo, 14 h 39 m y del más corto, 9 h 21 m

 Córdoba, Baeza, Murcia, Jaén, Balj, Jorjan. Latitud 38º 20'. Horas de su día más largo, 14 h 45 m y del más corto, 9 h 15 m

- Toledo, Talavera, Madrid, Calatrava, Uclés, Cuenca, Guadalajara y, de los países del otro lado, Aderbijan, Helat. Latitud 39º 52'. Horas de su día más largo, 14 h 54 m y del más corto, 9 h 6 m

Zaragoza, Calatayud, Daroca,
 Lérida, Huesca, Barbastro. Latitud 41º 30'. Horas de su día más largo, 14 h 5 m y del más corto, 8 h 55 m

En cada "lámina" están grabadas, en su parte superior, las coordenadas horizontales (almucantaras espaciadas de 3 en 3 grados y acimuts de 5 en 5) de la latitud geográfica correspondiente. En la parte inferior se encuentran las líneas de las horas temporales, marcadas con el numeral árabe y el

nombre correspondiente: hora primera, hora segunda, ...

En el espacio de la octava hora se encuentra la línea del final de la hora de la oración musulmana al-Zuhr que empieza al mediodía. En las horas temporales décima y undécima se ubican las líneas del principio y del final de la oración de al-Asr.

La "araña" dispone de indicadores finamente labrados para 26 estrellas que salen de los arcos, radios y del círculo del zodíaco que forman la estructura de la "araña". Las estrellas representadas en este astrolabio son:

"Alayoc (Capella), Arrocha, Alfeca, Alueca (Vega), Arridf (Deneb), Menkeb alfars, Alcaf aljadib, Banat naax (Alkaid), Assimec arrameh (Arcturus), Ain alhaya, Ras alhaue, Altair, Addelfin, Aldebaran, Menkeb alchauze (Belelgeuse), Algomeise (Procyon), Calb alasad almaliqui (Regulus), Danab alcheda, Danab Caytos, Batan Caytos (Diphda) Rechel alchauze (Rigel), Axxire alabor (Sirius), Annir min cauaquib axxecha (Alphard), Chanah algorab (Gienah), Assimec alazel (Spica) y Calb alacrab (Antares)."

Sobre la araña hay una regla móvil que, probablemente no sea original ya que los astrolabios árabes no acostumbraban a disponer de esta pieza.

En la parte posterior del astrolabio gira la alidada con las dos pínnulas para la medida de las alturas angulares. Grabados en el dorso de la "mater" hay una serie de círculos, el más exterior de los cuales está dividido en cuadrantes numerados de 0º a 90º. El círculo próximo es un calendario zodiacal y el siguiente un calendario mensual juliano, relacionados ambos por el primer grado de Aries en el 15 de marzo, como corresponde por la fecha de factura del instrumento. En la zona central hay la inscripción del autor y el cuadrado de las sombras. Los círculos interiores forman un calendario perpetuo con el cual se puede calcular el día de la semana correspondiente a cualquier fecha del calendario juliano.

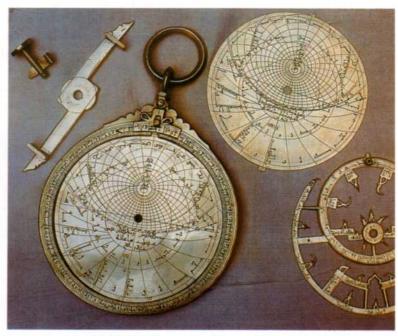


fig. 11 Astrolabio construido por Ibrahim Ibn Said en Valencia el año 1086. Landesmuseum de Kassel

INSTRUCCIONES **ELEMENTALES** PARA UTILIZAR EL **ASTROLABIO**

En este apartado se dan unas nociones básicas para efectuar algunas de las operaciones más simples que se pueden realizar con el astrolabio.

Para ilustrar los ejemplos hemos empleado una versión traducida del astrolabio hispano-árabe de Al-Sahli del Museo Arqueológico Nacional; su uso, sin embargo, nos proporcionará algunos resultados ligeramente divergentes de los que podríamos obtener con un astrolabio calculado y construido para nuestra latitud geográfica, habiendo tallado la araña según las posiciones

TROPICO DE CAPRICORNIO

TROPICO DE CANCER

LIMBO

fig.18 Forma de medir la altura angular de una estrella estelares tomadas de los modernos atlas estelares y adaptado a nuestro calendario mensualzodiacal actual. Elementos de trazado la lámina de la lámina Para poder utilizar el astro-

(fig. 17).

