

# Legado gnomónico de al-Andalus.

Personajes, documentos y  
materiales

Esteban Martínez Almirón



Reloj Andalusi



Legado gnomónico de al-Andalus.  
Personajes, documentos y materiales

© Textos: Esteban Martínez Almirón.  
Córdoba, 2014

Todos los derechos reservados.  
Prohibida la reproducción total o parcial sin la debida  
autorización.

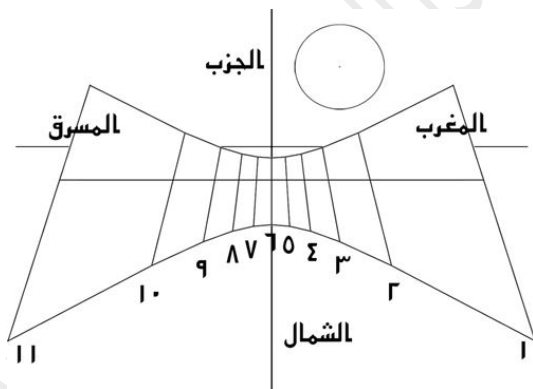
Edición no venal.  
Edición optimizada para su visualización en dispositivos  
móviles.



Ediciones Reloj Andalusí

ISBN: En trámite.  
Depósito legal: En trámite

Legado gnomónico de al-Andalus.  
Personajes, documentos y materiales



Esteban Martínez Almirón

[www.relojandalusi.org](http://www.relojandalusi.org)

# ÍNDICE

PRÓLOGO.....	7
INTRODUCCIÓN.....	11
RECORRIDO HISTÓRICO.....	17
I. La Gnomónica en los primeros reinados.....	17
II. Siglo X: El impulso califal.....	31
III. Azarquiel y la Escuela de Toledo.....	45
IV. Siglo XII: Época de intercambios.....	55
V. Últimas producciones: el Reino Nazarí.....	63
BALATĀS DE AL-ANDALUS.....	75
Usos del tiempo medido.....	75
<i>Balatās</i> en documentos andalusíes.....	83
• Textos y tratados sobre solares.....	84
• Descripción de dos <i>balatās</i> .....	85
• Instrumentos astronómicos según Azarquiel.....	89
• Dos descripciones simples.....	92

• Tratados de gnomónica andalusíes .....	94
Inventario de <i>balatās</i> andalusíes.....	98
• Características comunes a todas las piezas.....	99
• Descripción de las piezas .....	102
EPÍLOGO.....	141
BIBLIOGRAFÍA.....	145
AGRADECIMIENTOS.....	153
APÉNDICES .....	155
Apéndice 1: La Biblioteca de El Escorial.....	155
Apéndice 2: Sobre el término <i>balatā</i> .....	163

# PRÓLOGO

Amigo lector, tienes ante tus ojos seis siglos de historia de la ciencia gnomónica andalusí, tan desconocidos como magníficamente expuestos con escogidas fotografías, ilustraciones personales y aclaratorias del autor así como notas a pie de página para profundizar y dejar constancia de las fuentes documentales de esta exposición.

Esteban Martínez, investigador, profundo conocedor y diseñador de relojes de sol cuyos artículos han sido reproducidos en publicaciones gnomónicas nacionales y extranjeras como la prestigiosa revista francesa L'Astronomie, es el autor, director y único responsable de la página Web de relojes de sol, cuyas páginas nos desentraña y facilita el conocimiento de esta remota

ciencia de la Gnomónica, tan ligada a la inventiva humana, para que cualquier persona pueda acercarse y entender este mundo de los relojes de sol, cuya sombra proyectada sobre un plano nos revela no sólo la hora solar del día en la que nos encontramos sino el mes del año y el tiempo que falta para que se ponga el sol o las horas transcurridas desde el amanecer.

A veces, gracias a su tesón, nos ha sorprendido a todos con el hallazgo fortuito de un magnífico cuadrante solar, rescatado de un olvidado lugar.

Es de agradecer que este estudio pormenorizado ponga un poco de orden en este mundo de la gnomónica andalusí que con tanta claridad y erudición nos invita a realizar a través de

un recorrido clarificador de autores, fechas, obras e instrumentos de la medición del tiempo.

Carlos Esteve Secall  
dr. arquitecto

[www.relojandalusi.org](http://www.relojandalusi.org)

# INTRODUCCIÓN

Ha transcurrido más de medio siglo desde que se publicara la crónica<sup>1</sup> sobre el descubrimiento en Córdoba del primero de los ocho cuadrantes solares de manufactura andalusí, de los que hasta el momento se han localizado. Y también más de treinta años desde que el profesor David A. King, publicara su obra *Three sundials from islamic Andalusia*<sup>2</sup> en la que por primera vez se ofrecía un estudio completo y comparativo de los cuadrantes solares andalusíes recuperados hasta entonces. Con esa excusa vamos a intentar desgranar en las líneas siguientes la aportación que

---

<sup>1</sup> Bajo el título *Un reloj de sol hispano-árabe hallado en Córdoba* del académico Samuel de los Santos Gener, en el Boletín de 1956 de la Real Academia de Córdoba.

<sup>2</sup> Publicada en el *Journal of the History of Arabic Science*, de Alepo, Siria.

en materia gnomónica hicieron los árabes a su paso por la península ibérica durante los casi ocho siglos que, ocupando mayor o menor superficie, permanecieron en ella.



Quizás no se ha reparado lo suficiente acerca de la importancia que la ciencia andalusí dedicada al estudio y trazado de los relojes de sol supuso para el conocimiento de siglos posteriores. Prueba de ello lo he advertido al hojear diversos

textos acerca de la historia de la gnomónica general, de diferentes autores, en los que se pasa de puntillas sobre esta, para nosotros, importante época<sup>3</sup>.

Pero no por tratar de recuperar e intentar poner en el sitio que históricamente le corresponde al conocimiento andalusí sobre los relojes solares podemos olvidar la presencia en Andalucía de objetos gnomónicos de civilizaciones que le precedieron como las piezas de origen romano localizadas, exponente de lo que en gnomónica se conoce como la primera Edad de Oro, y que

---

<sup>3</sup> Una gran excepción a este hecho han supuesto las obras *Appunti per uno studio delle meridiane islamiche*, de Giani Ferrari y Nicola Severino, editada en 1997 y la posterior *Le meridiane dell'antico islam*, de Giani Ferrari, editada en 2011, en las que se recupera y expone, especialmente en la segunda, la larga lista de acontecimientos que durante esta época contribuyeron al desarrollo de la ciencia gnomónica en siglos posteriores.

merecen ser objeto de inventario y estudio diferenciado.

Por todo ello mediante el presente documento, desde el tiempo que no desde la distancia, y desde la mejor intención de quien esto escribe que no es ni historiador, ni arabista, sino sólo una persona interesada en el tema que intenta expresar y compartir sus escasos conocimientos, se desea rendir homenaje a todos los autores árabes que en una época convulsa lograron impulsar la Ciencia y con ella la Cultura y el Entendimiento.

Y también, por qué no, a quienes durante el pasado siglo XX y aún en el presente, se afanan por estudiar y dar a conocer los avances científicos y técnicos desarrollados durante el periodo de pervivencia de al-Andalus, de cuya fuente

necesariamente hemos bebido para la elaboración de estas líneas, y que a su finalización relacionaremos con inclusión de los datos de obra consultada.

La exposición la hemos dividido en dos partes: En primer lugar realizaremos un recorrido cronológico por los autores andalusíes que destacaron en la ciencia gnomónica y/o astronómica/astrológica, con mención obligada a algunos autores árabes orientales en los que se inspiraron, y con referencia a los textos y tratados existentes y a las piezas gnomónicas localizadas hasta el momento, todo agrupado bajo cinco titulares que tratan de corresponderse con los cinco grandes periodos en los que hemos dividido la Historia General de al-Andalus.

En una segunda parte, que hemos denominado *Balatās* de al-Andalus, expondremos, ahora de una manera más detallada, los textos y tratados de origen andalusí en los que se mencionan a los relojes de sol y en la que se incluye un inventario actualizado de las piezas gnomónicas localizadas.

Por último señalar que la transliteración de los nombres árabes al castellano, la hemos realizado generalmente sin anotación de signos diacríticos figurando, no obstante, en el segundo apéndice dedicado a los diferentes nombres dados a los relojes de sol en la Hispania musulmana.

# RECORRIDO HISTÓRICO

## I. La Gnomónica en los primeros reinados

La necesidad del conocimiento de la hora en el ámbito musulmán, tras el desembarco de **Tarik ibn Ziyad** en el 711, se manifiesta desde el primer momento debido a que la práctica religiosa musulmana exige el conocimiento de exactos momentos del día y de la noche, en el primer caso señalados por la longitud de la sombra proyectada por una persona, pero todos asociados a ciertos preceptos y momentos de oración.

Igualmente para el establecimiento de determinados momentos del calendario, como el comienzo de la noche, del día y de los meses, era necesaria la observación de los cielos, del Sol, de la Luna y las estrellas. Todo ello contribuyó al desarrollo de una ciencia astronómica de fundamento religioso –*miqat*<sup>4</sup>- que necesariamente se debió nutrir de expertos en Matemáticas y Astronomía, científicos que aportaron destacadas innovaciones teóricas y prácticas.

Aunque inicialmente la Matemática y la Astronomía desarrollada, se basó en los conocimientos cristianos y mozárabes, traduciendo

---

<sup>4</sup> Es una especialidad astronómica que trata temas con relación directa con el culto islámico, como el cálculo de la *al-qibla*, los momentos de oración, el momento del *hila*, o cuando finaliza la luna nueva y da comienzo un nuevo mes musulmán, etc.

al árabe El Libro de las Cruces, desde el reinado de **'Abd-al Rahman I** (756-788) se estableció contacto con la cultura islámica oriental transmisora a su vez de la tradición científica de raíz hindú y persa y griego-ptolemaica. Este primer intercambio lo consiguió enviando a Oriente, entre otros al astrólogo, cadí y poeta **Abbas ibn Nasih** (m. después de 844) con el fin de conseguir la adquisición de libros con los que iniciar una biblioteca real, cuya existencia se confirma en tiempos del emir **Muhammad** y que continuó desarrollándose bajo la protección de **al-Hakam II** (961-976).



Monumento a al-Hakam II, situado frente a los baños del Alcázar califal de la ciudad de Córdoba

Se estaban poniendo los cimientos necesarios para el afianzamiento de una cultura científica a la que contribuyó de una manera destacada la decisión de varios de sus iniciales mandatarios en el apoyo de la cultura lo que unido a la estabilidad de los primeros tiempos de

presencia árabe posibilitó el florecimiento de una ciencia propiamente andalusí, tanto en el ámbito matemático, que nos ocupa, como en otros campos del saber.

Otro ejemplo del necesario interés por la aplicación del cálculo a la religión lo encontramos en la Mezquita de Córdoba que comenzó a edificarse en el 785 siendo necesarios, ya entonces, expertos en la determinación de la *al-qibla*<sup>5</sup> como **Hanas al-Sanam**, quien tras la ampliación acometida en el 833 fue el encargado

---

<sup>5</sup> La al-qibla es la dirección a la que debe dirigirse el rezo que según la tradición musulmana es La Meca, donde se aloja la Kaaba. La Meca es el centro mundial de peregrinación musulmana debido a las revelaciones divinas a Mahoma que señalaron esa ciudad como el lugar más sagrado de la Tierra. En los inicios del Islam la *qibla* se orientaba hacia Jerusalén, ya que en esa ciudad se encuentra el monte Moria, que fue donde el ángel de Alá

de calcular la dirección de su mihrab<sup>6</sup> con el desacierto de sobra conocido por todos. Al mismo autor también se le atribuye los cálculos de la *al-qibla* de la mezquita de Zaragoza.

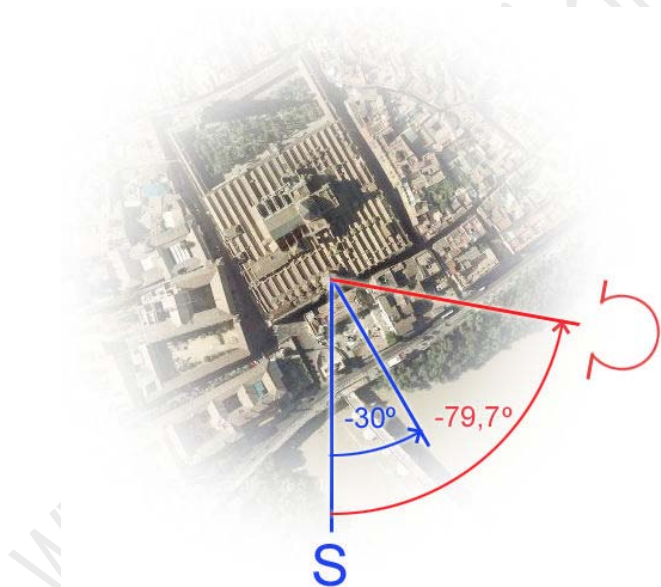
Más tarde **'Abd al-Rahman II** (821-853), elevaba a Córdoba a la altura de Bagdad y Damasco, convirtiéndola en capital intelectual de Occidente. Según un anónimo magrebí en tiempos de este emir fueron introducidas las tablas astronómicas *sindhind*, de tradición india, con base a la redacción dada a ellas en el 830 por el astrónomo **al-Jwaritzmi**, quizás de la mano de **Abbas ibn Firnás** o por el anteriormente citado **Abbas ibn Nasih**. Las tablas astronómicas eran

---

detuvo la mano de Abraham cuando se disponía a sacrificar a su primogénito Ismael.

<sup>6</sup> *Las Ciencias de los antiguos en al-Andalus*. Julio Samsó. Edit. MAPFRE. 1992. Pg. 24

necesarias para conocer el posicionamiento del Sol, y por tanto las entradas en un determinado signo zodiacal, de la Luna y de los planetas en un momento determinado.



