

AL-ZĪYĀ AL-MUSTAWFĀ DE IBN AL-RAQQĀM Y LOS
APOGEOS PLANETARIOS EN LA TRADICIÓN
ANDALUSO-MAGREBÍ ¹

MONTSE DÍAZ-FAJARDO

Universidad de Barcelona

1. Generalidades

Ptolomeo imaginaba el apogeo solar fijo, contrariamente a los apogeos planetarios que se movían con la precesión (1° cada 100 años). Hacia el año 831, el grupo de astrónomos de al-Ma'mūn concluyeron que el apogeo del Sol, al igual que los apogeos planetarios, estaba afectado por la precesión de los equinoccios estimada ahora en 1° cada 66 años. Esta situación no conoció novedades importantes hasta c. 1075-1080, en que el astrónomo toledano Ibn al-Zarqālluh (m. 1100) escribió un tratado titulado, probablemente, *Sobre el año solar* o *Suma relativa al Sol* ² en el que afirmaba que el apogeo solar estaba afectado por dos movimientos: una precesión variable (trepidación) y un movimiento de velocidad constante de 1° cada 279 años julianos.

Por las fuentes estudiadas hasta ahora se establecía que, de entre los seguidores de Ibn al-Zarqālluh en al-Andalus y en el norte de África, Ibn al-Kammād (fl. 1116 en Córdoba), Ibn al-Hā'im al-Išbīlī (fl. 1205) e Ibn Ishāq al-Tūnīsī (fl. 1193-1222) extendieron el movimiento propio del apogeo del Sol a los apogeos de los cinco planetas. Por su parte, Ibn al-Bannā' al-Marrākušī (1256-1321) ³ marcaba una

¹ Este trabajo se ha llevado a cabo en el marco de un proyecto de investigación titulado "Ciencia y sociedad en el Mediterráneo Occidental en la Baja Edad Media", subvencionado por el Programa Nacional de Humanidades (NHUM) del MEDU y cofinanciado por FEDER.

² Cf. Samsó y Millás, "Ibn al-Bannā', Ibn Ishāq"; Toomer, "A History of Errors" y del mismo autor, "An Epilogue".

³ Sobre estos astrónomos, cf. para Ibn al-Kammād: Chabás y Goldstein, "Andalusian Astronomy"; Goldstein y Chabás, "Ibn al-Kammād's Star List"; Mancha, "On Ibn al-Kammād's Table". Para Ibn al-Hā'im: Calvo, "Astronomical Theories" e "Ibn al-Kammād's Astronomical Work"; Comes, "Ibn al-Hā'im's Trepidation Model"; Puig, "The Theory of the Moon". Para Ibn Ishāq: Mestres, *Materials Andalusins* (39-42) y "Maghribī Astronomy" (394-395, 411-413). Para Ibn al-Bannā': Samsó y Millás, "Ibn

ruptura al considerar que solamente los apogeos de los planetas inferiores, Venus y Mercurio, se contagiaban de este movimiento.

2. Ibn al-Raqqām y *al-Zīy al-Mustawfā*

El astrónomo y matemático Abū ‘Abd Allāh Muḥammad ibn al-Raqqām al-Andalusī (m. 1315 en Granada) era originario de Murcia, vivió un tiempo en Túnez y Bugía hasta que, después del año 1280, se trasladó a Granada para enseñar medicina y derecho musulmán por encargo del sultán nazarí Muḥammad II (reinó 1273-1302) ⁴.

Entre las tablas astronómicas que Ibn al-Raqqām compuso conocemos dos: *al-Zīy al-Šāmil* (ms. 249, Museo Kandilli, Estambul) y *al-Zīy al-Qawīm* (ms. 260, Biblioteca General, Rabat; el Museo Naval de Madrid guarda un códice fragmentario). El contenido de *al-Šāmil* muestra la influencia de Ibn Ishāq, en sus tablas, y de Ibn al-Hā’im (*al-Zīy al-Kāmil*), en sus cánones. *Al-Qawīm* es, probablemente, una adaptación de *al-Šāmil* ⁵.

