



Matemático, astrónomo, alfaquí y cadí. Vivió durante el siglo XI y su nombre alcanzó una gran notoriedad en el mundo árabe y posteriormente en el Renacimiento europeo, sobre todo por sus investigaciones y logros, tanto en trigonometría, como en el concepto de razón matemática. Se conservan muchas de sus obras científicas manuscritas e impresas, tanto en árabe, como en latín, hebreo e italiano, por lo que su fama fue importante tanto en los últimos siglos de al-Andalus como en los siglos XV y XVI europeos.

### BIOGRAFÍA

Abu 'Abd Allah Muhammad ibn Ibrahim ibn Muhammad ibn Mu'ad al-Sa'bani al-Yayyani nació en Jaén a principios del siglo XI, aunque no se sabe la fecha exacta, pero sí es conocido que murió en Jaén, en el año 1093. En algunas fuentes se le denomina con distintos apelativos como Abumadh, Abhomadii, Abumaad, Abenmohat y Abenmoat.

Perteneció a una familia muy influyente de Jaén dedicada al Derecho (*fiqh*) y a la judicatura, entre ellos cabe destacar a dos hermanos, uno de los cuales fue abuelo del tatarabuelo de nuestro biografiado, llamado Mu'ad ibn 'Utman al-Sa'bani, que fue nombrado cadí de Jaén por 'Abd al-Rahman II en el año 852, y su hermano Yujamir ibn 'Utman, cadí de Córdoba, y también al hijo de éste último, Sa'd ibn Mu'ad, importante alfaquí.

Ibn Mu'ad fue alfaquí y cadí de Jaén, y también fue cadí y visir de Sevilla. Tuvo fama de hombre sabio, y filósofo de su tiempo.

Se trasladó a Almería, para estudiar y tuvo la oportunidad de tener a varios maestros de prestigio de esa ciudad, entre ellos al cadí Abu Bakr ibn Sahib ibn al-Abbas y a Abu-l-'Abbas ibn al-Dalla'i, conocido alfaquí y experto en hadices que llegó a viajar al Oriente para hacer la peregrinación y aprender de los maestros egipcios.

Ibn Mu'ad era un experto en trigonometría esférica, desligando a esta disciplina de la astronomía, por primera vez en la historia y además atreviéndose a explicar el intrincado y

oscuro libro quinto de *Los Elementos* de Euclides.

---

## APORTACIONES A LA CIENCIA DE IBN MU'AD

### 1.- Explicación de la razón matemática (*Quinta definición del libro V de Euclides*).

Ibn Mu'ad hace comprensible la definición de este concepto pasando del concepto primario griego de "razón", como cociente de dos magnitudes conmensurables (razón racional), a la razón entre dos magnitudes inconmensurables (razón irracional). Aunque parece ser que Euclides dejó abierta la posibilidad de esta razón irracional, el comentario de Ibn Mu'ad hace que la definición de Euclides sea aplicable a las nuevas formas de los problemas planteados. Ibn Mu'ad defiende la validez de la definición de Euclides, a pesar de que el procedimiento euclídeo para la razón racional, mediante el máximo común divisor con divisiones sucesivas, para la razón irracional no llega nunca a su fin, pues la cadena de cocientes es infinita.

### 2.- La Trigonometría esférica.-

Su *Libro de las incógnitas de los arcos de la esfera* es el libro más antiguo que se conoce de Trigonometría Esférica. Es un verdadero compendio general de Trigonometría que se encuentra totalmente independizado de la Astronomía, a la que sólo menciona en su prólogo, y recoge todas las novedades que los matemáticos orientales habían ido introduciendo, en el siglo precedente, en esta materia. Está considerado como el primer tratado de Trigonometría Esférica. Dentro de este tratado se exponen, desde el teorema de Menelao, pasando por las relaciones de los arcos de círculos máximos de la esfera y las relaciones entre los arcos y sus cuerdas, llegando hasta la demostración del Teorema del seno, y algunas consecuencias derivadas de las fórmulas que va sucesivamente utilizando. La finalidad de la obra es resolver todos los casos posibles de triángulos esféricos, conocidos cuatro de sus elementos, y ver cómo si se reduce el número de elementos conocidos a tres, los triángulos quedan indeterminados. El orden para la resolución de los dieciséis diferentes casos de triángulos esféricos no es correlativo por lo que se deduce que Ibn Mu'ad establece una resolución deductiva diferente de alguna otra establecida previamente.

### 3.- *Demostración del Teorema del seno.-*

La demostración general de este teorema que realiza Ibn Mu'ad para triángulos esféricos es original suya, y parece ser que es independiente de las realizadas con anterioridad.