Plano de la Mezquita de Córdoba en el que se aprecia el desvío con respecto a la al-Qibla

Bajo el reinado de **‘Abd al-Rahman II**, el poeta y cortesano **Yahya ibn Habib**, era conocido como *Sahib al-munayqila*, u “hombre del relojito”, posiblemente por ser el portador o constructor de una clepsidra<sup>7</sup> señal que desde el primer momento los relojes, en sus diferentes formas de construcción, fueron utilizados por los antiguos andalusíes

**Abbas ibn Firnás** de origen bereber aunque nacido en Ronda y muerto en Córdoba en el año 887, fue un reputado astrólogo al servicio de **‘Abd al-Rahman II** que permaneció como poeta de la corte cordobesa durante el emirato de **Muhammad I** (852-886). Como obra más relevante de este, nos atrevemos a decir, precursor ¡en siglos! de **Leonardo da Vinci** pues intentó volar, añadiremos

---

<sup>7</sup> *Id. id.* Pg. 56

que representó en una habitación de su casa el firmamento, con nubes, estrellas, truenos y relámpagos, fue el constructor de la primera esfera armilar europea que regaló al emir '**Abd al-Rahman II** y de un reloj anafórico en el que, en base a la dedicatoria que incluyó en él, podemos deducir la existencia en su época de instrumentos astronómicos de obtención horaria: relojes de sol, astrolabios ¿quizás nocturlabios?. Este mismo autor construyó una *minqāna* o reloj anafórico, que la ofreció al emir omeya mencionado Muhammad I<sup>8</sup> y en la que figuraba una inscripción de cuyo contenido se deduce la existencia de relojes de sol y otros instrumentos astronómicos en su época y

---

<sup>8</sup> Como se menciona en *Clepsidras y relojes musulmanes*, de Antonio Fernández-Puertas, El Legado Andalusi, Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía. Granada, 2010, pag. 43.

confirma los orígenes religiosos de la terminación horaria.



Puente “Ibn-Firnas” construido sobre el río Guadalquivir a su paso por Córdoba. En primer término monumento erigido en recuerdo del poeta andalusí

Durante el siglo IX comenzaron a utilizarse las cifras árabes o numerales, se hace mención escrita por primera vez en Occidente a la brújula y es cuando comienza a despertar la ciencia y la

tecnología en al-Andalus. Asimismo nuevamente se menciona especialistas en el cálculo de la *qibla*. Tal es el caso de **Abu Ubayda Muslim ibn Ahmad ibn abi Ubayda al-Layt al-Balansi** (m. 888), conocido como *Sahib al-Qibla*, o experto en la determinación de la alquibla<sup>9</sup>, quien a pesar de su especialización en el cálculo religioso de la localización de la Meca cuyos conocimientos fueron adquiridos en Oriente, fue tenido por hereje, y como tal fue tratado por el literato **Ahmad ibn Muhammad ibn Abd Rabbihi** (869-940) quien le dedicó unos versos entre los que figuran los siguientes textos de especial dureza en el trato:

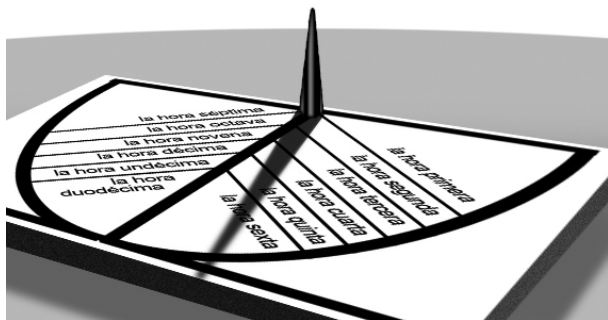
---

<sup>9</sup> La Ciencia en al-Andalus, Juan Vernet, Editoriales andaluzas unidas. Sevilla, 1986.

*Dices que los seres están en una  
esfera que los  
envuelve y fija el destino  
Que la Tierra es una bola que tiene el  
cielo por arriba  
y por abajo y que parece un punto  
Que al ser verano en el hemisferio Sur es  
invierno en  
el Norte y viceversa  
Pero ¿por qué diciembre es en San'a  
y Córdoba y  
septiembre es caluroso en ambos lugares.  
Esto es una prueba y no mera palabrería  
como la que tú  
utilizas, que procede de leyes abstractas y  
contradice la lógica y los hechos.*

A finales del siglo IX vivió en al-Andalus **Qasim ibn Mutarrif al-Qattan** (m. 915?), autor cordobés al que se le atribuye un párrafo del *Kitab*

*al-Hay'a*, obra que se conserva en el ms. Istambul Carrullah, en el que se describe una *ballatā* o piedra rectangular con dos estilos situados en su ángulos “*para saber las horas del día con exactitud*” por lo que podríamos estar ante uno de los primeros tratados astronómicos andalusíes conservados.



Reproducción idealizada en posición horizontal de la *balatā* descrita por Qasim ibn Mutarrif al-Qattan

## II. Siglo X: El impulso califal

La labor cultural continuó a lo largo de todo el siglo X gracias al apoyo prestado por **'Abd al-Rahman III** (921-961) y su hijo **al-Hakam II** (961-976) quienes continuaron la labor cultural iniciada enviando copistas a Oriente (El Cairo, Bagdad, Damasco y Alejandría), llegando a reunir en Córdoba una biblioteca con más de 400.000 volúmenes, que incluían copias de las mejores obras de su tiempo.

Desde la instauración del califato omeya con el nombramiento en 929 de **'Abd al-Rahman III** como *al-Nasir li-din Allah*, la estabilidad en el territorio permitió el florecimiento cultural y la colaboración científica como la establecida entre el

médico e historiador **Arib ibn Said**, obispo de Iliberis, quien con la cooperación de **Rabí ibn Zayd**, el obispo mozárabe **Recemundo**, compuso alrededor del 960 el Calendario de Córdoba, que puede considerarse como el primer compendio que pretende resumir en un solo texto la información que sobre diversas materias ha sido aportada por las culturas que conforman la que ya dejó de ser incipiente y comienza a estar consolidada, cultura autóctona andalusí.

Del Calendario de Córdoba, del que se conserva una versión en árabe y dos traducciones latinas, una de ellas en la Catedral de Vic, se destacan las siguientes notas:

- La cultura latina se encuentra representada en él en lo referente a la inclusión del santoral mozárabe y a la denominación de las prácticas

agrícolas habituales en épocas anteriores, como los períodos de floración y fructificación de especies.

- Asimismo se refleja en él la tradición cultural árabe preislámica en los pronósticos meteorológicos basados en los ortos y ocasos de determinadas estrellas, una especie de predicción basada en la repetición de determinados fenómenos meteorológicos a lo largo del año solar.
- También aparecen referencias entroncadas con la tradición indopersa y griega.
- Se aprecia una relación directa con la astronomía musulmana *miqat*, ya que se ofrecen varios datos directamente relacionados con los momentos de oración islámicos: la altura del Sol a su paso por el meridiano, la sombra que corresponde a dicha

altura, la duración del día y de la noche y la duración de la aurora y el crepúsculo.



Embajada del monje Juan de Gorz ante 'Abd al-Rahman III. Cuadro de Rodríguez Losada del Salón Liceo del Círculo de la Amistad de Córdoba.

Con posterioridad a la redacción del Calendario cordobés y sobre todo como consecuencia de la creación de la **Escuela de Maslama** y de las observaciones y prácticas

llevadas a cabo en Córdoba, Sevilla y Granada, fundamentalmente, la astronomía andalusí se erigió en cuerpo propio, incrementando los fondos científicos de creación autóctona, de los que, como veremos, sólo nos ha llegado una exigua pero importante muestra.

**Abu-l-Qasim Maslamah ben Ahmad al Mayriti** nació en Madrid y murió en Córdoba en el 1008. Fue llamado justamente "El Euclides de España", y dejó un gran legado escrito sobre la ciencia matemática y astronómica, entre los que destacan comentarios a la obra del matemático oriental **al-Jwaritzmi**, sobre el astrolabio, y otros temas. **Maslamah**, quien llegó a ser consejero de **Muhammad ibn 'Abd-Allah ibn Abu 'Amir**, (938-1002) más conocido como **Almanzor**, adaptó junto con su discípulo **ibn as-Saffar** las tablas

astronómicas de *Sindhind*, introducidas como hemos visto en época de 'Abd al-Rahman II. De la original versión de al-Jwaritizmi sólo se ha conservado una versión traducida al latín en el siglo XII, de la copia hecha por Maslamah. En las tablas aparecen los datos referidos al meridiano de Córdoba y las fechas aparecen referidas al calendario lunar musulmán, empleando la hégira como punto de referencia en lugar del calendario persa de origen solar que aparecen en las tablas originales.

Los trabajos de Maslamah y sus discípulos, entre ellos los más destacados, **Ibn al Samh** y **Ibn al Saffar**, no sólo incluyeron el estudio de la tradición india, sino que se introdujeron en la astronomía tolemaica traduciendo al árabe el *Almagesto* y la *Geografía* de Ptolomeo .

**Ibn al-Samh**, nacido en Córdoba y fallecido en 1007, fue el autor de un tratado sobre el ecuadorio<sup>10</sup> utilizando en él parámetros numéricos derivados de **Ptolomeo** y de **al-Battani**. También conocido como Abulcasim, y como al-Muhandis (el geómetra), se vio obligado a emigrar a Granada. Escribió unos comentarios a los *Elementos* de Euclides y varios textos sobre el uso del astrolabio que fueron incorporados a los Libros del Saber de Astronomía de **Alfonso X el Sabio**.

---

<sup>10</sup> Se puede afirmar que el ecuadorio es un invento de origen andalusí, del siglo XI o anteriores, con el que se puede conocer el movimiento de los planetas y la posición de ellos en un momento determinado. Consiste en un disco sobre el que son situados diversas láminas correspondientes a cada uno de los planetas, siendo todas circulares salvo la correspondiente a Mercurio de forma ovalada.

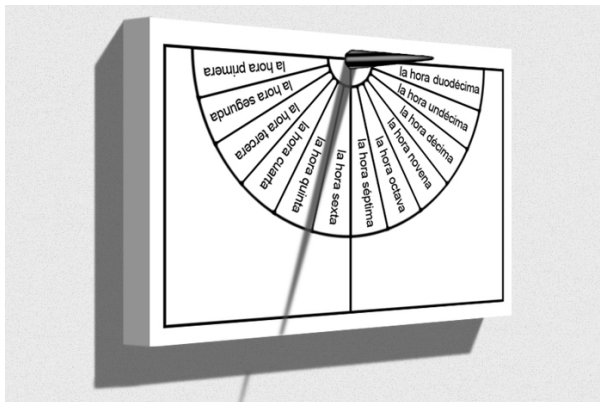


La corte de Abderraman III, según Dionisio Baixeras.1885.  
El cuadro representa a 'Abd al-Rahman III recibiendo en  
Madinat al-Zahra a la embajada bizantina.

**Abu-I-Qasim Ahmed ibn Abdallah ibn Omar al-Ghafiqi**, también fue conocido bajo el nombre de **Ibn al-Saffar**, (hijo de calderero) desarrolló su trabajo principalmente en Córdoba, aunque al final de su vida se retiró a la actual Denia donde murió en 1035. Fue el autor de un tratado

sobre el astrolabio, del que desarrolló varios modelos y compiló tablas según el método hindú del *Sindhind*. Fue el autor de un comentario sobre la *Geografía* de **Ptolomeo**. Introdujo en la astronomía mundial términos tales como *acimut* y *cénit*, nombrados por primera vez en su Tratado sobre el astrolabio.

En el *Kitab al-asrar fi nata'iy al-afkar*, o Tratado de Máquinas, de **Ibn Jalaf al-Muradi** (siglo XI) que se conserva en la Biblioteca Medicea Laurenziana, de Florencia, figura un fragmento atribuido a **Ibn al-Saffar**, con un texto casi coincidente con el atribuido al autor cordobés **Qasim ibn Mutarrif al-Qattan**. Fue asimismo el autor del cuadrante encontrado en Córdoba, en el Camino Viejo de Almodóvar, del que sólo se conserva su mitad occidental.



Reproducción idealizada en posición vertical del cuadrante cuya descripción se atribuye a al-Saffar incluido en el tratado de máquinas de al-Muradi

Además de los discípulos de **Maslamah** ya mencionados, también queremos nombrar a otros que aunque de menor importancia histórica, también tuvieron un papel relevante como le ocurrió al hermano de **Ibn as-Saffar**, **Muhammad**, **Abu Muslim ibn Jaldun**, **al Kirmani** e **ibn al-Jayyat**.

El propio **Ibn as-Saffar** creó escuela teniendo noticias, como discípulos suyos, del astrolabista **Ibn Bargut** y de **Muhammad ibn Said as-Sabban** de quien se sabe que trabajó en Guadalajara y del que se conserva un astrolabio construido por él.

La mayoría de los relojes de sol localizados hasta hoy pertenecen a esta época. Incluso uno de ellos, el que a nuestro parecer muestra el trazado de mejor acabado, y que fue localizado en un solar del Camino Viejo de Almodóvar, en la ciudad de Córdoba, está firmado por **Ibn as-Saffar**. Sirva esta entrada para comentar la totalidad de los restos de piezas gnomónicas localizadas hasta hoy, las más antiguas conservadas del mundo islámico.



عبد الملك بن سفيان

Firma del autor "Obra de ibn as-Saffar"

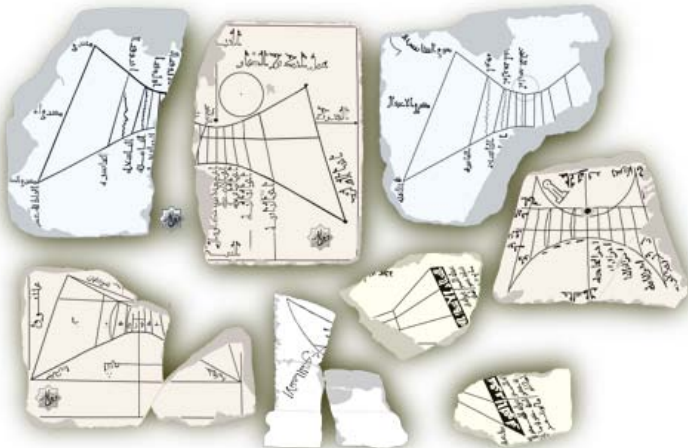
- Un segundo reloj de grandes dimensiones, del que hasta hoy sólo se han rescatado dos piezas en sendas excavaciones realizadas en el entorno cercano al Alcázar califal de Córdoba, una expuesta en los Baños Califales y otra en el Museo Arqueológico de Córdoba.
- En la ciudad palatina de Madinat al-Zahra, la *ciudad de la flor*, situada a unos 7 kms. al oeste de Córdoba se han hallado tres cuadrantes solares en el conocido como Patio de los Relojes.