Desde hace poco tiempo sabemos de la existencia de un tercer *zīy*: *al-Zīy al-Mustawfā* del que se conservan varios manuscritos en la Biblioteca Nacional de Túnez y en la de El Cairo ⁶. En la Biblioteca Ge-

al-Bannā’, Ibn Ishāq” (X: 7-9) y “The Computation of Planetary Longitudes” (265-270); Vernet, *Contribución al estudio* (77, 91-92, texto árabe: 26-27).

⁴ Sobre Ibn al-Raqqām véase Samsó, *Las ciencias de los antiguos*, 393-394, 414-415 y 433; Carandell, *Risāla fī ‘ilm al-zilāl*, 37-49; ‘Abd al-Rahmān, *Hisāb atwāl al-kawākib*, 4-6; Kennedy, “The Astronomical Tables”. Ibn al-Jaṭīb en la *Iḥāta* (69-70) refiere acerca de las obras de Ibn al-Raqqām: *wa-lajjaṣa, wa-lam yaftur min taqyīd wa-šarḥ wa-taljīs wa-tadwīn* (“hizo resúmenes y no fueron pocas sus anotaciones, explicaciones, sinopsis y compendios”, en la traducción de Carandell, 37). El término *taqyīd* aparece en el título de varias de las obras compuestas por Ibn al-Raqqām, hasta ahora desconocidas, que conserva la Biblioteca General de Rabat: *Taqyīd min Kitāb al-filāḥa al-nabaṭīya* (sobre agronomía) y *Taqyīd fī l-‘amal bi-kurat al-ašturlāb* (astronomía). Otras obras suyas son *al-Tanbīh wa-l-tabṣīr fī nawāzil al-taksīr* o *Ta’līf fī l-taksīr* (sobre geometría aplicada a la medida de superficies) y *Ta’līf fī l-ṭibb* y *Kitāb fī l-ṭibb* (medicina). Cf. Allouche et Regragui, *Catalogue des Manuscrits*, vol. II, 262 (n.º 2426: *Ta’līf fī l-taksīr*), 275 (n.º 2464: *Taqyīd min Kitāb*) y 342 (n.º 2667: *Ta’līf fī l-ṭibb*). Al-Kattānī y al-Tādīlī, *Fihris al-majtūṭāt*, vol. V, 171 (n.º 4138: *al-Tanbīh*), 176 (n.º 4155: *Taqyīd fī l-‘amal*). *Exposición de manuscritos*, 10 (n.º 20: *Kitāb fī l-ṭibb* y n.º 21: *Taqyīd min Kitāb*).

⁵ Para *al-Šāmil* cf. ‘Abd al-Rahmān, *Hisāb atwāl al-kawākib*. Para *al-Qawīm* Samsó, *Las ciencias de los antiguos*, 421-427. Kennedy describe ambos *zīy*es en “The Astronomical Tables”.

⁶ Biblioteca Nacional de Túnez: Aḥmadīya, numeración antigua: 5584; numeración moderna: 11018. En la Biblioteca Nacional de El Cairo se conservan los capítulos 50 y 51. DM 718, 2, cf. King, *A Survey*, págs. 84 y 138.

neral de Rabat hay un extracto de *al-Mustawfā* relativo a la ecuación del tiempo (*Ta'dīl al-ayyām bi-layālī-hā*) y dos códices completos: el ms. 4157 y el 2461. Para este trabajo he utilizado únicamente este último ⁷, copiado por Muḥammad ibn Aḥmad al-Hawwārī el viernes 17 del mes de ṣafar de 1313 (viernes 9 de agosto de 1895).

En lo que respecta al movimiento de los apogeos, la posición de Ibn al-Raqqām es ecléctica ⁸: en *al-Šāmil* se muestra partidario de Ibn al-Hā'im en la aplicación del movimiento de los apogeos a todos los planetas. La situación cambia en *al-Qawīm* en el que comparte la opinión de Ibn al-Bannā': el movimiento de los apogeos afecta sólo a los planetas inferiores.