Puede sorprender al lector que, en la línea del horizonte, aparezca el punto cardinal Este a la izquierda del Norte y el Oeste a la derecha; este efecto se explica porque la proyección estereográfica está realizada con el punto de fuga situado en el exterior de la esfera celeste y, en consecuencia, las posiciones que aparecen en el astrolabio son simétricas a la visión que de las mismas tenemos desde la superficie de la Tierra.

ECUADOR 275 270 VI

200 195 190 185 180 175 170

Elementos principales de la làmina astrolabio

HORAS DE LAS ORACIONES MUSULMANAS

Posición de las estrellas

El primer paso para disponer el astrolabio con arreglo a la situación de las estrellas en un momento concreto, consiste en tomar la altura de una estrella conocida. Para ello se debe sostener el astrolabio por la anilla de modo que cuelgue en posición vertical y apuntar a la estrella conocida a través de las pínnulas de la alidada, leyendo su altura en la escala graduada según señale la

Supongamos, por ejemplo, que la estrella elegida por nosotros es Vega v que, en el momento de realizar la medición de su altura con la alidada, ésta se encuentra a 30º de altura sobre el horizonte de levante (fig. 18).

Dispongámonos ahora a utilizar la parte frontal del astrolabio y mo-

HORAS TEMPORALES

labio es necesario conocer en pro-

fundidad la nomenclatura de los

MERIDIANO

distintos

CIRCULOS DE ALTURA

LINEAS DE ACIMUT

mentos que

componen el

HORIZONTE

POLO NORTE CELESTE

fig. 20 Lectura de las posiciones de las distintas estrellas, tras haber posicionado la araña en un momento concreto han puesto recientemente y, por tanto, no serán ya visimina meridiacer halla próxima mientras que Sagitario está acabando de salir (es el sig-200 193 190 185 180 175 170 183 gicamente hablando) y en las próximas horas saldrán suce-

veremos la araña, en el sentido de las agujas del reloj, hasta que el índice correspondiente a la estrella Vega quede situado sobre la línea de altura (almucantara) de los 30°, por la parte izquierda de la lámina por haber tomado la altura sobre el horizonte Este (fig. 19).

Con la araña posicionada correctamente, inmediatamente podemos leer el acimut de Vega: 25º Este-Noreste.

Del mismo modo, y sin mover la araña, se podrán leer las posiciones de los demás astros representados en la araña, por ejemplo (fig. 20): Arcturus se encuentra cerca del cenit, a 66º de altura y 62º de acimut Sureste. Rasalhage se situa a 30º de altura y 12º de acimut Este-Sureste. Altair se encuentra saliendo justo sobre la línea del horizonte a 7º Este-Nordeste. Deneb está a 17º de altura y 47º de acimut Nordeste. Spica se

halla a 42º de altura y 84º de acimut Sur-Suroeste. Capella se encuentra próxima a su ocaso a solamente 11º de altura y 53º de acimut Nordeste. Sirius, Rigel, Betelgeuse y Aldebarán se

> bles esta noche. La constelación de Libra docielo en el no Sur (a 44º de altura), la de Cán-

> > al ocaso.

no ascendiente en este momento, astroló-

sivamente las constelaciones de Capricornio, Acuario y Piscis.

Determinación de la hora durante la noche

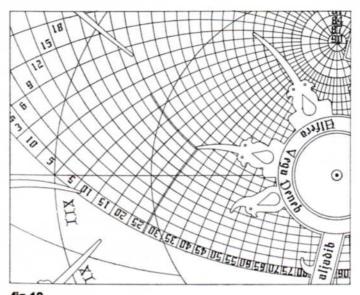
Para saber la hora durante la noche es necesario, en primer lugar, tomar la altura de una estrella y posicionar la araña tal como hemos indicado en los párrafos anteriores.

A continuación debemos conocer en qué grado del zodíaco se encuentra el Sol; para ello contamos con que sabemos la

fecha actual, por ejemplo el 22 de Abril. Con las gráficas calendáricas de la parte posterior del astrolabio y la ayuda del filo de la alidada, hallaremos fácilmente la equivalencia de nuestra fecha con el grado zodiacal de Sol. En la época de Al-Sahli, al 22 de Abril le correspondían los 7º del signo de Tauro (fig. 21).