- En el Palacio de la Alhambra, en Granada, concretamente en el Museo de Arte hispanomusulmán, se encuentra expuesto un ejemplar que presumiblemente procede de Córdoba.
- En el Museo de Almería existen dos piezas pertenecientes a un reloj de sol, localizada la más antigua en unas excavaciones realizadas en 1956 en un aposento de la Alcazaba de Almería, junto a la muralla norte.
- En el Museo Arqueológico Municipal de Sagunt (Valencia) se conservan tres fragmentos de mármol grisáceo de lo que fue un cuadrante–calendario solar con algunas líneas e inscripciones en escritura nasji<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> Es el estilo de escritura caligráfica más básico, siendo clara y rápida al mismo tiempo y la más utilizada en los manuscritos.

Los relojes comentados son descritos con más detalle en la segunda parte del presente trabajo denominado *Balatās de al-Andalus*.



Dibujos esquemáticos de la totalidad de cuadrantes solares andalusíes localizados

### III. Azarquiel y la Escuela de Toledo

La guerra civil mantenida desde 1009 a 1031 y la abolición del califato cordobés, obligó a muchos sabios y científicos a emigrar a otras ciudades más tranquilas. Valencia, Zaragoza, Sevilla y Toledo, fueron algunos de los lugares elegidos donde poder seguir desarrollando sus estudios y observaciones.

Precisamente en Toledo, el califa **al-Ma'mun** propició la creación de un grupo científico bajo la presidencia del cadí de la ciudad **Abu al-Qasim ibn Said** (1029-1070), quien dirigió un equipo de científicos, entre los que se encontraban '**Alí ibn Jalaf, Ibn Burgut y Abu Ishak Ibrahim ibn Yahya al-Zarqali**, también conocido como **Azarquiel**. Este último inició la confección de las Tablas de Toledo,

consideradas como una adaptación de los trabajos de **al-Jwaritzmi** y de **al-Battani**, ya que contienen la misma información que éstas pero enriquecidas con un mínimo número de datos procedentes de la observación directa y la adaptación a las coordenadas de Toledo de los datos de aquéllas.

Las Tablas de Toledo fueron finalizadas por **Azarquiel**, nacido en Toledo en 1029. Aunque sus comienzos fueron de simple constructor de instrumentos astronómicos, de ahí su apodo *an-Naqqax* (el artesano), poco a poco fue enriqueciendo sus innatas habilidades con el conocimiento adquirido, lo que unido a su natural ingenio le convirtió en el más destacado científico del grupo de Toledo, ciudad en la que permaneció hasta 1085, ya que tras la conquista de la ciudad

por **Alfonso VI**, se trasladó a Córdoba, donde murió en el 1100.



**Azarquiel** está considerado como el más notable de los astrónomos: gran observador y con amplio conocimiento de los movimientos de los astros, construyó magníficos instrumentos de observación, entre ellos relojes de sol muy valorados aunque por desgracia no nos ha llegado ninguno de ellos. Junto con **Ali ibn Jalaf**

confeccionó diversos astrolabios universales, instrumentos que fueron exportados y profusamente utilizados en Oriente. Asimismo fue el autor de la obra *Suma referente al movimiento del Sol*, fruto de 25 años de observaciones.

Diseñó igualmente otros instrumentos de observación de una gran precisión, como un tipo de astrolabio denominado al *Safíhah*, o azafea, que supuso una mejora de los instrumentos confeccionados hasta entonces, porque podía usarse indistintamente en cualquier latitud al usar un tipo de proyección diferente a la habitualmente usada hasta entonces. En el observatorio Fabra, de Barcelona, se conserva una azafea realizada en 1252 por **Muhammad ibn Muhammad ibn Hudayl**.

En el prólogo de la segunda parte del *Tratado del uso de la azafea zarqaliyya*. escrita por

**Azarquiel** que se conserva en la Biblioteca Nacional de París, comenta en un breve pasaje los distintos instrumentos astronómicos en uso en su época, dividiéndolos entre los cuadrantes solares que denomina como instrumentos de sombra o sombríos (*zilliyya*) y los rayosos (*su'a'iya*).

Por último decir que también **Azarquiel** fue conocido por un reloj anafórico construido por él, que le dio un gran prestigio y acrecentó su fama. Instalado en las afueras de Toledo, a las orillas del Tajo, se trataba de dos recipientes de agua que se llenaban o vaciaban de agua según la fase creciente o menguante de la Luna y mediante el que determinaba la hora del día y de la noche así como los días de los meses lunares.



Ecuadorio de Azarquiel y esfera armilar. Exposición  
La Ciencia andalusí. Fundación La Caixa

**Azarquiel** tuvo numerosos discípulos, entre ellos **Ibn al-Kammad**, quien elaboró unas tablas astronómicas realizadas bajo la clara influencia de éste. Otro de sus discípulos fue **Ibrahim ibn Sa'íd al-Sahli**, quien primero en Toledo y después en Valencia construyó numerosos instrumentos astronómicos entre los que destacan astrolabios, de los que se conservan ejemplares en el Museo Arqueológico Nacional, en Madrid, y en el Museo de Historia de la Ciencia, en Oxford, y globos celestes, que se exponen en el Museo de Historia de la Ciencia de Florencia y en la Biblioteca Nacional de Francia, en este último caso, atribuido a él.



Astrolabio y láminas de Ibrahim ibn Sa'id al-Sahli.  
Museo Arqueológico Nacional. Madrid.  
Imagen: Antonio J. Cañones

A finales del siglo XI y comienzos del XII destacamos la presencia de dos matemáticos y astrónomos de importancia en al-Andalus. **Ibn Muadh al-Yayyani**, cadí de Jaén, muerto hacia 1079, fue el autor del primer tratado conocido de trigonometría esférica en el que se encuentran por primera vez teoremas como los del seno, coseno, de Geber, de las cuatro cantidades, etc. Compuso las Tablas de Jaén., en las que entre otros contenidos, se describe el método de obtención de la línea meridiana o eje Norte-Sur, mediante el método indio –un gnomon con un círculo en el que se señalan los momentos en que la sombra de su extremo coincide con él- pero en el que aparece por primera vez en textos conocidos, una importante modificación que lo hace más certero. El método consiste en el trazado de no uno sino de varios

círculos concéntricos con lo cual se obtiene más precisión en el cálculo.

**Abd al-Aziz ibn Abu Salt al-Andalusi**, nacido en Denia y fallecido en Túnez tras emigrar a los 28 años a Egipto, es el autor del tercer tratado conocido sobre el ecuadorio y uno sobre el astrolabio.



Reproducción facsímil del *Tratado de trigonometría esférica*. Ibn Muadh. siglo XI. Exposición la Ciencia andalusí. Fundación La Caixa

## IV. Siglo XII: Época de intercambios

Durante el siglo XII y tras la ocupación de al-Andalus por los almorávides y almohades, los científicos pudieron desarrollar su labor sin demasiado obstáculo. Sólo en ocasiones, los filósofos y en general los intelectuales que opinaban sobre temas religiosos pudieron tener problemas que les llevarían al destierro.

Tal fue el destino que acompañó en algunos momentos de su vida al gran médico, filósofo y mejor científico **Abu'l Walid Muhammad ibn Rushd**, conocido como **Averroes**. Nacido en Córdoba en el 1128, hijo y nieto de jueces, dedicó su juventud al estudio de la filosofía y la medicina entre otras ciencias. Desarrolló una intensa vida

intelectual destacando sus obras en materias tan diversas como filosofía, matemáticas, música y derecho. Como astrónomo hacia 1153 desarrolló observaciones astronómicas en Marrakech y escribió *Kitab fi-Harakat al-Falak* o tratado sobre el movimiento de la esfera. Fue otro de los autores árabes que resumió el *Almagesto* y lo dividió en dos partes: descripción de las esferas y movimiento de las esferas. Murió en Marrakech en 1198 aunque su cadáver fue trasladado a Sevilla, donde fue enterrado.



Estatua de Averroes en piedra, junto a las muralla de Córdoba

Otro destacado pensador y discípulo de Averroes, **Musa ibn Maymun, Maimónides**, médico, rabino y teólogo judío que nació en Córdoba en 1135 y falleció en El Cairo en 1204, y que ejerció una enorme importancia, como filósofo y religioso, en el pensamiento medieval. La aportación de Maimónides y de Averroes a la astronomía fue destacada al contradecir, cada uno por su cuenta, los postulados expuestos por **Ibn Bayya** (1070-1138), **Avempace**, acerca del sistema mecánico celeste, quien a su vez refutaba las teorías de **Alhacén** (965-1039) quien se decantaba por la versión tolemaica del universo en lugar de la visión de las esferas homocéntricas de Eudoxo y Aristóteles, expuesta en su obra *Configuración del mundo*, traducida al latín y al romance en tiempos de Alfonso X.



Estatua de Maimónides, en el corazón  
de la Judería cordobesa

**Maimónides** fue el autor de varias obras de importancia entre las que se encuentra la *Mishnab* en la que en un breve comentario, escrito en judeo-

árabe pero con caracteres hebraicos, se describe un *Eben basa'ot* o reloj de sol.

En la misma época cabe destacar en el ámbito astronómico otros autores como **Ibn al-Ha'im al-Ixbiliy**, autor de unas tablas astronómicas, **Ibn Yabr**, autor de una obra sobre astronomía, **Al-Ishbili abu Muhammad Yabir ibn al Aflah** nacido en Sevilla y muerto hacia el año 1150, quien fue un matemático muy importante además de transmisor de toda la ciencia matemática precedente. Sobre astronomía escribió la obra *Kitab al Hayah* que fue traducida al latín y en la que incluye la primera descripción de un *torquetum*<sup>12</sup>, cuya invención se atribuye a **Reggiomontano**.

---

<sup>12</sup> El torquetum es un instrumento astronómico con el que se calcula la posición de los cuerpos celestes ajustada a una hora y fecha concreta. Aunque fue descrito inicialmente por

Durante la época de dominación almohade se produjeron numerosos intercambios científicos entre Europa y África, como ya hemos visto, y Europa y Asia. Ejemplo de esto último lo encontramos en **Yahya ibn abi Sukr**, astrónomo y matemático granadino que trabajó en Siria y en Maraga, capital del imperio Mogol al servicio del emperador **Hulagu**.

Otro destacado científico de la época fue **Abu Ishaq nur ed-Din al-Bitrushi**, conocido en Occidente como **Alpetragius**, que nació en Los Pedroches (Córdoba) y murió en 1204, y que

---

Ptolomeo en el siglo II, no fue hasta el siglo XII cuando se conoce la realización de un torquetum, tal como se describe en el *Kitab al Hayah*. Con posterioridad hubo otras descripciones, como la realizada por Regiomontanus, en el siglo XV, y que con posterioridad fue considerada, junto con los estudios publicados sobre trigonometría esférica, tenían fundamento en los trabajos desarrollados inicialmente por Yabir ibn Aflah.

publicó el libro titulado *Kitab al Hayah* o *Libro de la Forma* en el que se expone una nueva teoría relativa al movimiento de los astros. En su *Tratado de Astronomía* combatió la hipótesis de los epiciclos de **Ptolomeo**.

Por último citaremos a **Abu 'Alí al-Hasan al-Umawi Jalaf al-Qurtubi** (m. 1206) ya que en su *Kitab al-anwa'* o *Tratado de astrometeorología*, aparece mencionado un reloj de sol cónico denominado *mukhula*.

## V. Últimas producciones: el Reino Nazarí

Con la derrota almohade de las Navas de Tolosa (1212), el territorio en manos árabes, después de más de quinientos años de permanencia en buena parte del territorio peninsular, quedaba reducido al reino de Granada, que ocupaba esencialmente las actuales comarcas surorientales andaluzas y toda la franja litoral desde Tarifa hasta la parte occidental de Murcia.

La victoria cristiana acabó con tres siglos de avances científicos y tecnológicos experimentados en un territorio de extensión desigual que se constituiría en parte importante de la cultura científica venidera, representada fundamentalmente por Alfonso X, quien fue un auténtico impulsor del

conocimiento científico y de la transmisión a occidente de los avances y descubrimientos de al-Andalus de los siglos anteriores.



Facsimil de los Libros del Saber de Astronomía, de Alfonso X el Sabio

Tras la diáspora motivada por la conquista castellana, se continuó con la actividad científica y astronómica, siendo buena prueba de ello la producción del sevillano **Muhammad Ibn Fattüh al-**

**Hama'iri**, autor de dos tablas astronómicas y uno de los más reputados constructores de instrumentos astronómicos –*alat*- del siglo XIII. De él se conservan catorce astrolabios, uno de ellos grabado en latón expuesto actualmente en el Museo Batha, de Fez, que fue construido en 1218 en la Mezquita de los andalusíes, como consta en el dorso la propia pieza de 21 cms. de diámetro<sup>13</sup> y un segundo realizado en 1220 y del que sólo se conserva la red y el limbo<sup>14</sup>, y que actualmente forma parte de una colección particular.

---

<sup>13</sup> *“Se constituyó en habus para merecer los favores y el perdón de Dios Supremo, en provecho de los minbar de la Mezquita de los Andalusíes de la ciudad de Fez, la protegida de Dios Supremo”*

<sup>14</sup> Colección particular, como se menciona en el catálogo de la exposición *Al-Andalus, el legado científico* celebrada en 1995 en Ronda, pg. 73.

Durante los reinos nazaríes (1237-1492), y debido a la cierta estabilidad en que durante casi todo el periodo se mantuvo el territorio, se afianzó el interés científico iniciado en los siglos anteriores, aunque a un ritmo mucho menor que el desarrollado hasta entonces debido en parte a la diáspora intelectual del reino de Granada, migratoria a territorios de África y Oriente, donde continuaron desarrollando la ciencia astronómica base de la gnomónica. Se tiene conocimiento de que el rey mogol **Hulagu** en Maraga quería redactar unas nuevas tablas astronómicas coincidiendo en el tiempo con el mismo deseo de Alfonso X. **Hulagu** llevó a cabo su empeño gracias a la labor de **Nasir al-Din Tusi** (1201-1274) quien compuso en Maraga las Tablas Iljaníes. Junto a **al-Din Tusi**

trabajaron numerosos astrónomos de diversas nacionalidades entre ellos **Yahya b. Abi Sukr.**



Sala de los Reyes de la Alhambra

Otro personaje célebre en su tiempo fue **Muhammad ibn Ridwan ibn Muhammad ibn Ahmad ibn Ibrahim ibn Arqam al-Numayri**, natural de Guadix. Estudió aritmética, geometría y

astronomía, llegando a conseguir ser reconocido como sabio noble con mucho prestigio en su época. Fue nombrado *qadi* de su ciudad natal y de Purchena y escribió un libro sobre el astrolabio lineal, inventado por el persa Saraf al-Din **al-Tusi** (m.1213). Murió en 1259.