El capítulo 18 de *al-Mustawfā*, *Fī ma'rīfat al-awyāt* (págs. 171-172), contiene los cánones de la tabla *ḡadwal ḡarakat al-awy* (pág. 229). El texto es el siguiente:

الباب الثامن عشر [pág. 171]

في معرفة الأوجات

ادخل بالتأريخ الذي تريد في جدول حركة الأوج واخرج الحركة الواجبة
للسنين الباقية المجموعة والمبسوطة والشهور كما تقدم في استخراج الأوساط واجمع
ذلك كله فما كان فهو مقدار حركة الأوج من أول تأريخ الهجرة إلى الوقت
الذي عدلت له فاحمل ذلك على أوج الشمس لأول تأريخ الهجرة فما كان فهو

⁷ Al-Kattānī y al-Tādīlī, *Fihris al-majtū'āt*, vol. V, 176 (n.º 4156: *Ta'dīl al-ayyām* y n.º 4157: *al-Zīy al-Mustawfā*). No dispongo de la parte del catálogo correspondiente al ms. 2461; he empleado una colección de fotografías del manuscrito enviadas generosamente por el profesor Fuat Sezgin (Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften, Frankfurt) al profesor Julio Samsó (Universidad de Barcelona).

⁸ Ibn al-Raqqām mantiene su eclecticismo en otros problemas astronómicos como los valores máximos de sus tablas de trepidación que cambian en sus zīyēs. Por otra parte, no es siempre coherente y sistemático en sus estimaciones del valor de la trepidación para una fecha determinada, cf. Díaz-Fajardo, *La teoría de la trepidación*, 55-57.

أوج الشمس المعدل للوقت الذي أردت وهو أبدا مساوٍ لأوج الزهرة وأما أوج عطارد فاحمل على أوج الشمس المعدل أربعة بروج ودرجة واحدة وأربعين دقيقة فما كان منه فهو أوج عطارد وإن شئت فاحمل عليه أوجه لأوّل تأريخ الهجره يكن أوجه المعدل [pág. 172] وأما الكواكب الثلاثة العلوية فأوجاتها ثابتة لا تحتاج إلى حركة تتراد أو تنقص فأوج زحل **ز كط مج** وأوج المشتري **ه ط مج** وأوج المريخ **د ب مج** وهذا اختيار ابن إسحاق في اصطلاحه وإن كان ذلك غير موافق للقياس والأرصاد المتقدمة ولكن هذا الاصطلاح ينفع به زمانا ما حتّى يصحّ رصد محلّ حقيقة ذلك والحضيض أبدا في مقابلة الأوج فرد ستّة بروج على أوج الكوكب أو انقص منه ستّة بروج يخرج حضيضه.

Traducción:
[pág. 171]

Capítulo 18 Conocimiento de los apogeos

Entra con la fecha que quieras en la tabla del movimiento del apogeo y extrae el movimiento que corresponda a los años transcurridos —años colectos y años simples— y a los meses, tal y como se ha explicado en relación con los movimientos medios. Súmalo todo y obtendrás el valor del movimiento del apogeo desde el principio de la Hégira hasta el momento para el que realices el cálculo.

Suma este valor al apogeo del Sol para el principio de la Hégira, el resultado es el apogeo corregido del Sol para el tiempo deseado, el cual es siempre igual que el apogeo de Venus. Para el apogeo de Mercurio, suma 4 signos 1 grado y 40 minutos al apogeo corregido del Sol y lo que resulte será el apogeo de Mercurio. Si quieres, súmaselo ⁹ a su apogeo para el principio de la Hégira, será su apogeo corregido.

⁹ O sea, suma el desplazamiento de los apogeos, para la fecha del cálculo, al apogeo de Mercurio en el principio de la Hégira.

[pág. 172] *En cuanto a los tres planetas superiores, sus apogeos son fijos no necesitan que se les sume o se les reste otro movimiento. El apogeo de Saturno es 7^s 29;43°, el de Júpiter 5^s 9;43° y el de Marte 4^s 2;13°.*

Ésta es la elección de Ibn Ishāq de acuerdo con el criterio que adoptó, aunque diverge de las estimaciones y de las observaciones anteriores; esta corrección es útil cierto tiempo hasta que se confirme una observación que descifre la autenticidad de eso.