### 4.- *Cálculo de los valores actuales de la función tangente.-*

Aunque sin mencionar la función tangente, sí que calcula los valores del cociente entre el seno y el coseno de un ángulo, aunque en notación sexagesimal. Los cálculos los realiza de grado en grado hasta llegar a  $89^\circ$ , a partir de este momento calcula los valores de  $89,15^\circ$ ,  $89,30^\circ$ ,  $89,45^\circ$  y  $89,59^\circ$ , seguramente para ver su rápida velocidad de crecimiento. Para estos cálculos se ha demostrado que utiliza por primera vez la interpolación cuadrática a partir de la tabla de senos de al-Jwarizmi-Maslama. Además utiliza para los cálculos radios de círculo de 60 partes y también de 12 dígitos, aunque en algún caso también usa el valor unidad.

### 5.- *Cálculo de la altura de la atmósfera.-*

La cifra que obtiene Ibn Mu'ad a partir de los cuatro parámetros básicos (ángulo de depresión del crepúsculo vespertino y matutino de  $19^\circ$ , distancia media entre la Tierra y el Sol de 1110 radios terrestres, tamaño relativo del Sol y la tierra de 5,5 a 1 en radios terrestres, y una circunferencia de la Tierra de 38.624,25 kilómetros) es de 83,68 kilómetros para la altura de la atmósfera. Esta cifra se aceptó y se dio por válida en todo el Occidente latino durante casi seis siglos, hasta que debido a los estudios sobre la refracción atmosférica de Tycho Brahe tomó mucha importancia y fue reducida por los cálculos de Johan Kepler a 3,2 kilómetros.

### 6.- *Desarrollo del algoritmo conocido como método ecuatorial de límites fijos para la división de casas* .-

Durante mucho tiempo este método matemático fue atribuido en el Occidente latino a Johann Müller Königsberg (Königsberg 1436- Roma 1476, mas conocido por el sobrenombre de Regiomontano), ya que aparece en su obra *De Triangulis Omnimodis*. Sin embargo este algoritmo fue un claro referente utilizado y copiado por los astrólogos y astrónomos de la corte

del rey Alfonso X el Sabio, que siempre reconocieron su autoría a Ibn Mu'ad. Este procedimiento se utilizó tanto para la división de casas como, por analogía, para la proyección de rayos, y consiste en dividir el ecuador en arcos de 30° a partir del punto Este u Oeste, y por estos puntos de división trazar los círculos máximos que pasan por los puntos Norte y Sur del horizonte. Estos círculos máximos al cortar la eclíptica determinan las doce casas zodiacales.

### 7.- *Cálculo de la longitud geográfica de la ciudad de Jaén.-*

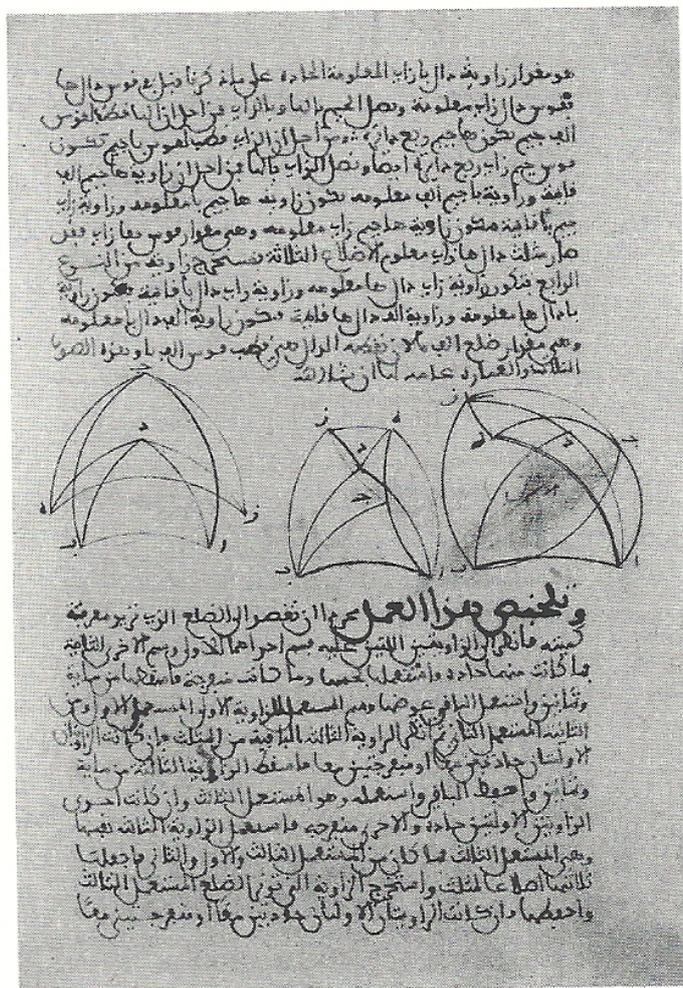
El cálculo está hecho como una adaptación del *Sindhind*, y se corresponde con las correcciones de longitudes realizadas entre la Península Ibérica y el meridiano de Arín. También es original de Ibn Mu'ad la fecha *rádix* utilizada como punto de partida de todos los movimientos medios de sus tablas. Ibn Mu'ad utiliza, como otros muchos astrónomos musulmanes, el principio de la Hégira, aunque la originalidad consiste en utilizar la conjunción media, y para ello parte de la medianoche entre el jueves 15 de julio del año 622, y el viernes 16. Otros autores, como por ejemplo al-Juwarizmi, utilizan también el comienzo de la Hégira, pero parten del mediodía del miércoles 14 del año 622, conjunción del sol y la luna del 1 del mes de Muharram.