Mantenemos desde el comienzo de este artículo que religión y gnomónica son conceptos que van parejos de la mano de la *miqat*. Buena prueba de ello es la existencia de los *muwaqqits* o calculadores de la hora, que como en el caso de la Mezquita alhama de Granada, su astrónomo jefe fue **Hasan ibn Muhammad ibn Baso** (m.1316/1317), probablemente la misma persona que **Ibn Bas al-Islami** autor en 1274 de un tratado sobre el uso de un astrolabio universal, diferente a la azafea ideada por **Azarquiel** y que igualmente

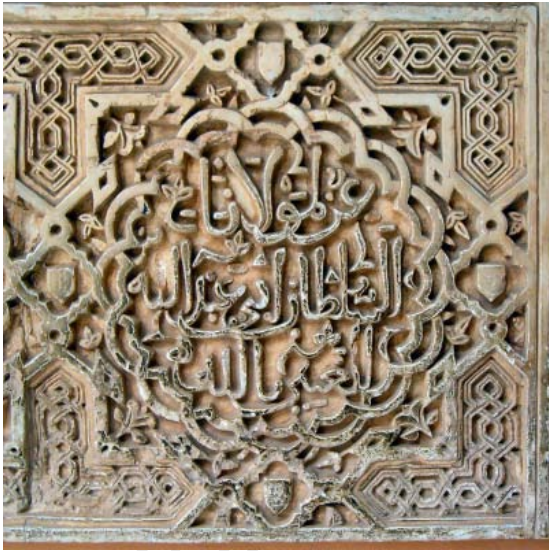
podía ser válido para cualquier latitud. El astrolabio de al-Islami ha de ser de grandes dimensiones y con láminas intercambiables sobre las que se han trazado multitud de horizontes.



Astrolabio expuesto en el Museo de las Tres Culturas de la Calahorra de Córdoba. Foto: Manuel Pizarro

La habilidad de **Ibn Bas al-Islami**, y también la de su hijo **Ahmad ibn Hasan (m.1309)** quien también alcanzó el puesto de *muwaqqit* de la misma mezquita, en la construcción de instrumentos astronómicos en general y de relojes de sol en particular, fue objeto de elogio y admiración por el historiador y polígrafo lojeño **Ibn al-Jatib**. Se han conservado varios astrolabios del hijo, uno de los cuales, construido en 1265, se encuentra expuesto actualmente en la Real Academia de la Historia, en Madrid.

La producción editorial conservada alcanza a **Abu `Ali al- Husayn Ibn Baso** (1250-1320) quien escribió la obra *Risalat al- Safiha al-Yami`a li-Yami` al-'Urud* - *Tratado sobre la lámina general para todas las latitudes*, del que se hizo una edición del texto en árabe y su traducción al castellano.



Pero sin duda el personaje científico más destacado de toda la época nazarí fue **Muhammad Ibn al-Raqqam al-Andalusí** (h1265-1315), geómetra, astrónomo y médico, de origen murciano aunque pasó buena parte de su vida al servicio de **Muhammad II al-Faqih** (1273-1302), en Granada. Fue uno de los grandes impulsores de la ciencia

gnomónica en al-Andalus a lo largo de los siglos XIII y XIV. Fue el autor de un tratado sobre esta rama de la astronomía matemática denominado *Risala fi'ilm al zilal* o *Tratado de la Ciencia de las Sombras* en el que, en 16 folios manuscritos, 44 problemas y 53 figuras, explica la forma de trazar todo tipos de relojes solares utilizando proyecciones no conocidas en al-Andalus, desarrollando la aplicación del método del analema para el trazado de líneas horarias.

Este “hombre único en su tiempo” según comenta Ibn al-Jatib, es asimismo autor de unas tablas astronómicas.

En época nazarí el interés y conocimiento científico debió ser necesariamente apoyado desde el poder gobernante. **Abul Giux Nasr** (m.1322), - Abu Agius- que fue entronizado rey de Granada en

1309 y depuesto en 1314, fue alumno de **Ibn al-Raqqam** de quien recibió lecciones de Astronomía y Matemáticas, entre otras materias. **Ibn al-Jatib** dijo de él: *“Conoció en grado laudable la Astronomía; trazó hermosos almanaques, así como ingeniosos y correctas tablas e hizo con sus propias manos maravillosos instrumentos bajo la dirección del maestro e imam Abu ‘Abd Allah ibn al-Raqqam”*.

En el Museo Arqueológico Nacional se conserva un cuadrante de altura construido en 1450 por **Ahmad al-Duhmani**<sup>15</sup>

Finalizamos la crónica histórica haciendo referencia al documento conservado en la

---

<sup>15</sup> Comentado en el Catálogo de la exposición *Ibn Jaldún. El mediterráneo en el siglo XIV. Auge y declive de los imperios* organizada en Sevilla en 2006 por la Fundación Legado Andalusí.

Biblioteca Nacional de El Cairo con el título *Fasl fi wad' al-sa'at 'ala-l-musat'ahat*, un breve tratado andalusí en el que aparecen descritos varios tipos de cuadrantes primitivos no documentados en otras fuentes <sup>16</sup>



Cuadrante de cobre de al-Duhmani.  
Imagen: Antonio J. Cañones.

---

<sup>16</sup> Según D.A. King en su obra *A Survey of the Scientifics Manuscripts in the Egyptian National Library*.

# BALATÁS DE AL-ANDALUS

Hacemos en esta segunda parte una relación o inventario de los documentos, tratados y piezas gnomónicas andalusíes conservadas que aunque ya han sido comentadas en el capítulo anterior, ahora se describen con más detalle por lo que se encuentran algunas reiteraciones que, a pesar de ello, hemos considerado necesario incluir en atención al enfoque que ahora ofrecemos.

## Usos del tiempo medido

Antes de comenzar el relato conviene analizar la necesidad y uso que de la medición del

tiempo se realizó en época musulmana, encontrando diversas causas, algunas desde momentos tempranos, que justificarían su necesaria utilización para realizar prácticas religiosas o para atender otros usos civiles.

Como se dijo en la primera parte, en el Islam determinados preceptos y momentos de oración<sup>17</sup> se encuentran asociados a exactos momentos del

---

<sup>17</sup> Las cinco oraciones preceptuadas exigen una precisión en el conocimiento exacto del momento del día. Los rezos islámicos son:

- *maghrib*, comienza en el momento de la puesta de Sol,
- *isha*, al comienzo de la noche, tras el crepúsculo, una vez que el Sol ha superado los 18° por debajo del horizonte.
- *fajr*, comienza en el crepúsculo matinal (cuando el Sol supera los 18° por debajo del horizonte oriental, y finaliza al alba,
- *zuhr*, comienza inmediatamente después de que el Sol atraviese el meridiano (mediodía) y finaliza al comienzo de la última oración,
- *‘asr*, que finaliza al ocaso.

día y de la noche. En este sentido la religión musulmana parece que es más exigente que otras en lo referente a la celebración de oraciones en función del posicionamiento de los astros. El desarrollo del *miqat* se hizo además necesario para el establecimiento del comienzo de la noche, del día y de los meses.

En un ámbito algo menor, por la menor utilidad de su aplicación, también se supone la utilización de relojes en almunias, alquerías y otras heredades y núcleos que utilizaban sistemas de cultivo irrigado y que recibían el agua conforme a “tandas”.<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> Ya en época cristiana, aunque enlazada con época andalusí, se tiene constancia de un documento de principios del siglo XVI que se conserva en el Archivo Municipal de Granada, en el que se especifica los beneficiarios del agua de una acequia y las cantidades que



Imagen de la Exposición La Ciencia en al-Andalus.  
Parque de las Ciencias. Granada

También existen ejemplos, de indudable raíz islámica, como el comentado por Joan Olivares en

---

corresponden a diversos propietarios, asignando tandas que se miden en "tiempos" o unidades de doce horas que generalmente abarcan desde la puesta de sol hasta el amanecer, si bien estos "tiempos" solían fragmentarse en "quintos" con una posible relación entre estas divisiones y las cinco oraciones islámicas.

su libro sobre los relojes del Valle de Albaida (Alicante)<sup>19</sup> en el que el reparto del agua de la Font del Port, con el que se regaban las aguas de los términos municipales de Albaida, Atzeneta y el Palomar, se realizaba siguiendo el método del "reloj de pies" consistente en el reparto de tiempos en función de la longitud que alcanzaba la sombra de una persona, medida en pies.

Existen tres evidencias más del temprano interés andalusí por el conteo del tiempo. De un lado hemos encontrado hasta dos referencias acerca de expertos en la determinación de la *al-qibla*, o dirección a La Meca, directamente relacionado con los momentos de oración que, como hemos visto, habrían de realizarse en

---

<sup>19</sup> *Relotges i Calendaris Solars a la Vall d'Albaida* de Joan Olivares i Alfonso; Caixa d'Estalvis d'Ontinyent-Obra Social. 1998

determinados momentos diurnos. **Hanas al-Sanam** fue el encargado de determinar la dirección del *mihrab*<sup>20</sup> de las Mezquitas aljamas de Córdoba y Zaragoza, en una incipiente *miqat*. Durante el siglo IX comienzan a aparecer nuevos especialistas en la determinación de la al-qibla, como el ya comentado **Abu Ubayda Muslim ibn Ahmad ibn abi Ubayda al-Layt al-Balansi**, *Sahib al-Qibla*.

De otro existe **Yahya ibn Habib**, poeta cortesano en época de de **'Abd al-Rahman II**, siglo IX, era conocido como *Sahib al-munayqila*, u *hombre del relojito*, posiblemente por ser el portador o constructor de una clepsidra<sup>21</sup>.

---

<sup>20</sup> En las mezquitas, el Mihrab, conformado generalmente por un pequeño espacio precedido por un arco, señala el lugar al que debe dirigirse la oración

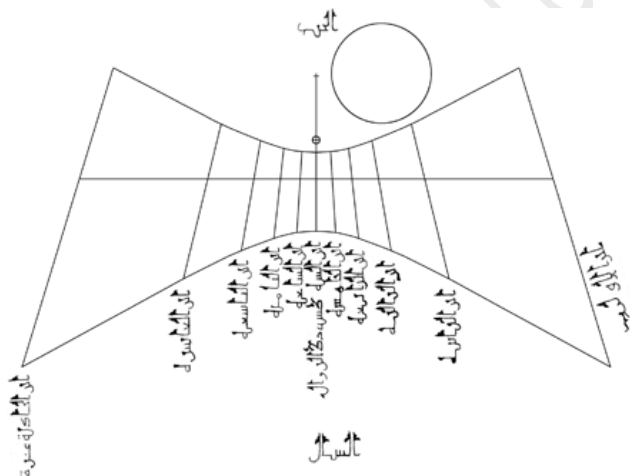
<sup>21</sup> *Las Ciencias de los antiguos en al-Andalus*, Julio Samsó.p 56

Por último mencionar que, también en el siglo IX **Abas ibn Firnás** (m.887), quien trabajó al servicio de los emires **Abd 'al-Rahman II** (821-853) y **Muhammad I** (852-886), fue constructor de una máquina automática mediante la que era posible obtener la hora, en la que, como ofrenda a este último emir, incluyó una poesía de cuyo contenido se deduce la existencia de relojes de sol y otros instrumentos astronómicos en su época y viene a confirmar los orígenes religiosos de la determinación horaria.

*¿Acaso no soy para la religión el mejor  
instrumento?*

*Si desconocéis el momento de la oración,  
Si no veis lucir el Sol durante el día ni brillar  
Las estrellas en la noche de negras tinieblas  
pues*

*La buena estrella del emir de los musulmanes,  
Muhammad  
Da a conocer el momento de la oración.*



Reconstrucción idealizada de un reloj andalusí basándonos en el encontrado en el Camino Viejo de Almodóvar en Córdoba.

## **Balatās en documentos andalusíes**

Tras esta pequeña glosa acerca de la hora y de la importancia de su correcta determinación en época andalusí, pasemos ahora a comentar los cuadrantes solares andalusíes<sup>22</sup>, que hemos convenido en denominar *balatās* por las razones que exponemos en apéndice, y que han sido hallados hasta hoy en excavaciones arqueológicas. Comenzaremos para ello por la descripción que en torno a su construcción o simples comentarios realizados en torno a ellos, se mencionan en diversas obras que han pervivido en el tiempo.

---

<sup>22</sup> No hemos querido incluir comentarios sobre astrolabios, azafeas u otras láminas que si bien eran válidas para la determinación de la hora, no lo eran en función de la sombra proyectada.

- **Textos y tratados sobre solares**

Desde que en 1978 el profesor D.A.King hiciera inventario<sup>23</sup> de los textos y tratados sobre cuadrantes solares conocidos en el occidente musulmán, entre los que se incluyeron los hallados en lo que en su día ocupó al-Andalus, hasta hoy, han sido varios los documentos localizados y en número de ocho las piezas que han ido apareciendo, aunque de alguna, como veremos, no sabemos su exacta localización. Todas estas piezas, de las que más adelante haremos un comentario sobre su descripción y características fundamentales, son cuadrantes de tipo horizontal confeccionados en mármol, aunque es mucho mayor la riqueza gnomónica en cuanto a clase de

---

<sup>23</sup> En *Three sundials from islamic Andalusia*. Journal of the History of Arabic Science. Alepo 1978

cuadrantes y materiales con que fueron contruidos, que los que han conseguido llegar hasta nosotros.

Esa riqueza que comentamos se encuentra documentada en varios tratados y otros textos sobre relojes de sol que han sido localizados. A continuación haremos un breve repaso de ellos, ordenándolos por fecha de supuesta creación e incluyendo comentarios en aquellos casos de los que no hemos podido documentar con más detalle.