La posición del perigeo es siempre la opuesta del apogeo. Para obtener el perigeo suma o resta 6 signos al apogeo planetario.

3. Comentario

SOL Y PLANETAS INFERIORES: Se obtiene el movimiento medio del apogeo para un instante t [$\Delta\lambda_{ap}(t)$] sumando los valores que tabula la «Tabla del movimiento del apogeo» (cf. sección 4). El resultado se suma a la posición del apogeo del Sol para el principio de la Hégira: $\lambda_{ap}(S_r)$. El valor obtenido es el apogeo corregido (*al-mu'addal*) del Sol: $\lambda_{ap}(S_c)$ para el instante t . El apogeo corregido del Sol es siempre el mismo que el apogeo corregido de Venus: $\lambda_{ap}(V_c)$.

$$\begin{aligned}\Delta\lambda_{ap}(t) + \lambda_{ap}(S_r) &= \lambda_{ap}(S_c) \\ \Delta\lambda_{ap}(t) + \lambda_{ap}(S_r) &= \lambda_{ap}(V_c)\end{aligned}$$

El apogeo corregido de Mercurio $\lambda_{ap}(M_c)$ se obtiene por dos procedimientos:

1) Se suma el apogeo corregido del Sol a la distancia entre el apogeo de Mercurio y el apogeo solar $\Delta_{ap}(M \leftrightarrow S) = 4^s 1;40^\circ$.

$$\lambda_{ap}(S_c) + \Delta_{ap}(M \leftrightarrow S) = \lambda_{ap}(M_c)$$

2) Se suma el desplazamiento de los apogeos a la posición del apogeo de Mercurio en el principio de la Hégira $\lambda_{ap}(M_r)$.

$$\Delta\lambda_{ap}(t) + \lambda_{ap}(M_r) = \lambda_{ap}(M_c)$$

El texto nos da el valor de $2^s 16;44,17^\circ$ como posición rádix del apogeo solar para el principio de la Hégira. Es el mismo que utilizan Ibn Ishāq en la tabla conservada en la recopilación anónima del ma-

nuscrito de Hyderabad e Ibn al-Bannā' en el *Minhāy*. Conocemos extractos del *zīy* de Ibn Ishāq a través del *Minhāy al-ṭālib* de Ibn al-Bannā', de los tres *zīyēs* de Ibn al-Raqqām y de un tratado sin título escrito hacia 1280, conservado en la Biblioteca de Andra Pradesh (Hyderabad), obra de un astrónomo tunecino anónimo, en el que compiló materiales, sobre todo, de Ibn Ishāq y, en menor grado, de Ibn al-Kammād, Ibn al-Hā'im y otros ¹⁰.

La operación que realiza Ibn al-Raqqām para el cálculo del apogeo corregido del Sol es la misma que detalla Ibn al-Hā'im en *al-Zīy al-Kāmil*. Para este último, el apogeo corregido del Sol es igual al valor de la distancia del apogeo desde la cabeza de Aries ¹¹, lo que implica que Ibn al-Hā'im no utiliza, como Ibn al-Raqqām, el principio de la Hégira como fecha rādix, sino un momento en el que el valor de la trepidación era 0°. La escuela andalusí consideraba las posiciones sidéreas del apogeo solar y las corregía con el movimiento propio de los apogeos. Si deseaba posiciones trópicas sumaba al apogeo corregido el valor de la trepidación para la fecha en cuestión.

Los apogeos de Venus y Mercurio tienen un movimiento idéntico al del apogeo del Sol. Esto resulta lógico, sobre todo, en el caso de Venus cuyo apogeo, movimiento medio y ecuación del centro coinciden con los del Sol en la tradición astronómica islámica ¹².

El apogeo de Venus coincide con el del Sol: 2^s 16;44,17°. Ibn Ishāq, Ibn al-Bannā' e Ibn al-Raqqām en *al-Šāmil* y en *al-Qawīm* utilizan este mismo valor rādix.