### 8.- *Elaboración de la Tabla de estrellas.-*

Esta tabla contenía las longitudes de las estrellas para el comienzo de la Hégira, y además tenía como complemento otra tabla con la precesión constante calculada para años y meses. Ambas tablas son independientes de la tradición toledana.

### 9.- *Traslado a al-Andalus del primer método exacto para el cálculo del acimut de la alquibla.-*

Dentro del capítulo dieciocho de su obra sobre las Tablas de Jaén, Ibn Mu'ad describe el llamado método de los ziyes (método descrito anteriormente por al-Biruni), utilizado en Oriente y el Norte de África para calcular la orientación de la *alquibla* de las mezquitas y que, aunque conocido, no era utilizado aún por los arquitectos y astrónomos andalusíes.



Las obras de Ibn Mu'ad que han llegado a nuestros días son seis, de las cuales se conserva el texto manuscrito en árabe de tres de ellas, que son:

- *Maqala fi Sarh al-nisba (Comentario del concepto de razón matemática)* Esta obra manuscrita se conserva en la Biblioteca Nacional de Argel, con el número 1446, en él se puede leer claramente el sobrenombre de “al-Yayyani” (el Giennense). Este manuscrito ha sido estudiado, editado y traducido al inglés en la mitad del siglo veinte por E.B. Plooiij.
- *Risala fi Matrah al-su'a'at (Epístola sobre la proyección de rayos)*, este manuscrito en árabe esta fechado en el año de 1265, y se conserva en la Biblioteca Medicea Laurenziana de Florencia, como el nº 152. J.P. Hogendijk tradujo al inglés una parte que describe el algoritmo para el cálculo de la proyección de rayos.

- *Kitab Mayhulat qisi al-kura (Libro de las incógnitas de los arcos de la esfera)*, de esta obra se conservan dos copias manuscritas, una de ellas en el manuscrito nº 152 de la Biblioteca Medicea Laurenziana de Florencia, junto con la obra anterior, y otra en la Biblioteca del Real Monasterio de San Lorenzo de El Escorial de Madrid, con el nº de manuscrito 960 (antes 955). Este último manuscrito ha sido estudiado, editado y traducido al español por M.V. Villuendas en 1979.

De las demás obras no se conserva el texto en árabe. De la obra *Sobre el eclipse de Sol*, se conserva la traducción al hebreo que realizó Samuel Ben Judá, en la Biblioteca Nacional de París (manuscrito misceláneo 1036). Del

*Liber de Crepusculis matutino et vespertino*

, se conservan traducciones realizadas al hebreo por Samuel Ben Judá (manuscrito 1036, junto con la obra anterior, de la Biblioteca Nacional de París), que fue estudiado y traducido al inglés por B.R. Goldstein en 1977; al latín, versión realizada, casi con total probabilidad, por el famoso traductor Gerardo de Cremona, de la que se conservan aproximadamente veinticinco manuscritos realizados entre los siglos XIII y XVII (esta obra fue impresa en Lisboa y en Basilea en el siglo XVI, al menos en cuatro años distintos 1542, 1572, 1573, 1592); y una traducción al italiano anónima del siglo XIV (texto editado en inglés por Mark Smith en 1993). Respecto de las Tablas de Jaén, fueron traducidas al latín, a finales del siglo XII por Gerardo de Cremona bajo el título de

*Liber tabularum lahem cum regulis suis*

, obra de la que ha llegado a nuestros días sólo una parte, los cánones pero no las tablas, gracias a una edición impresa en Nüremberg en 1549 con el título

*Scriptum antiquum saraceni cuiusdam de diversarum Pentium Eris, annis ac mensibus et de reliquis Astronomiae principiis*

. Del texto latino de esta obra, tanto J. Samsó, como H. Mielgo y J.P. Hogendijk han estudiado, analizado y traducido al inglés parte de algunos capítulos finales.