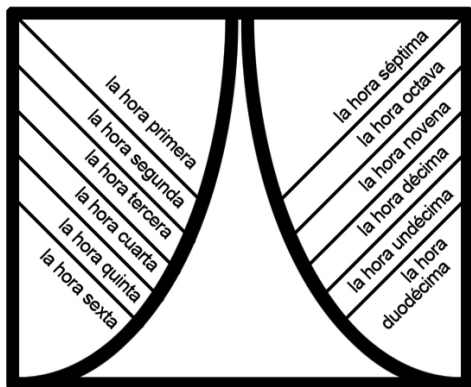
- **Descripción de dos *balatās***

La primera referencia a la descripción de un reloj de sol, por lo que podría considerarse como uno de los primeros tratados astronómicos y de gnomónica andalusí, con sus carencias y sus

inconcreciones, lo podemos encontrar en el manuscrito *Kitab al-Hay'a*, ms Istanbul Carullah 1279, atribuido al autor cordobés del siglo X **Qasim ibn Mutarrif al-Qattan** (m. 915?). En el capítulo 22 aparece un texto que fue editado, comentado y traducido por Josep Casulleras en *Al-Qantara*<sup>24</sup> del que, a pesar de que dicho editor concluye que, junto a otro comentado en el mismo estudio, la descripción hecha en el *Kitab al-Hay'a* podría tratarse de un reloj vertical, estimamos modestamente que podría tratarse de un reloj horizontal de azimutes.

---

<sup>24</sup> *Descripciones de un cuadrante solar atípico en el occidente musulmán.* Josep Casulleras. *Revista Al-Qantara* XIV 1993. pp. 67-69



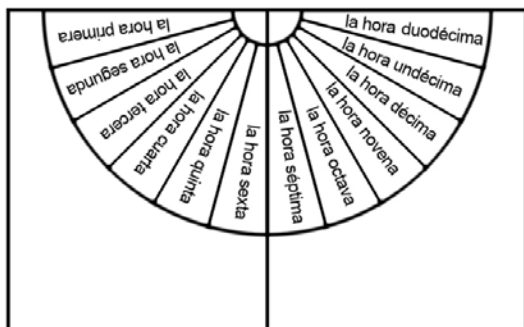
Interpretación del cuadrante descrito por Qasim ibn Mutarrif al-Qattam.

La segunda descripción de una *balatā* la encontramos en el Tratado de Máquinas *Kitab al-Asrar fin nata'iy al-afkar*, escrito por **Ahmad Ibn Jalaf al-Muradi** en el siglo XI, (ms Medicea Laurenziana Or. 152) comentado por David A. King<sup>25</sup>, donde figura un fragmento atribuido a **Ibn**

---

<sup>25</sup> en *Three sundials...*

**al-Saffar** (m. 1035), en el que se describe una *balatā* de una manera muy similar a la comentada en el primer caso y que, como en el caso anterior, mantenemos nuestro criterio de que podría tratarse de un reloj diferente a aquél, concretamente de un cuadrante vertical.



Interpretación del cuadrante de ibn al-Safar descrito en el Tratado de máquinas de al-Muradi.

- **Instrumentos astronómicos según Azarquiel**

Resulta curiosa la denominación que en el prólogo de la segunda parte del Tratado de uso de la azafea *zarquiliyya*, su autor, **Azarquiel** (1029-1100), hace de los distintos instrumentos astronómicos existentes en su época. Dicho texto, que es la tercera referencia gnomónica escrita que comentamos, aparece asimismo comentado y traducido por Josep Casulleras<sup>26</sup> y en él se recogen lo que para Azarquiel constituye el instrumental más común en uso que presenta agrupado, bajo dos grandes epígrafes:

- Instrumentos de sombra o sombríos (*zilliyya*)
- Instrumentos rayosos (*su'a'iya*).

---

<sup>26</sup> En *Descripciones...*, p. 74

A continuación se muestra un cuadro donde se resume el comentario.

### **Sombríos (zilliyya)**

Instrumentos destinados al conocimiento de las horas y de las variaciones de la duración de la noche y del día

De sombra extensa

*Mabsut*

*Al-rujamat al-*

*musattaha*

Cuadrantes horizontales

De sombra conversa

*Mankus*

Cuadrantes verticales

Cilíndricos

*Ustuwaniyya*

Cónicos

*Majrutiyya*

(posiblemente relojes portátiles también conocidos como *Mukhula*)

## Rayosos (Su'a'iyya)

Para observar los astros o el rayo de luz que proyectan sobre el propio instrumento

Cuadrantes astronómicos *Arba'a'dawa'ir*

Esfera celeste *Al-kura*

Astrolabio

Armillas *Al-halya*

Esfera armilar *Al-halaq*

Alidadas *Al-'ada'id*



- **Dos descripciones simples**

**Musa ibn Maymun, Maimónides** (1135-1204), médico, rabino y teólogo judío fue el autor de varias obras de importancia entre las que se encuentra su célebre comentario a la *Mishnab* escrito en judeo-árabe pero con caracteres hebraicos, y en el que en uno de sus párrafos describe un *eben basa'ot* o reloj de sol, de una manera muy simple, según se refleja en la traducción de Darío Cabanelas<sup>27</sup>.

Según Maimónides, un reloj de sol es “*una piedra de mármol*” en la que “*se trazan líneas rectas y se indican los nombres de las horas*” En cuanto al trazado propiamente sólo refiere “*un círculo en cuyo centro se halla un clavo.... Siempre que la*

---

<sup>27</sup> *Relojes de sol hispano musulmanes.* Darío Cabanelas. Revista al-Andalus. nº 23. 1958. p 404 y ss.

sombra de este clavo llega a una de estas líneas, se echa de ver cuántas horas del día han pasado”, finalizando con el nombre con el que los astrónomos denominan este instrumento: *al-ballata*.

Existe un segundo documento en el que más que una definición pormenorizada sobre los elementos que componen un reloj de sol, se nombra uno de sus tipos, de uso en al-Andalus. Nos referimos al reloj de sol cónico denominado *mukhula* que aparece mencionado en el Tratado de astrometeorología denominado *Kitab al-anwa'*, del cordobés **al-Umawi al-Qurtubi** (m.1206) y del que, hasta hoy, no hemos podido obtener más datos<sup>28</sup>.

---

<sup>28</sup> Según Cabanelas, una descripción de este tipo de reloj cónico viene ofrecida en la revista *al-Maschriq*, X (1907), p. 76. También en *Descripciones...* p. 75, nota 34, Josep

- **Tratados de gnomónica andalusíes**

Finalizamos la crónica de documentos andalusíes que contienen referencias a *balatās*, haciendo referencia a dos tratados de sendos autores que vivieron durante los últimos tiempos de al-Andalus como entidad geográfico-administrativa.

En primer lugar nos referiremos al último de ellos, **Abu ‘Abd Allah Abi-l-Fat Muhammad al-Sufi** (nacido en Sevilla-m. 1486), quien fue el autor de un opúsculo sobre el cuadrante perfecto que se conserva en la biblioteca de El Escorial según comenta Cabanelas en su reiterado estudio<sup>29</sup> quien

---

Casulleras, comenta el artículo *The Mukhula, an Islamic Conical Sundial*, Centaurus 16. 1972. pp 299-308.

<sup>29</sup> En *Relojes de sol...*, p. 400.

recoge a su vez un estudio previo realizado por José Augusto Sánchez Pérez <sup>30</sup>.

El segundo tratado, y última referencia que comentamos en el presente trabajo en relación a documentos andalusíes que contienen descripciones o comentarios sobre relojes de sol, es el escrito por **Muhammad ibn al-Raqqam al-Andalusi**, quien en su *Risala fi'ilm al-Zilal*, o *Tratado de la Ciencia de la Sombra*, que es como quedó definida la ciencia gnomónica por este autor, presenta un compendio de los conocimientos científicos alcanzados en su época y que Joan Carandell, gracias a la edición, traducción y

---

<sup>30</sup> *La ciencia árabe en la Edad Media*, José Augusto Sánchez Pérez, Instituto de Estudios Africanos, Madrid, 1954. p. 77.

comentarios que hizo de ella<sup>31</sup>, nos ha permitido conocer.

De la obra de al-Raqqam sólo se conserva en El Escorial una copia fechada en 1483 que consta de dieciséis folios en los que en 44 problemas o capítulos y 53 ilustraciones, se presentan diversas explicaciones en las que mediante el método de cálculo geométrico-descriptivo de tradición helenística, con utilización del *analemma*, se detalla la forma construir diversos tipos de cuadrantes: horizontales, con inclusión de las líneas de oración *zuhr* y *'asr*, cuadrantes verticales de un plano y dípticos, ecuatoriales, inclinados, inclinados y declinantes, cuadrantes

---

<sup>31</sup> *Risala fi'ilm al-Zilal* de Muhammad ibn al-Raqqam al-Andalusi. Joan Carandell. Universidad de Barcelona. Instituto "Millás Vallicrosa" de Historia de la Ciencia Árabe. Barcelona. 1988.

homotéticos (a partir de otros), trazado de círculos de alturas y *scaphes*. En el último de los capítulos figura descrito un reloj de sol móvil y autoorientable que se podría considerar antecesor de los que a lo largo del siglo XV se popularizarían por toda Europa. Se trata de un reloj horizontal, de madera y suspendido en el aire por tres hilos equidistantes y al que un trozo de magnetita que lleva incrustado le ayuda a orientarse convenientemente.



Reproducción en madera del cuadrante autoorientable de Ibn al-Raqqam

## Inventario de *balatās* andalusíes

Desde el hallazgo de la primera pieza hasta hoy han sido muy diversas las publicaciones que han comentado los descubrimientos y detallado con profusión –incluso con debate- los pormenores sobre el diseño de cada una de ellas. Por ello en las líneas que siguen nos limitaremos a realizar una sucinta relación de todas ellas –que denominaremos en el ordinal atendiendo a la cronología de su hallazgo- y a efectuar algún comentario que nos parezca oportuno en relación a sus características, acompañando a su finalización de un cuadro resumen de todas ellas con inclusión de algunas de las notas comentadas.

Asimismo y a modo de ejemplo ilustrativo de las piezas, además de la reproducción fotográfica – o idealizada en algunos casos debido a la falta de imagen original- se acompaña una ilustración realizada según propio criterio y a la vista, siempre, del original. (¡Nos puede más, confesamos, el dibujo artístico que el técnico!).

- **Características comunes a todas las piezas.**

Antes de entrar en la descripción de cada pieza, es conveniente aclarar que todas ellas tienen en común –o podrían tener, según el caso- diversas características que, por ello, expondremos a continuación:

- Todos son relojes de sol horizontales, trazados conforme al modelo griego localizado en 1894 en

Delos. Ello no quiere decir que los diseñadores se inspiraron en ese modelo para realizar los trazados de los cuadrantes andalusíes, sino que utilizaron el mismo método que aquéllos, incorporado al conocimiento científico medieval por los estudiosos árabes quienes tradujeron y actualizaron los conocimientos hindúes, caldeos, griegos y egipcios.

- Todos están trazados sobre mármol y debieron ser grabados entre los siglos X y XI EC. La lectura en ellos se realiza gracias a la sombra proyectada por el extremo de un gnomon metálico, hoy desaparecido, que va situado perpendicular al plano.
- En todos los casos figuran trazadas las líneas de lectura de hora, en horas desiguales, que era el sistema en uso en la época de su utilización.

Las líneas horarias señalan el fin de la primera hora, de la segunda hora, etc. coincidiendo el mediodía en todo caso con el fin de la sexta hora y el comienzo de la séptima.

- Junto a la respectiva línea horaria aparece el epígrafe correspondiente en todos los casos, salvo en uno, que como veremos, utiliza la numeración tipo *abjad* que sustituye el numeral por una determinada letra del alfabeto.
- En los relojes figuran ambas líneas solsticiales, presumiéndose en aquellos casos cuyos restos sólo alcanzan a mostrarnos una de ellas.
- Los momentos de oración centrales del día prescritos por la religión musulmana, *al-Zûhr* (al mediodía) y *al-Asr* (a media tarde), con más o menos acierto en el dibujo, con más o menos

seguridad de su presencia en todos los casos, aparecen, o deben aparecer por la misma razón expuesta anteriormente en todos los cuadrantes.

- Asimismo nos atrevemos a decir que en todas las piezas debió señalarse la *al-qibla*, lugar a donde deber dirigirse la oración conforme a las normas islámicas. El señalamiento figura en los casos conservados mediante una especie de *mihrab* grabado con la adecuada declinación sobre el eje meridiano del cuadrante.

### • **Descripción de las piezas**

La descripción de de cada una de ella la haremos presentándola bajo los siguientes apartados:

- Año y circunstancias de localización
- Material de construcción y dimensiones de la pieza localizada y estimada de la original completa
- Características principales de cada una de las piezas halladas.
- Referencias historiográficas, artículos, estudios y publicaciones que dieron noticia de su hallazgo y/o localización.
- Lugar actual de custodia y, en su caso, exposición

## **Pieza nº 1: Cuadrante andalusí de Córdoba.**

- Año y circunstancias de localización

Durante unas obras municipales realizadas en la ciudad de Córdoba en el año 1956 fue descubierta junto a un murallón de aparejo musulmán en el Camino Viejo de Almodóvar, antigua vereda de carne que partía de Córdoba en dirección a Madinat al-Zahra.

- Material de construcción y dimensiones de la pieza localizada y estimada de la original completa

Se trata de un fragmento de un cuadrante horizontal que debió tener originariamente unas dimensiones aproximadas de 34,5 x 46 cm.



- Características principales

Al haberse conservado un trozo de su parte oriental, algo mayor que la mitad de la pieza completa, sólo figuran trazadas las horas de la mañana

La línea equinoccial no es recta

Las horas 3<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup> y 8<sup>a</sup> no son líneas rectas

La grafía utilizada es de tipo cúfico florido<sup>32</sup>.

La datación de la pieza podría situarse alrededor del año 1000<sup>33</sup>.