Ibn al-Raqqām no menciona la longitud del apogeo de Mercurio en la fecha rādix. Puede calcularse sumando el apogeo solar rādix a la distancia entre el apogeo de Mercurio y el del Sol:

$$\lambda_{ap}(S_r) + \Delta_{ap}(M \leftrightarrow S) = \lambda_{ap}(M_r)$$

$$2^s 16;44,17^\circ + 4^s 1;40^\circ = 6^s 18;24,17^\circ$$

Ibn al-Raqqām utiliza, prácticamente, este mismo valor en *al-Šāmil* y en *al-Qawīm* (6^s 18;25°) y lo mismo hacen Ibn al-Bannā'

¹⁰ Véase el estudio que de este *zīy* hizo Mestres con el título *Materials Andalusins en el Zīj d'Ibn Ishāq al-Tūnisī*, 39-42 y 192-193 (cánones). Una descripción del mismo en Mestres, "Maghribī Astronomy", 394-395 (cánones) y 412. Sobre Ibn al-Bannā': Vernet, *Contribución al estudio*, 77.

¹¹ Puig, "The Theory of the Moon", 73, nota 3.

¹² Goldstein y Sawyer, "Remarks on Ptolemy's Equant Model".

en el *Minhāy* e Ibn Ishāq en los cánones del manuscrito de Hyderabad (6^s 18;24,17°), aunque en una tabla del mismo se menciona otro valor (6^s 14;43°)¹³.

PLANETAS SUPERIORES: Ibn al-Raqqām da las longitudes rādix siguientes y especifica que sus apogeos permanecen fijos, es decir, son sidéreos, no les afecta otro movimiento como en el caso del Sol y de los planetas inferiores:

Saturno: 7^s 29;43°

Júpiter: 5^s 9;43°

Marte: 4^s 2;13°

Los valores son los mismos que emplean Ibn Ishāq, Ibn al-Bannā' y el propio Ibn al-Raqqām en *al-Šāmil* y en *al-Qawīm*. En estos dos *zīyēs*, así como en *al-Mustawfā*, Ibn al-Raqqām aproxima a minutos los apogeos de los tres planetas.

TEORÍA DE IBN ISHĀQ: Éste es el método que Ibn al-Raqqām reproduce, según él mismo manifiesta. No siempre la serie de tablas astronómicas que aparecen en un *zīy* están acompañadas por sus respectivas instrucciones o cánones. Éste es el caso del trabajo de Ibn Ishāq cuyas tablas carecían de cánones y no se divulgaron bajo el formato de un libro sino en fichas independientes.

El manuscrito en el que se basaba el autor anónimo de la compilación de Hyderabad tenía algunas instrucciones. Si aceptamos que el manuscrito anónimo contiene la teoría de Ibn Ishāq, éste dotaba de movimiento a los apogeos de todos los planetas, según consta en sus cánones, pero *al-Zīy al-Mustawfā* de Ibn al-Raqqām contradice esta interpretación. El autor anónimo completó las tablas faltas de cánones con los de Ibn al-Kammād e Ibn al-Hā'im; por otro lado, aquél se cuestiona en diversas ocasiones que los cánones del tratado que él manejaba perteneciesen realmente a Ibn Ishāq, argumentando que quienes lo conocían sabían que su doctrina astronómica difería de la expuesta en algunas de las instrucciones.

¹³ Cf. los dos grupos diferentes de longitudes para Ibn Ishāq en Mestres, *Materials Andalusins*, 192-193.

4. Tabla

Presento, a continuación, una edición de la tabla del movimiento del apogeo, tal como aparece en *al-Zīy al-Mustawfā*. La misma tabla se encuentra en el manuscrito de Hyderabad (H) —para los años colectos sólo el tramo de 630 a 900 años—, en Ibn al-Bannā' (B) y en los otros dos *zīyēs* de Ibn al-Raqqām: *al-Šāmil* (Rš) y *al-Qawīm* (Rq)¹⁴, aunque presentan ligeras variantes por lo que he introducido en nota las diferencias correspondientes.