---

## Bibliografía

- CALVO, E. y CASULLERAS, J. (2006): "Ibn Mu'ad al-Yayyani", en LIROLA, J. (ed.), *Enciclopedia de la Cultura Andalusí*, IV, Págs. 197-201.

- CASULLERAS, J. (2004): "Ibn Mu'adh on the Astrological Rays", en *Suhayl*, 4, Págs. 385-402.
- CASULLERAS, J. y SAMSÓ, J. (eds.) (1996): *From Bagdad to Barcelona. Studies in the Islamic Exact Sciences in Honour of Prof. Juan Vernet*, Barcelona, 2 vols.
  
- GARCÍA DONCEL (1982) : "Quadratic Interpolations in Ibn Mu'adh", en *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, 32, Págs. 68-77.
  
- GOLDSTEIN, B.R., (1977): "Ibn Mu'adh's Treatise On Twilight and the Height of the Atmosphere", en *Archive for the History of Exact Sciences*, 17, Págs. 97-118.
- HERMELINK, H., (1977-1980): "al-Jayyani", en GILLISPIE, CH.C. (ed.), *Dictionary of Scientific Biography*, 16 vols., Nueva York, VII, Págs. 82-83.
  
- HOGENDIJK, J.P. (2005): "Applied Mathematics in Eleventh Century al-Andalus: Ibn Mu'adh al-Jayyani and his computation of astrological houses and aspects", en *Centaurus*, 74, Págs. 87-114.
- KENNEDY, E.S. (1994): "Ibn Mu'adh on the Astrological Houses", en *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften*, 9, Págs. 153-160.
  
- MARK SMITH, A.. (1992): "The Latin Version of Ibn Mu'adh's Treatise "On Twilight and the Rising of Clouds", en *Arabic Sciences and Philosophy*, 2, Págs. 83-132.
- MARK SMITH, A. and GOLDSTEIN, B.R. (1993): "The Medieval Hebrew and Italian Versions of Ibn Mu'adh's "On Twilight and the Rising of Clouds", en *Nuncius*, 8, Págs. 611-643.
- MARTOS, J. (2005): "La actividad científica en la España musulmana", en *Hesperia. Culturas del Mediterráneo*, II, Págs. 137-164.
  
- MARTOS, J. (2006): "La ciencia matemática árabe", en MORENO CASTILLO, R., (trad. y notas) *Compendio del arte del cálculo, atribuido a Ibn al-Samh*, Madrid.
- MARTOS QUESADA, J. y ESCRIBANO RÓDENAS, M.C. (2008): "Vida y obra del matemático giennense del siglo XI Ibn Mu'ad", en *Boletín. Instituto de Estudios Giennenses Julio/Dicbre 2008 nº 198.- Págs. 117-137.*
  
- PLOOIJ, E.B. (1950): *Euclid's conception of ratio and his definition of proportional magnitudes as criticized by Arabian commentators. Including the text in facsimile with translation of the commentary on ratio of Abu 'Abd Allah Muhammad ibn Mu'ad al-Djajjani"*, Rotterdam.
  
- RASHED, R. (dir.) (1997): *Histoire des sciences arabes*, 3 vols., París.
- SAMSÓ, J. (1992): *La ciencia de los antiguos en al-Andalus*, Madrid.

- SAMSÓ, J. (1994): *Islamic Astronomy and Medieval Spain*, Variorum reprints, VII.
- SAMSÓ, J. (1980): "Notas sobre la trigonometría de Ibn Mu'ad", en *Awraq*, 3, Págs. 60-68.
- SÁNCHEZ PÉREZ, J.A.(1921): *Biografías de grandes matemáticos árabes que florecieron en España*, Madrid.
- VERNET, J., *La cultura hispanoárabe en Oriente y Occidente*, Barcelona, 1978.
- VERNET, J. y SAMSÓ, J. (1981): "Panorama de la ciencia andalusí en el siglo XI", en *Actas de las Jornadas de Cultura Árabe e Islámica* (1978), Madrid.
- VERNET, J. y SAMSÓ, J. (eds.) (1992): *El Legado científico andalusí*, Madrid.
- VILLUENDAS, M.V. (1981): "El origen de la Trigonometría", en REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES, *Historia de la ciencia árabe*, Madrid.
- VILLUENDAS, M.V. (1979): *La Trigonometría en el siglo XI. Estudio de la obra de Ibn Mu'ad, el "Kitab mayhulat"*, Barcelona.

B