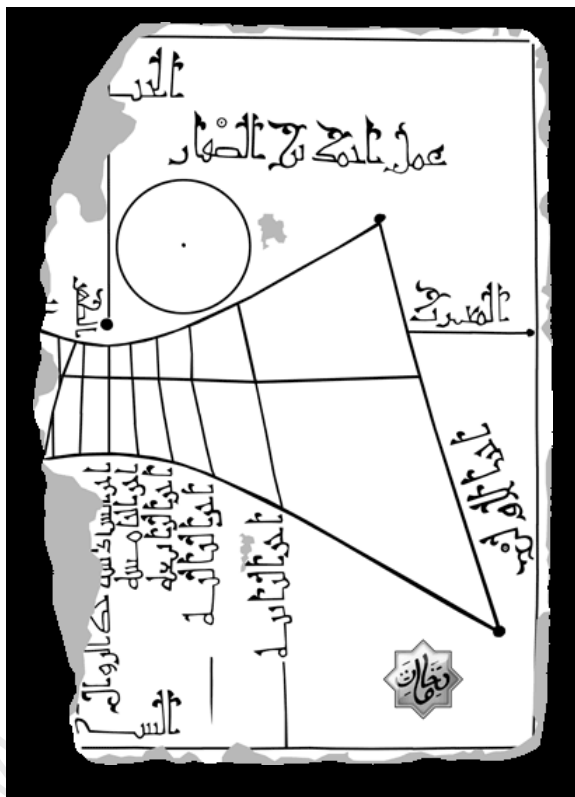
- Referencias historiográficas

---

<sup>32</sup> La escritura cúfica florida es propia de la época califal y se caracteriza por tener ángulos pronunciados con aparición de ciertos rasgos vegetales.

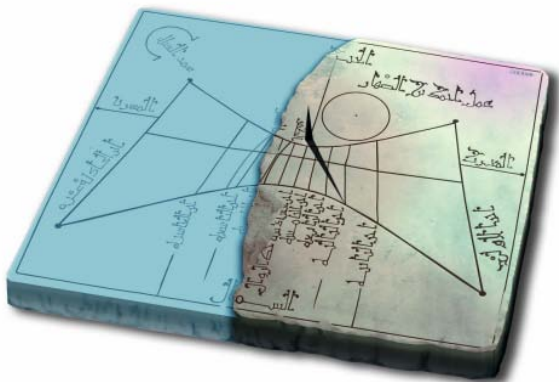
<sup>33</sup> Juan Vernet, *La Ciencia en al-Andalus*

#1 Unos meses después de hallarse la primera de las piezas gnomónicas, el historiador Samuel de los Santos Jener publicó en el Boletín de la Real Academia de Córdoba (XXVI, 1955, pp. 299-305) el estudio “Un reloj de sol hispanoárabe hallado en Córdoba” fechado en 11 de junio de 1956 con la descripción de las principales características de la pieza encontrada.



#2 En 1958 la Revista al-Andalus (XXIII, Crónica arqueológica de la España musulmana, pp. 391 a 406) publicó el artículo “Relojes de sol

hispano-musulmanes” en el que Dario Cabanelas, con la inicial intención de describir el tercero de los cuadrantes hallados, el de Granada, presentó un nuevo estudio de éste de Córdoba.



Reconstrucción idealizada del cuadrante cordobés

#3 En Three Sundials from Islamic Andalusia, Journal for the History of Arabic Science, 2.2

(Alepo, 1978) pp. 358-392, David A. King describe las tres piezas gnomónicas andalusíes localizadas hasta la fecha, entre las que se encuentra esta de Córdoba.. El artículo se reimprimió en “Islamic Astronomical Instruments”, Variorum Reprints, London 1987.

#3 En el estudio “Ocho relojes de sol Hispano-musulmanes” de Carmen Barceló y Ana Labarta, revista al-Qantara IX, 1988, pp. 329-342, se incluyó un comentario sobre este cuadrante de Córdoba.

#4 Comentado en “Los cuadrantes solares andalusíes”, artículo incluido en el catálogo El Legado científico andalusí, Ministerio de Cultura y Ministerio de Asuntos Exteriores, publicado con motivo de la Exposición celebrada en 1992 en Madrid.

- Lugar actual de custodia y, en su caso, exposición

Museo Arqueológico de Córdoba.

## **Pieza nº 2: Reloj de la Alcazaba**

- Año y circunstancias de localización

La primera pieza de las dos que componen el conjunto actual fue localizada en 1956 en la excavación de un aposento situado junto a la muralla norte de la Alcazaba de Almería. Formaba parte de las losas del piso, ya que se encontraba fijado a él con mortero de cal y arena.

La segunda pieza, la menor del cuadrante occidente, aparece por primera vez reproducida en 1985 en el Catálogo de la exposición Instrumentos astronómicos en la España

Medieval. Su influencia en Europa. Junio-julio  
1985. Santa Cruz de Tenerife



- Material de construcción y dimensiones de la pieza localizada y estimada de la original completa

Realizado en mármol blanco tiene unas dimensiones aproximadas de 28 x 29 cm. para la pieza de mayor tamaño y de 45 x 29 cm. para el conjunto de las dos piezas.

- Características principales

Pudo realizarse entre el 950 y el 1050.

Los números horarios aparecen en notación árabe medieval convencional.

Las letras que figuran tienen valor numeral.

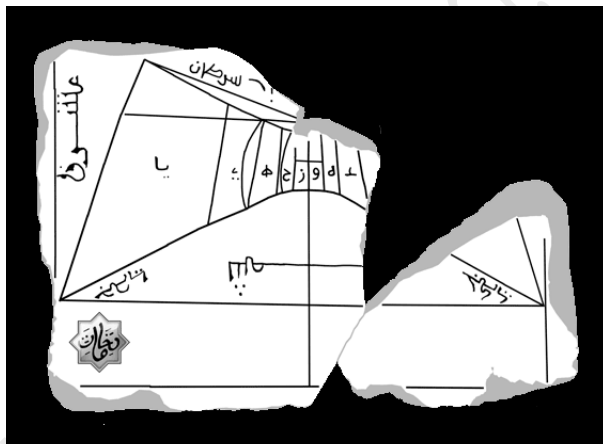
El tipo de incisión en la pieza es del tipo cúfico<sup>34</sup> inciso, con puntos diacríticos.

- Referencias historiográficas

---

<sup>34</sup> Está considerada la caligrafía árabe más antigua y consta de líneas rectas y ángulos con alargamientos horizontales y verticales.

#1 En 1956 Juan J. de Orús, en el estudio “Un cuadrante solar de la Alcazaba de Almería” Homenaje a Millás-Vallicrosa, vol II, pp. 131 y 132 detallaba la primera de las dos piezas localizadas de este cuadrante.



#2 Como en el caso anterior, Darío Cabanelas también refirió el caso del reloj de Almería en su estudio “Relojes de sol hispano-musulmanes” publicado en al-Andalus. (1958)

#3 En Three Sundials from Islamic Andalusia, Journal for the History of Arabic Science, 2.2 (Alepo, 1978) pp. 358-392, David A. King describe las tres piezas gnomónicas andalusíes localizadas hasta la fecha, entre las que se encuentra esta de Almería. El artículo se reimprimió en “Islamic Astronomical Instruments”, Variorum Reprints, London 1987.

#4 En el catálogo de la exposición “Instrumentos astronómicos en la España Medieval. Su influencia en Europa, celebrada en Santa Cruz de Tenerife, entre Junio y Julio de 1985, por primera vez se hace mención (pp. 128-129) a la segunda de las piezas que componen el reloj de la Alcazaba.

#5 En el estudio “Ocho relojes de sol Hispanomusulmanes” de Carmen Barceló y Ana Labarta,

revista al-Qantara IX, 1988, pp. 329-342, se incluyó un comentario sobre este cuadrante de la Alcazaba, en relación a las dos piezas que lo componen y en el que asimismo se hace mención a la inclusión de la segunda pieza en el catálogo anteriormente señalado.

#6 Comentado en “Los cuadrantes solares andalusíes”, artículo incluido en el catálogo El Legado científico andalusí, Ministerio de Cultura y Ministerio de Asuntos Exteriores, publicado con motivo e la Exposición celebrada en 1992 en Madrid.

- Lugar actual de custodia y, en su caso, exposición

Actualmente se expone en el Museo Arquelógico de Almería.

### **Pieza nº 3: Cuadrante de Granada**

- Año y circunstancias de localización

El conocido como cuadrante de Granada, lo es por su lugar de exposición permanente habitual, pero no por su procedencia, que se supone cordobesa al haber sido adquirida la pieza a un comerciante de esta ciudad suponemos que en los meses anteriores a la realización del primer artículo que lo comentaba en 1958 (ver referencias historiográficas)

- Material de construcción y dimensiones de la pieza localizada y estimada de la original completa

Está realizado en mármol blanco, tiene unas dimensiones de 21/14 x 26,5 x 3,5 cm.

- Características principales

Aparecen los nombres de los 12 signos del zodiaco.

El trazado es muy deficiente (defectuoso)



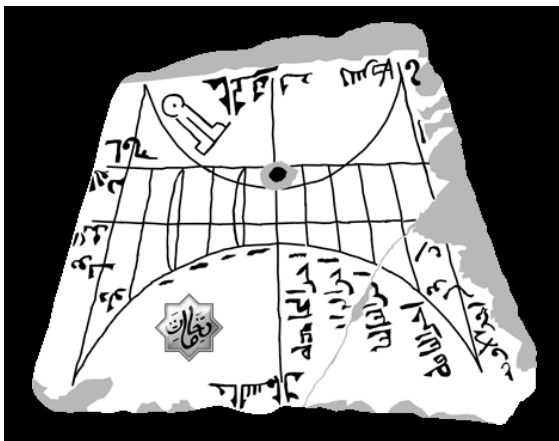
- Referencias historiográficas

#1 La primera descripción realizada de esta pieza la hizo Darío Cabanelas en el reiterado artículo “Relojes de sol hispano-musulmanes” publicado en 1958 en la Revista al-Andalus

(XXIII, Crónica arqueológica de la España musulmana, pp. 391 a 406).

#2 En Three Sundials from Islamic Andalusia, Journal for the History of Arabic Science, 2.2 (Alepo, 1978) pp. 358-392, David A. King describe las tres piezas gnomónicas andalusíes localizadas hasta la fecha, entre las que se encuentra esta de Granada. El artículo se reimprimió en "Islamic Astronomical Instruments", Variorum Reprints, London 1987.

#3 En el estudio "Ocho relojes de sol Hispano-musulmanes" de Carmen Barceló y Ana Labarta, revista al-Qantara IX, 1988, pp. 329-342, se incluyó un comentario sobre este cuadrante de Granada.



#4 Comentado en “Los cuadrantes solares andalusíes”, artículo incluido en el catálogo El Legado científico andalusí, Ministerio de Cultura y Ministerio de Asuntos Exteriores, publicado con motivo e la Exposición celebrada en 1992 en Madrid.

- Lugar actual de custodia y, en su caso, exposición

Se expone en el Museo de Arte Hispano-Musulmán, de Granada

#### **Pieza nº 4: Cuadrante de M.Azahara#1**

- Año y circunstancias de localización

Fue localizado en el Patio de los Relojes de Madinat al-Zahra

- Material de construcción y dimensiones de la pieza localizada y estimada de la original completa

Desconocido

- Características principales

Se desconocen

- Referencias historiográficas

#1 En el libro “Medina Azahara, Ingeniería y formas”, de R. López Cuervo, Madrid, 1983, se comenta el hallazgo del primero de los cuadrantes localizados en el Patio de los Relojes, del que hasta hoy no se ha podido localizar copia ni imagen alguna.

#2 En el estudio “Ocho relojes de sol Hispanomusulmanes” de Carmen Barceló y Ana Labarta, revista al-Qantara IX, 1988, pp. 329-342, se incluyó un comentario sobre este primer cuadrante de Madinat al- Zahra.

- Lugar actual de custodia y, en su caso, exposición

Como se ha dicho hasta la fecha no se ha podido obtener una imagen de la pieza ni conseguir su localización.



## **Pieza nº 5: Cuadrante de M.Azahara#2**

- Año y circunstancias de localización

Descubierto en el conocido como Patio de los Relojes de la ciudad palatina durante las excavaciones realizadas por Félix Hernández con anterioridad a 1975, año en que falleció.

- Material de construcción y dimensiones de la pieza localizada y estimada de la original completa

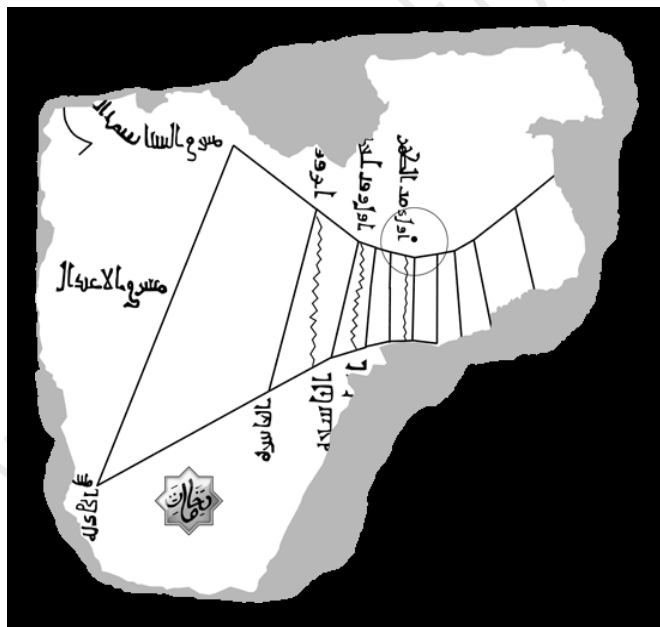
Realizado en mármol gris tiene unas dimensiones externas máximas de 32 x 30 x 5 cm.

- Características principales

Las letras aparecen grabadas en cúfico inciso.

Los nombres que figuran en cada una de las líneas hiperbólicas solsticiales aparecen intercambiados.

Posible datación en el siglo X.



- Referencias historiográficas

#1 En el estudio “Ocho relojes de sol Hispano-musulmanes” de Carmen Barceló y Ana Labarta, revista al-Qantara IX, 1988, pp. 329-342, se incluyó un primer comentario sobre este cuadrante de Madinat al-Zahra.

#2 En 1991 Joan Carandell nuevamente analizó esta pieza junto a la siguiente en “Dos Cuadrante solares andalusíes de Medina Azara”, revista al-Qantara X, pp. 329-342.

#3 El artículo anterior suscitó la publicación de uno nuevo de Carmen Barceló y Ana Labarta, “Acerca de los dos cuadrantes solares de Medina Azahara”, al-Qantara XII, 1991, pp. 281-283.