La posición rādix del apogeo corresponde, según Ibn al-Raqqām, al principio de la Hégira. Está calculada para la longitud de Toledo (28°). El desplazamiento diario del apogeo que mejor ajusta a los valores es de 0;0,0,2,7,10°. Las diferencias indicadas en la tabla [(+1) o (−1)] corresponden al recálculo con el valor anterior en la cifra de los segundos.

Sobre el encabezamiento de la tabla hay una anotación, del propio copista y usuario del *zīy*, en la que se lee que la longitud del apogeo para el año 1314 de la Hégira (1896/97 J.C.) es igual a 2^s 21;18,25°. Con el recálculo obtengo:

$$\Delta\lambda_{ap}(1314) + \lambda_{ap}(S_r) = \lambda_{ap}(S_o)$$

$$4;34,8^\circ + 2^s 16;44,17^\circ = 2^s 21;18,25^\circ$$

El cálculo está hecho para el final del año 1314. Según la anotación, este cálculo corresponde a la longitud de Fez, sin embargo, el copista y usuario no ha aplicado ninguna corrección que corresponda a la diferencia de longitud entre Fez y Toledo. De hecho, la corrección sería inapreciable pero llama la atención esta precisión del usuario de las tablas.

¹⁴ Cf. para el ms. de Hyderabad: Mestres, *Materials Andalusins*, 194 (tabla 6c), 199 (tabla 9) y “Maghribī Astronomy”, 411-412; tabla de Ibn al-Bannā': Millás, *Estudios sobre Azarquiel*, 208; tablas de Ibn al-Raqqām: 'Abd al-Rahmān, *Hisāb aṭwāl al-kawākib*, 170-173 y Biblioteca General de Rabat, ms. 260, pág. 74, respectivamente.

5. Conclusiones

De acuerdo con *al-Zīy al-Mustawfā* de Ibn al-Raqqām:

Los cánones de la tabla del movimiento del apogeo que aparecen en el manuscrito de Hyderabad no serían de Ibn Ishāq. Ibn Ishāq creía en un movimiento del apogeo sólo en el caso de Venus y Mercurio. Los apogeos de los planetas superiores permanecían fijos. Él sería el iniciador de esta doctrina.

La escuela andaluso-magrebí se ordenaría en dos grupos:

— Todos los planetas están afectados por el movimiento del apogeo solar. Sus partidarios son Ibn al-Kammād e Ibn al-Hā'im.

— Sólo los planetas inferiores están afectados por el movimiento del apogeo solar, mientras que el apogeo de los planetas superiores permanece fijo. Sus partidarios son Ibn Ishāq e Ibn al-Bannā'.

Queda abierta la cuestión sobre cuál era la opinión del maestro de esta escuela, Ibn al-Zarqālluh, ya que dos de los más fieles seguidores de sus teorías, Ibn al-Hā'im e Ibn Ishāq, toman caminos distintos, siendo probablemente el primero el que representa mejor las doctrinas del astrónomo de Toledo.

Ibn al-Raqqām continúa mostrando una actitud ecléctica: en *al-Šāmil* sigue a Ibn al-Hā'im (cuyos cánones copia), en *al-Qawīm* coincide con Ibn al-Bannā'. Ibn al-Raqqām parece tomar partido por esta última tendencia en *al-Mustawfā* ya que reproduce a Ibn Ishāq; sin embargo, nos dice, éste discrepa de la teoría de los antiguos (probablemente aludiendo a Ibn al-Zarqālluh (?), Ibn al-Kammād e Ibn al-Hā'im), pero éste es el estado de la cuestión hasta que una nueva observación aclare el problema.

6. Bibliografía

- 'ABD AL-RAHMĀN, M., *Ḥisāb aṭwāl al-kawākib fī l-zīy al-Šāmil fī tahdhīb al-Kāmil li-Ibn al-Raqqām*, tesis doctoral inédita presentada en la Universidad de Barcelona en 1996.
- ALLOUCHE, I.S. y REGRAGUI, A., *Catalogue des Manuscrits Arabes de Rabat*, Publications de la Bibliothèque Générale et Archives, vol. II, Rabat, 2001 (2^{ème} édition).
- CALVO, E., "Astronomical Theories Related to the Sun in Ibn al-Hā'im's *al-Zīy al-Kāmil fī l-Ta'ālīm*", *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften*, vol. 12, Frankfurt am Main, 1998, 51-111.