Ahora volvamos a la parte frontal de astrolabio y giremos la regla hasta situarla, sobre el zodíaco de la araña, en los 7º del signo de Tauro (fig. 22). Este punto representa la posición del Sol en el firmamento e inmediatamente vemos que queda situado hacia la mitad de la hora quinta (las cuatro y media) en la escala de las horas temporales o desiguales, la unidad horaria de uso habitual en la Edad Media.

La extremidad opuesta de la regla ha quedado señalando el grado 340 del limbo del astrolabio. Dividiendo esta cantidad por 15 hallaremos la hora equinoccial (22 h 40 m), que actualmente es la que utilizamos pero en la antigüedad su uso estaba restringido a algunos usos científicos. Los astrolabios latinos substituyeron la graduación del limbo por una escala horaria de 24 horas, ahorrándose la anterior conversión.



Posicionamiento de la araña en función de la altura de 30° tomada a la estrella Vega

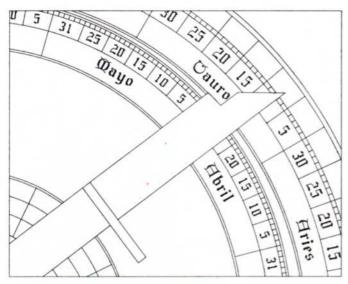


fig. 21 Determinación de las equivalencias entre los calendarios zodiacal y mensual con la ayuda de la aliada

Determinación de la hora durante el día

fig. 22

Determinación de la hora

temporal y equinoccial

durante la noche

Durante las horas diurnas, las operaciones a realizar para hallar la hora son muy similares a las anteriormente descritas, con la salvedad que la estrella a la que hay que tomar la altura es el Sol. Atención: No se apuntará al mismo con los ojos por la peligrosidad que entraña su visión directa. sino que se dejará que un ravo de Sol entre por las dos pínnulas de la alidada mientras se sostiene el astrolabio en posición vertical (fig. 23) y se leerá su altura sobre la escala graduada.

Seguidamente se gira el conjunto araña-regla hasta situar

la intersección del zodíaco con la regla en la línea de altura que se ha determinado, obteniéndose inmediatamente el acimut del Sol y las horas temporal y equinoccial en procedimiento análogo al que hemos seguido anteriormente con la estrella Vega.

Girando el conjunto araña-re-

Cálculo del orto y del ocaso del Sol o una estrella

gla, siempre en sentido de las agujas de un reloj, se puede simular el movimiento acelerado de firmamento y, por tanto, podremos leer las horas en las que los astros representados en astrolabio cruzan la línea del horizonte por Levante (hora de salida) y por Poniente (hora de puesta). 200 195 190 185 180 175 170

Determinación de la altura de un edificio

Con el astrolabio suspendido verticalmente, apuntaremos con la alidada al extremo superior del edifico cuya altura pretendemos conocer; de un modo análogo a como se ha indicado para tomar la altura de una estrella.

Habiendo determinado el ángulo resultante de esta medida y conociendo de antemano la distancia horizontal que nos separa del edificio, podemos calcular su altura trigonométricamente:

altura = distancia x tangente del ángulo.



fig. 23 Determinación de la altura del sol (Pedro Medina: Regimiento de Navegación; 1563)

Sin tener que recorrer al conocimiento de la trigonometría, podemos hallar la razón que existe entre la altura del edificio y la distancia que nos separa de él con la ayuda del cuadrado de las sombras que se halla en la parte posterior del astrolabio (fig. 24).

Al medir el ángulo, nos fijaremos esta vez en la división alcanzada en el cuadrado de las sombras; supongamos que se llegó a la división 7 de las 12 que tiene la recta de la "sombra conversa", entonces la altura de la torre estará en la proporción 7:12 respecto la distancia que nos separa:

altura = 7/12 de la distancia

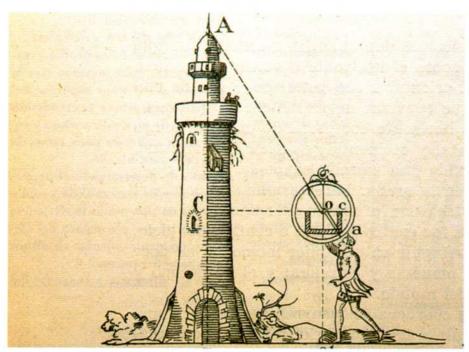


fig. 24 Procedimiento para medir la altura de un edificio con la ayuda de un astrolabio (Juan de Rojas: Comentatorium in Astrolabium; Lutetiae 1551, p. 167)