#4 Comentado en “Los cuadrantes solares andalusíes”, artículo incluido en el catálogo El Legado científico andalusí, Ministerio de Cultura y Ministerio de Asuntos Exteriores, publicado con motivo de la Exposición celebrada en 1992 en Madrid.

- Lugar actual de custodia y, en su caso, exposición

Museo Arqueológico de Córdoba.

### **Pieza nº 6: Cuadrante de M.Azahara#3**

- Año y circunstancias de localización

Mismas circunstancias que pieza anterior.

- Al igual que las piezas nº 4 y 5, fue localizado en el Patio de los Relojes de Madinat al-Zahra.



- Material de construcción y dimensiones de la pieza localizada y estimada de la original completa

Realizado en mármol gris de unas dimensiones máximas de 45 x 23 x 5,5 cm.

- Características principales

Inscripciones en cúfico inciso.

Al igual que ocurre con la pieza nº 4 figura con los nombres de las hipérbolas intercambiados.

- Referencias historiográficas

#1 En el estudio “Ocho relojes de sol Hispano-musulmanes” de Carmen Barceló y Ana Labarta, revista al-Qantara IX, 1988, pp. 329-342, se incluyó un primer comentario sobre este cuadrante de Madinat al-Zahra.

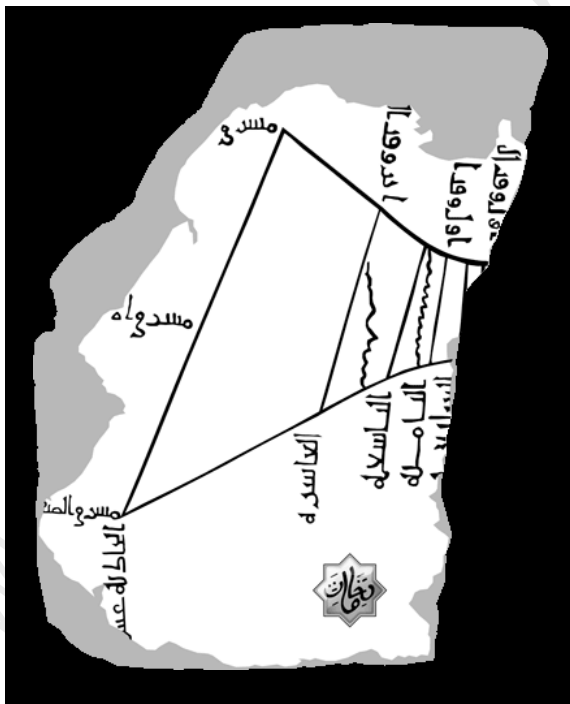
#2 En 1991 Joan Carandell nuevamente analizó esta pieza junto a la anterior en “Dos Cuadrante solares andalusíes de Medina Azara”, revista al-Qantara X, pp. 329-342.

#3 El artículo anterior suscitó la publicación de uno nuevo de Carmen Barceló y Ana Labarta, “Acerca de los dos cuadrantes solares de Medina Azahara”, al-Qantara XII, 1991, pp. 281-283.

#4 Comentado en “Los cuadrantes solares andalusíes”, artículo incluido en el catálogo El Legado científico andalusí, Ministerio de Cultura y Ministerio de Asuntos Exteriores, publicado con motivo e la Exposición celebrada en 1992 en Madrid.

- Lugar actual de custodia y, en su caso, exposición

## Museo Arqueológico de Córdoba



## **Pieza nº 7: Cuadrante/calendario solar del Alcázar califal de Córdoba**

- Año y circunstancias de localización

De un tamaño aproximado que debió tener, de 100 x 50 x 5 cm., hasta la fecha sólo se han podido localizar dos fragmentos de su parte extremo-occidental, concretamente las que en su centro aparecen señalados los puntos solsticiales de la primera hora.

Ambas piezas han sido localizadas en un lugar muy cercano entre sí, pero en excavaciones realizadas con muchos años de diferencia: La primera en 1961 y la segunda en 1994.

- Material de construcción y dimensiones de la pieza localizada y estimada de la original completa

Los dos fragmentos localizados son de mármol blanco y las dimensiones son para la primera pieza, de 17 x 10,5 x 5 cm. y para la segunda 19,5 x 13 x 5 cm.



- Características principales

En el costado de la segunda pieza localizada en 1994 figura lo que podría ser la firma del artesano que la labró.

La escritura es del tipo cúfico inciso en relieve.

- Referencias historiográficas

#1 En el estudio “Ocho relojes de sol Hispano-musulmanes” de Carmen Barceló y Ana Labarta, revista *al-Qantara* IX, 1988, pp. 329-342, se incluyó un primer comentario sobre la primera de las piezas halladas de este cuadrante del Alcázar califal de Córdoba.

#2 Comentado en “Los cuadrantes solares andalusíes”, artículo incluido en el catálogo *El Legado científico andalusí*, Ministerio de Cultura y Ministerio de Asuntos Exteriores, publicado

con motivo de la Exposición celebrada en 1992 en Madrid.

#3 En el número 11 de la Revista Analema, 1994, Madrid, pp. 10 y 11, M. Milenio comenta este cuadrante.

#4 En el número siguiente de la misma revista, aparecen dos artículos “Nota sobre un reloj árabe de Córdoba”, de M. Losot, p. 12 y “Latitud de cálculo del reloj de Córdoba” de D’Ossogno, en el que se aportan nuevos datos sobre la primera de las piezas localizadas.

#5 En “Un nuevo fragmento de reloj de sol andalusí”, nuevamente Ana Labarta y Carmen Barceló, al-Qantara XVI 1995, pp. 147-150, nos descubren y comentan un nuevo hallazgo

gnomónico, en esta ocasión la segunda pieza del alcázar Califal.



#6 En la catálogo de la exposición *Al-Andalus, el Legado Científico*, celebrada en Ronda en 1995, se comentaron nuevamente ambas piezas.

- Lugar actual de custodia y, en su caso, exposición

La primera pieza se conservaba muy cerca del lugar exacto de localización, aunque no expuesto al público ya que estaba incrustado verticalmente en uno de los muros de un cuarto adyacente al patio morisco del Alcázar del Califa de Córdoba. Afortunadamente hoy se expone en las remodeladas instalaciones de los Baños del Alcázar califal.

La segunda pieza está junto con las anteriormente comentadas 5 y 6 en una vitrina del Museo Arqueológico de Córdoba.

## **Pieza nº 8: Calendario de Sagunt**

- Año y circunstancias de localización

Se conservan tres piezas localizadas en un lugar indeterminado del municipio de Sagunt, en el que, aprovechando un basamento o ara de probable origen romano, se han labrado unas incisiones calendáricas que hacen suponer estamos ante una pieza gnomónica de factura andalusí.

Aparece por primera vez comentado en “Ocho relojes...” por lo que su descubrimiento debió ser en 1988 o anterior.

- Material de construcción y dimensiones de la pieza localizada y estimada de la original completa

Está realizado en mármol grisáceo y las medidas externas del conjunto actual son 20 x 21 x 14 cm.

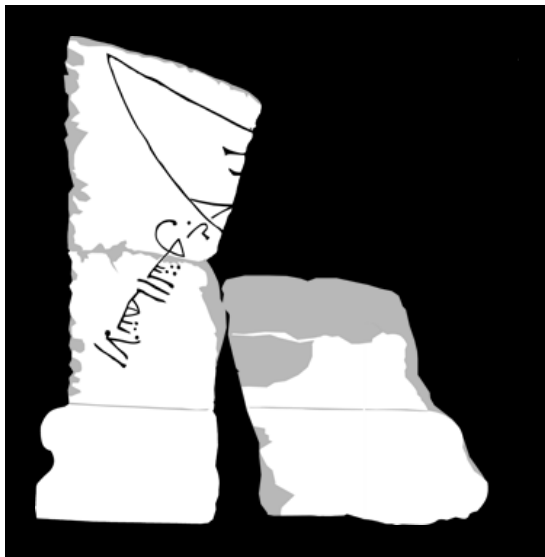
- Características principales

Aparece grabado en escritura nasji incisa el texto “límite invernal” o “solsticio de invierno”.

A la vista del tamaño y disposición de las piezas localizadas no queda suficientemente definido el tamaño ni otras características principales de este presumible reloj-calendario.

- Referencias historiográficas

#1 En el estudio “Ocho relojes de sol Hispano-musulmanes” de Carmen Barceló y Ana Labarta, revista al-Qantara IX, 1988, pp. 329-342, se incluyó un comentario sobre este cuadrante-calendario de Sagunt.



- Lugar actual de custodia y, en su caso, exposición

En el Museo Arqueológico Municipal de Sagunt (Valencia).

## EPÍLOGO

Pedimos disculpas por los posibles errores cometidos en la relación de los hechos históricos comentados en la enumeración de personajes y documentos andalusíes relacionados con los relojes de sol. Con el presente trabajo, sólo hemos pretendido poner un cierto orden a toda la información acumulada y compartirla con aficionados y colegas.

Reivindicamos con ella la existencia de un pasado glorioso, en lo científico y en lo humano, que pese a sus excesos, y aunque a los ojos actuales en pleno siglo XXI se nos antoja como algo costumbrista y nostálgico, no dejó de marcar toda una época y que pese a los integristas de todo orden de siglos posteriores, ha dejado una huella indeleble en nuestro presente.

Artesanos, investigadores, y poetas, cortesanos o exiliados, que entonces como hoy consiguieron el avance cultural y científico y que bien merecen ser tenidos en cuenta en el análisis histórico de la ciencia gnomónica ibérica.

Para finalizar y con respecto a los cuadrantes de manufactura andalusí conservados, diremos que, en términos generales y al contrario de lo que ocurre con los astrolabios del mismo origen donde su trazado alcanza un alto nivel de perfección, aquéllos, en general, presentan bastantes defectos en su realización y diversas anomalías técnicas en su trazado, como líneas paralelas, arcos de hiperbólicos "rectos", etc., destacando por su imperfección el que se conserva en Granada que más tendría función decorativa que la que se le supone de indicativa horaria.

Estas anomalías e imperfecciones serían achacables más que a los científicos que los diseñaron, a pesar de que en alguno de ellos figura hasta el nombre del maestro gnomonista, a la falta de pericia de los artesanos que los grabaron, sin que por ello pierdan su alto valor representativo del nivel científico alcanzado en época andalusí.

[www.relojandalusi.org](http://www.relojandalusi.org)

## BIBLIOGRAFÍA

- SEDILLOT, L. A. *Introduction au Traité d'Astronomie d'Aboul Hhasan Ali*. Imprimerie Royale. Paris, 1833.
- SÉDILLOT, J.-J. *Traité des instruments astronomiques des arabes de Aboul Hhassan Ali, de Maroc*. Imprimerie Royale. Paris, 1834
- SÉDILLOT, L.A. *Mémoire sur les instruments astronomiques des arabes* Imprimerie Royale. Paris, 1841
- SÉDILLOT, L.A. *Histoire des arabes*. Paris, 1854
- DE LOS SANTOS GENER, S, *Un reloj de sol hispano-árabe hallado en Córdoba*, Boletín de la Real Academia de Córdoba, 1956

- DE ORUS, J.J., *Un cuadrante solar de la Alcazaba de Almería*. Centro Superior de Investigaciones Científicas. Barcelona, 1956.
- CABANELAS, D. *Relojes de sol hispano-musulmanes*. Revista al-Qantara. CSIC. Madrid, 1958
- KING, D.A. *Three sundials from islamic Andalusia*. Journal of the History of Arabic Science – Alepo, 1978
- LOPEZ CUERVO, S., *Medina Azahra, ingeniería y formas*, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid, 1983
- CARANDELL, J. *Instrumentos astronómicos de la España Medieval. Su influencia en Europa*. Universidad de Barcelona, Catálogo de la Exposición celebrada en Santa Cruz de Tenerife Junio-Julio de 1985.

- VERNET. J., *La ciencia en al-Andalus*. Editoriales Andaluzas Unidas, S.A. Sevilla, 1986.
- BARCELO, C. y LABARTA, A. *Ocho relojes de sol hispano-musulmanes*. Revista al-Qantara, T. IX. 1988
- CARANDELL, J. *Estudios sobre el tratado de Gnomónica de Ibn al-Raqqam. Risala fi'ilm al-zilal*. Instituto "Millás Vallicrosa" de Historia de la Ciencia Arabe. Universidad de Barcelona. 1988
- GARCIA GOMEZ, E. *Foco de antigua luz sobre la Alhambra*. Instituto Egipcio de Estudios Islámicos en Madrid. 1988
- CARANDELL, J. *Dos cuadrantes solares andalusíes de Medina Azara*. Revista al-Qantara X. 1989

- BARCELO, C. y LABARTA, A., *Acerca de los dos cuadrantes solares de Medina Azahra*. Revista al-Qantara XII. 1991
- CARANDELL, J. *Más acerca de los relojes de sol hispano-árabes*. Revista al-Qantara, 1991
- KING, D.A. *Los cuadrantes solares andalusíes*. El legado científico andalusí. Catálogo de la Exposición. 1992
- SAMSÓ, J. *La Ciencia de los antiguos en al-Andalus*. Editorial MAPFRE. Madrid, 1992
- CASULLERAS, J. *Descripciones de un cuadrante solar atípico en el occidente musulmán*. Revista al-Qantara XIV. 1993
- CALVO, E. *Risalat al- Safiha al-Yami`a li-Yami` al-'Urud - Tratado sobre la lámina general para todas las latitudes*, ed. Madrid: Instituto de Cooperación con el Mundo Árabe. Madrid, 1993.

- VV.AA. *El Legado Científico de al-Andalus*  
Catálogo de la Exposición. Ronda, 1994.
- MILENIO, M. *Un reloj árabe de Córdoba*. Revista Analema, nº11. Madrid, 1994
- LOSOT, M. *Nota sobre un reloj árabe de Córdoba*. Revista Analema, nº 12. Madrid, 1994
- D'OSSOGNO. *Latitud de cálculo del reloj de Córdoba*. Revista Analema, nº 12. Madrid, 1994
- HIDALGO, L. *El bastón de al-Tusi*. Revista Analema, nº 10. Madrid, 1994
- BARCELO, C. y LABARTA, A. *Un nuevo fragmento de reloj de sol andalusí*. Revista al-Qantara XVI, 1995
- VV.AA. *Al-Andalus y el Mediterráneo. Catálogo de la Exposición*. Fundación Legado Andalusí. Algeciras y Cádiz, 1995.