- “Ibn al-Kammād’s Astronomical Work in Ibn al-Hā’im’s *al-Zij al-Kāmil fī-l-Ta’ālīm*”, *Science and Technology in the Islamic World*, Proceedings of the XXth International Congress of History of Science (Liège, 20-26 July 1997), Edited by S.M. Razaullah Ansari with a Proceedings’author index by Daniela Berariu, vol. XXI, Brepols, 2002, 109-120.
- CARANDELL, J., *Risāla fī ‘ilm al-zilāl*, Universidad de Barcelona, Instituto “Millás Valli-crosa” de Historia de la Ciencia Árabe, Barcelona, 1988.
- CHABÁS, J. y GOLDSTEIN, B.R., “Andalusian Astronomy: *al-Zij al-Muqtabis* of Ibn al-Kammād”, *Archive for History of Exact Sciences*, vol. 48, number 1, Springer-Verlag, 1994, 1-41.
- COMES, M., “Ibn al-Hā’im’s Trepidation Model”, *Suhayl. Journal for the History of the Exact and Natural Sciences in Islamic Civilisation*, vol. 2, Barcelona, 2001, 291-408.
- DÍAZ-FAJARDO, M., *La teoría de la trepidación en un astrónomo marroquí del siglo XV*, Universitat de Barcelona, Instituto “Millás Valli-crosa” de Historia de la Ciencia Árabe, Barcelona, 2001.
- Exposición de manuscritos andalusíes, con motivo de la celebración del coloquio internacional: La civilización islámica en al-Andalus y los aspectos de tolerancia*. Centro de Estudios al-Andalus para el diálogo entre civilizaciones & la Biblioteca General, Ministerio de Cultura y Comunicación, bajo el patrocinio de Su Majestad el Rey Mohamed VI y con el apoyo de su alteza real el Príncipe Abdelaziz Ibn Fahd Ibn Abdelaziz, 2002.
- GOLDSTEIN, B.R. y CHABÁS, J., “Ibn al-Kammād’s Star List”, *Centaurus*, vol. 38, Munksgaard, 1996, 317-334.
- GOLDSTEIN, B.R. y SAWYER, F.W., “Remarks on Ptolemy’s Equant Model in Islamic Astronomy. Appendix: On Ptolemy’s Determination of the Apsidal Line for Venus”, en Y. Maeyama y W.G. Saltzer, *Prismata. Naturwissenschaft-geschichtliche Studien. Festschrift für Willy Hartner*, Wiesbaden, 1977, 165-181.
- IBN AL-JAṬĪB, *Al-Iḥāṭa fī ajbār Garnāṭa*, ed.: Muḥammad ‘Abd Allāh ‘Inān, vol. III, El Cairo, 1395/1975.
- AL-KATTĀNĪ, M.I. y AL-TĀDILĪ, Ṣ, *Fihris al-majtū‘āt al-‘arabiya, al-maḥfūza fī l-Jizāna al-‘Āmma bi-l-Ribāṭ*, al-Jizāna al-‘Āmma li-l-kutub wa-l-waṭā’iq, vol. V, Casablanca, 1997.
- KENNEDY, E.S., “The Astronomical Tables of Ibn al-Raqqām, a Scientist of Granada”, *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften*, vol. 11, Frankfurt am Main, 1997, 35-72.
- KING, D.A., *A Survey of the Scientific Manuscripts in the Egyptian National Library*, The American Research Center in Egypt Catalogs, vol. 5, Winona Lake, Indiana, 1986.
- MANCHA, J.L., “On Ibn al-Kammād’s Table for Trepidation”, *Archives for the History of Exact Sciences*, vol. 52, 1998, 1-11.
- MESTRES, A., “Maghribī Astronomy in the 13th Century: a Description of Manuscript Hyderabad Andra Pradesh State Library 298”, *From Baghdad to Barcelona. Studies in the Islamic Exact Sciences in Honour of Prof. Juan Vernet*, vol. I, Barcelona, 1996, 383-443, ed. Casulleras, J. and Samsó, J.
- *Materials Andalusins en el Zij d’Ibn Ishāq al-Tūnisī. Edició crítica i estudi del Manuscrit 298 de la Andra Pradesh State Library de Hyderabad*, tesis doctoral inédita presentada en la Universidad de Barcelona en 1999.
- MILLÁS, J.M., *Estudios sobre Azarquiel*, Madrid-Granada, 1943-50, (2.^a edición, Toledo, 1993).
- PUIG, R., “The Theory of the Moon in the *Al-Zij al-Kāmil fī-l-Ta’ālīm* of Ibn al-Hā’im (ca. 1205)”, *Suhayl. Journal for the History of the Exact and Natural Sciences in Islamic Civilisation*, vol. 1, Barcelona, 2000, 71-99.