Si la medida se realiza con la escala de "sombra extensa", entonces la razón será la inversa:

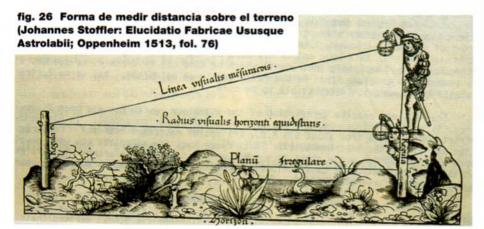
altura = 12/7 de la distancia

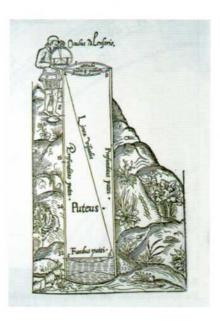
De un modo parecido, se puede utilizar el cuadrado de las sombras para calcular la profundidad de un pozo (fig. 25) o la anchura de un río (fig. 26).

Para no desanimar al lector recién iniciado, acabaremos diciendo que utilizar un astrolabio nunca fué cosa fácil; no en vano los tratados de construcción y uso del astrolabio dedican, por término medio, unos pocos capítulos a los procedimientos de trazado y construcción pero no menos de un centenar a los distintos modos de empleo.

En la época dorada del astrolabio, quien tenía la fortuna de poseer un buen ejemplar podía ser un científico destacado o un poderoso señor, pero quien era capaz de utilizarlo correctamente y extraer de él el máximo partido debía ser muy experto en su manejo.

Una muy interesante aspiración del aficionado a la astronomía podría ser la construcción de su propio astrolabio, para lo cual se puede recurrir a la bibliografía que ofrecemos a continuación. Aunque pueda parecer una curiosidad arqueológica la construcción y uso de un astrolabio nos aproxima a la realidad de los movimientos cósmicos con la elegancia de, según Nicolas Bion (1702), "el más completo y más ingeniosamente inventado de todos los instrumentos de la matemática."





Sistema para medir la profundidad de un pozo (Rei Gemma Frisius: Les Principes d'Astronomie et Cos gie avec l'usage du Globe: Paris 1556, p.96)

BIBLIOGRAFIA

El legado científico andalusí; Madrid: Ed. Ministerio de Cultura 1992

Instrumentos astronómicos de la España medieval; Santa Cruz de la Palma: Ed. Ministerio de Cultura 1985

Al-Andalus. Las artes islámicas en España; The Metropolitan Museum of Art, New York, 1992

GARCIA FRANCO, S.: Catálogo crítico de astrolabios existentes en España; Madrid: C.S.I.C. 1945

GUNTHER, R.T.: Astrolabes of the world; Oxford 1932. Reed.: London: The Holland Press 1976

MICHEL, H.: Traité de l'astrolabe; Paris: Gauthier-Villars 1947 Reed.: París: Alain Brieux 1976

MILLAS VALLICROSA, J.M.: Assaig d'història de les idees físiques i matemàtiques a la Catalunya medieval; Barcelona 1931

PRICE, D.J.: A computerised checklist of astrolabes; New Haven: Yale Univ. 1973

RICO Y SINOBAS, M.: Libros del Saber de Astronomía del Rey D. Alfonso X de Castilla; Madrid 1863-66

SAMSO, J.: Las ciencias de los antiguos en al-Andalus; Madrid: Mapfre 1992

SEGONS, A.P.: Jean Philopon: Traité de l'astrolabe; París, Société International de l'Astrolabe, 1981

VERNET, J.:La cultura hispanoárabe en Oriente y Occidente; Barcelona, Ed. Ariel 1978

VERNET, J.: La ciencia en al-Andalus; Sevilla: Ed. Andaluzas Unidas, 1986

VERNET, J.: De Abd al-Rahman I a Isabel II; Barcelona, Promocions i Publicacions Universitàries 1989

VILADRICH, M.: El "Kitab al-amal bi-l-asturlab" (llibre de l'ús de l'astrolabi) d'Ibn al-Sahmh; Barcelona, Institut d'Estudis Catalans 1986