- VV.AA. *Al-Andalus, el legado científico. Catálogo de la Exposición*. Ronda, 1995
- FERRARI, G. y SEVERINO, N. *Appunti per uno studio delle meridiane islamiche*. Edic. de los autores. 1997
- SAMSÓ, J. *Ciencia musulmana en España*, Cuadernos de Historia 16, nº 92, 1997
- CLARET, A. *Apuntes sobre la astronomía árabe-española*, Boletín "Información Actualidad Astronómica" del Instituto de Astrofísica de Andalucía. Granada, 2000.
- BERGGREN, J.L. *Sundials in Medieval Islamic Science and Civilization*. Revista The Compendium, vol. 8, nº 2. North America Sundial Society. 2001.

- FERRARI, G. *The Universal sundial of ancient islam*. Revista The Compendium, vol 8, nº 2. North America Sundial Society. 2001.
- DEBEAUVAIS, F./BEFORT, P-A. *Cueillir les étoiles. Autour des astrolabes de Strasbourg*. 2002
- BOLOIX CARLOS-ROCA, M. *El reloj de sol del Palacio de la Merced*. Diputación de Córdoba. Córdoba, 2003.
- ESTEVE SECALL, C. E. *La ciencia gnomónica en la España del siglo XVI: Análisis, desarrollo y evolución de las técnicas horológicas*. Universidad de Granada. Granada, 2003.
- MARTINEZ ALMIRON, E. *Relojes de sol de Andalucía*. CD-Rom. Autoedición. Córdoba, 2004.
- MORENO, G. y MORENO, M. *Estudio y Reconstrucción de la Gnomónica*

*Hispanomusulmana*. CD-Rom Ed. Grupo al-Andalus Siglo XXI; Córdoba, 2004

- SAVOIE, D. *L'heure des crepuscules sur les cadrans solaires arabo-islamiques*. Revista L'Astronomie vol 118. 2004.
- VV.AA. Ibn Jaldún. *El mediterráneo en el siglo XIV. Auge y declive de los imperios*. Catálogo de la exposición. Fundación Legado Andalusí. Sevilla, 2006.
- MARTINEZ ALMIRON, E. *Métodos andalusíes no solares de medición horaria*. Revista digital Carpe Diem, nº 24. Mallorca, 2007
- FERNANDEZ PUERTAS, A. *Clepsidras y relojes musulmanes*. Fundación El legado andalusí, Granada, 2010
- FERRARI, G. *Le meridiane dell'antico islam*. Autoedición, Modena, 2011.

# AGRADECIMIENTOS

No quiero finalizar este documento sin expresar mi agradecimiento a las siguientes personas, sin cuyas aportaciones no habría sido posible completarlo.

A Antonio J. Cañones, documentalista e investigador gnomónico, por facilitarme textos e imágenes referidos a cuadrantes andalusíes.

A Manolo Pizarro, de Baza, por su diligencia en la preparación de una recopilación de textos de investigación gnomónicos y por su atención en facilitarme cuanta información le he requerido sobre el asunto.

A Germán Moreno, del Grupo al-Andalus siglo XXI en Córdoba, por obsequiarme con su

elaborado estudio sobre gnomónica andalusí base de su excelente sitio web.

Al profesor Carlos Esteve, de Málaga, ya que a través de su tesis he relacionado los manuscritos andalusíes con el desarrollo de la ciencia gnomónica española del siglo XVI.

A Alain Ferreira, de París, por facilitarme la localización de abundante información sobre cuadrantes árabes en diversas partes del mundo.

A Reinhold Kriegler, de Bremen, por compartir sus avances en la realización de nuevos relojes de inspiración otomana.

Y muy especialmente al ingeniero Giani Ferrari, de Módena, por compartir con este humilde aficionado sus extensos conocimientos en el estudio de los relojes de sol islámicos y árabes.

# APÉNDICES

## Apéndice 1: La Biblioteca de El Escorial

Algunas fuentes estiman que en la actualidad existen más de 250.000 manuscritos árabes en bibliotecas, academias y universidades de todo el mundo, de los cuales sólo han sido estudiados y traducidos una mínima parte. Por ello, en este apéndice queremos hacer una breve reseña a la Biblioteca de El Escorial, uno de los escasos pero privilegiados lugares del mundo en los que se atesoran numerosas obras de ciencia escritas en época andalusí.

Además de *Risala fi'ilm al-Zilal*, Tratado de la Ciencia de la Sombra de **Ibn al-Raqqam**,

importante obra de contenido gnomónico comentada en líneas precedentes, se conserva un opúsculo sobre el cuadrante perfecto, obra del autor sevillano **Abu 'Abd Allah Abi-l-Fat Muhammad al-Sufi** (m. 1486).

El profesor Carlos Esteve, en su tesis<sup>35</sup> menciona asimismo otros dos manuscritos árabes:

- Manuscrito nº 13

Cálculo de las horas según los egipcios.

Autor: Ahmed Abenrachab Abentaibocha el Machdí (Abulabas) astrónomo árabe.

Localización: Biblioteca del Real Monasterio de El Escorial (Madrid) Manuscritos árabes Casirí nº 961

---

<sup>35</sup> *La ciencia gnomónica en la España del siglo XVI: Análisis, desarrollo y evolución de las técnicas horológicas.* Universidad de Granada, 2003.

Fecha: Hacia 1461

Descripción: dentro de un libro desde el folio 13 al 16



Esfera armilar expuesta en El Esorial

Este astrónomo árabe, es autor de veintidós obras de astronomía y posee además del anterior otro manuscrito, “Estudio de los círculos paralelos”.

- Manuscrito nº 14

Libro de relojes de sol

Autor: Mohamed el Hasib (Abuabdala) astrónomo español.

Localización: Biblioteca del Real Monasterio de El Escorial (Madrid) Manuscrito árabe nº 918

Fecha: Sevilla 1360

Descripción: está unido a otros formando un libro, los folios 58 al 83 con problemas y figuras que hablan de relojes solares; parece ser una copia. (Sanchez Pérez, José A.: Las

matemáticas en la Biblioteca del Escorial, Madrid 1929; p. 199.

La custodia en El Escorial de documentos andalusíes y árabes no se ciñe a los anteriormente mencionados, que lo han sido por su contenido relacionado con el tema que nos ocupa, sino que abarca a un ingente volumen de material diverso que viene siendo objeto de catalogación y estudio.

El legado conservado en las dependencias escurialenses es y ha sido motivo de admiración internacional especialmente por el mundo árabe, actual y pasado, como lo atestigua el comentario<sup>36</sup> realizado por **Ibn 'Utman al-Miknassi**, embajador de Marruecos durante el gobierno del sultán **Sidi**

---

<sup>36</sup> Aparece en el libro *Al Andalus, España, en la literatura árabe contemporánea* de Pedro Martínez Montávez. Editorial Arguval. 1992.

**Muhammad b. 'Abd-Allah**, quien en una visita realizada a la real biblioteca durante 1779/1780 manifestó:

*En un gran armario, perfectamente guardados y con gran limpieza han colocado los libros de los musulmanes - ¡que Dios tenga misericordia de ellos!- que quedaron en las manos de los infieles... Por la atención del Rey hacia nosotros se ordenó que nos abrieran la biblioteca y nos enseñaran los libros de los musulmanes. Son 1.800 volúmenes, entre los que hay dos ejemplares del noble Corán, muchos comentarios llenos de notas y gran cantidad de obras de medicina. Examiné todos los que me permitió el escaso tiempo de que*

*disponía y salí de la biblioteca con el corazón prendido del fuego de la pena.*

Esperemos que los fondos que se encuentran en el Escorial y los repartidos por diversos centros públicos y privados, siguiendo la estela de, entre otras instituciones, la Fundación Legado Andalusí, sean digitalizados y de esta forma preservados para el estudio de generaciones futuras y que, estamos convencidos, nos ofrecerán nuevos hallazgos que enriquecerán el conocimiento de tan brillante época de nuestra historia.

[www.relojandalusí.org](http://www.relojandalusí.org)

## Apéndice 2: Sobre el término *balatā*

Cuadrantes solares, relojes de sol, meridianas... parece que aún hoy en día no terminamos de ponernos de acuerdo, en castellano, en torno a la denominación más correcta para estos artefactos que utilizan la proyección de la sombra solar sobre una superficie para obtener la hora.

Tampoco existe una única denominación para los cuadrantes solares árabes y andalusíes:

- En el capítulo 22 del *Kitab al-Hay'a*, de **Qasim ibn Mutarrif al-Qattan**<sup>37</sup> figura en el título “*sobre la construcción de la balāṭa, para saber las*

---

<sup>37</sup> En *Descripciones de un cuadrante solar atípico en el occidente musulmán*, publicado por Josep Casulleras, Revista al-Qantara XIV 1998, pg. 67.

*horas con exactitud*'. Si bien en el texto no habla de piedra de mármol, sino de caliza blanda.

- Según Josep Casulleras<sup>38</sup>, en sentido general *balāṭ* o *hayar balāṭ*, significa losa, baldosa o piedra que sirve para pavimentar y a veces placa de mármol.
- **Azarquiel**, en el prólogo de su tratado del uso de la azafea<sup>39</sup> utiliza un término “sombríos” (*zilliyya*) para los instrumentos astronómicos que sólo son utilizados en época de claridad diurna, haciendo una descripción de los diversos tipos de relojes *sombríos* definidos en conjunto como *al-rujamat al-musaṭṭaha* a los de tipo horizontal o de “sombra extensa”. En cambio a los verticales o de “sombra conversa”, los denomina *Mankus*.

---

<sup>38</sup> Id. pg. 68.

<sup>39</sup> Id. pg. 74.

También define los cilíndricos como *Ustuwaniyya* y finalmente a los cónicos (incluyendo posiblemente a relojes portátiles también conocidos como *Mukhula*) como *Majrutiyya*

- En el comentario a la *Mishnab*<sup>40</sup>, escrito por **Maimónides** en judeo-árabe pero con caracteres hebraicos, se incluye unos párrafos en los que se describe un *eben baša'ot* o piedra de mármol sobre la que son trazadas líneas rectas y se indican los nombres de las horas. En el mismo texto afirma que los astrónomos lo llaman *al-ballatā*.
- El uso del término *balatā*, con significado de reloj de sol plano, aparece en el *Tratado de la*

---

<sup>40</sup> *Relojes de sol hispano musulmanes*. Darío Cabanelas. Revista al-Andalus. nº 23. 1958. p 404 y ss.

*Ciencia de la Sombra*<sup>41</sup> de **al-Raqqām al-Andalusi**, donde dentro del apartado “Glosario de términos técnicos”, su autor define la *al-balatā* como “cuadrante solar plano”, no obstante indica que “para indicar la posición relativa del plano del cuadrante respecto al horizonte se indica en el texto la posición del plano del cuadrante. Así:

- *al-balata al-qa’ima*: cuadrante vertical
- *al-balata al-basita*: cuadrante horizontal
- *al-balata al-musattaha*: cuadrante horizontal
- *al-balata al-munharifa*: cuadrante inclinado respecto al plano del horizonte
- *al-balata al-ma’ila*: cuadrante declinante

---

<sup>41</sup> *Risala fi’ilm al-zilal*, de Muhammad ibn al-Raqqam al-Andalusí. Traducido y editado por Joan Carandell. (pp. 222)

- *al-balata al-munharifa al –ma'ila*: cuadrante inclinado y declinante
- *al-balata dat sathayni*: cuadrante díptico cuyas superficies forman un ángulo de 45°.
- En árabe antiguo encontramos la denominación *ala basita* باسطة o لثة باسطة instrumento plano o sencillo –en el caso de relojes trazados sobre una superficie plana, generalmente hechos de mármol *rukhâma* رخامة o *rukhamat* رخامات.
- Dicho término, *rukhamat* رخامات, aparece por primera vez en unos manuscritos fechados en el siglo IX EC en los que su autor **Thabit ibn Qurra** describe los cuadrantes existentes en el mundo árabe hacia el año 900 EC y es asimismo utilizado por **al-Khwarizmi**.

- En árabe actual, la forma más común de denominar el término reloj de sol es *mizwala*, مزولة totalmente alejada de *magana* مجانة utilizado genéricamente en la denominación “reloj”.
- Pero también el término *sa’a shamsiyya* ساعة شمسية es utilizado para definir tanto del método para la obtención de la hora por medio del sol, como para para el instrumento en sí.

Como el término *rukhamat* رخامات entiendo que es más genérico para los relojes horizontales planos y además es mencionado en los textos de **Thabit ibn-Qurra** y de **al-Khwarizmi** pero no en los andalusíes, y *basitah* o *basitat*, es utilizado para definir los cuadrantes planos pero sin especificar si se trata de declinantes o inclinados, como se indica en su propio texto, ¿Se podría convenir en denominar *balatās*, en árabe البلالطة, a los relojes de

sol planos, generalmente horizontales y confeccionados en mármol, que son los existentes en el antiguo territorio de al-Andalus que han llegado a nosotros?

Para el resto ya hemos visto que la riqueza del vocabulario árabe, y de la clasificación hecha por astrónomos y estudiosos, ha querido establecer una denominación propia para cada uno de ellos, por lo que quizás *sa'a shamsiyya* ساعة شمسية, en su traducción literal y moderna, relojes de sol, sea el término más adecuado para referirnos a ellos en su conjunto.

[www.relojandalusí.org](http://www.relojandalusí.org)

Legado gnomónico de al-Andalus.  
Personajes, documentos y materiales

Esteban Martínez Almirón  
relojandalusi@gmail.com

Edición actualizada al  
viernes, 09 de mayo de 2014



PAPELES DIGITALES  
**SOMBRA SOLAR**



## Publicaciones realizadas:

Número 1.

### **Los relojes de sol de la Catedral de Jaén. Dos visiones diferentes de un mismo tiempo solar**

MARTINEZ ALMIRON, Esteban

Fecha de publicación: Abril de 2014.

54 páginas. 1.200 Kb.

Número 2.

### **Legado gnomónico de al-Andalus. Personajes, documentos y materiales**

MARTINEZ ALMIRON, Esteban

Fecha de publicación: Mayo de 2014.

172 páginas. 2.883 Kb..