- SAMSÓ, J., *Las ciencias de los antiguos en al-Andalus*, Mapfre, Madrid, 1992.
- SAMSÓ, J. y MILLÁS, E., "Ibn al-Bannā', Ibn Ishāq and Ibn al-Zarqālluh's Solar Theory" (1989), en J. Samsó, *Islamic Astronomy and Medieval Spain*, Variorum Reprints, Aldershot, 1994, X:1-35.
- , "The Computation of Planetary Longitudes in the *zīj* of Ibn al-Bannā'", *Arabic Sciences and Philosophy*, vol. 8, Cambridge University Press, 1998, 259-286.
- TOOMER, G.J., "The Solar Theory of Az-Zarqāl. A History of Errors", *Centaurus*, vol. 14, Munksgaard, 1969, 306-336.
- , "The Solar Theory of Az-Zarqāl: An Epilogue", *From Deferent to Equant: A Volume of Studies in the History of Science in the Ancient and Medieval Near East in Honor of E.S. Kennedy* (Annals of the New York Academy of Sciences, vol. 500), New York, 1987, 513-519.
- VERNET, J., *Contribución al estudio de la labor astronómica de Ibn al-Bannā'*, Tetuán, 1951.

RESUMEN

El manuscrito 2461 de la Biblioteca General de Rabat conserva un tercer *zīj* del astrónomo Muḥammad ibn al-Raqqām al-Andalusī (m. 1315): *al-Zīj al-Mustawfā*. Los cánones (capítulo 18) y la tabla del movimiento del apogeo de *al-Mustawfā* están relacionados con el trabajo de Ibn Ishāq al-Tūnisī (fl. 1193-1222), quien compiló, probablemente, un conjunto de tablas carentes de cánones. Ibn al-Raqqām conocía bien el *zīj* de Ibn Ishāq del que realizó dos recensiones conocidas hasta ahora: *al-Zīj al-āmil* y *al-Zīj al-Qawīm*. En *al-Mustawfā*, tercera recensión de la misma obra, Ibn al-Raqqām aclara cuál era la opinión de Ibn Ishāq sobre el movimiento de los apogeos planetarios y la división que existía, a este respecto, entre los astrónomos de la escuela andaluso-magrebí.

ABSTRACT

The manuscript 2461 extant in the Rabat General Library contains a third *zīj* of the astronomer Muḥammad ibn al-Raqqām al-Andalusī (d. 1315): *al-Zīj al-Mustawfā*. The canons (chapter 18) and the table of the motion of the apogee that appear in *al-Mustawfā* are related to Ibn Ishāq al-Tūnisī (fl. 1193-1222) who, probably, compiled a set of tables without canons. Ibn al-Raqqām knew well Ibn Ishāq's *Zīj* of which we knew, until recently, two recensions: *al-Zīj al-āmil* y *al-Zīj al-Qawīm*. In *al-Mustawfā*, a third recension of the same work, Ibn al-Raqqām clarifies what was Ibn Ishāq's opinion about the motion of the planetary apogees and gives information related to the different opinions the astronomers of the Andalusian-Maghribī school had on this topic.