ALFONSO X Y LA ASTRONOMIA

LOS estudios dedicados a analizar las aportaciones de Alfonso X y sus colaboradores al conocimiento científico en la España del siglo XIII han progresado de modo notable espoleados, a la par, por mi discípulo Julio Samsó y por mí mismo. Los cuatro volúmenes misceláneos o no, y de los que hace un momento acabo de hacer entrega a la Biblioteca de esta Real Academia, serán la base de mi exposición, en el bien entendido de que la Escuela de la Ciencia Arabe de Barcelona funciona muy unida, y a mí, como jeque, (¡qué poder tienen los años!), me corresponde leer todos los originales que van a ir a la imprenta, mientras que el Profesor Samsó lo hace con los míos. Y digo esto porque, aparte de referirme a esos cuatro volúmenes y a algunos artículos aparecidos en distintas revistas, aludiré, citando, como es lógico, el nombre del autor, a artículos inéditos o impresos. En esta comunicación prescindiré de los trabajos realizados fuera de España y de la serie de actos conmemorativos que en ésta se han realizado y se siguen realizando con motivo del VII centenario de su muerte (he consagrado a este tema una nota que aparecerá en uno de los próximos números de los «Archives Internationales d'Histoire des Sciences»), excepto en aquello que se refiere a aportaciones científicas y, más en concreto, astronómicas. Señalaré, antes de entrar en el análisis de algunas obras alfonsíes, que el Profesor Samsó ha hecho tres exposiciones globales del tema: *Alfonso X y la astronomía* (Madrid, 1982, en curso de publicación); *La ciencia española en la época de Alfonso el Sabio,* publicado (págs. 89-102) en el catálogo de la exposición conmemorativa celebrada en Toledo (junio 1984), y otro sobre *La astronomía de Alfonso X,* en la Revista «Investigación y Ciencia», número 99 (diciembre de 1984).

El primer libro que presento contiene el texto parcial de una tesis, redactada por María Victoria Villuendas (1). Es el libro más antiguo conocido en el mundo —al menos dos siglos anterior al que le sigue— que demuestra que el cadí de Jaén Ibn Muᶜāḏ (m.c. 1079) conocía muy bien gran cantidad de teoremas y fórmulas de trigonometría esférica. Que éstas fueron inventadas en Oriente (Samsó) o en Occidente (Debarnot, Vernet) sólo se resolverá el día en que se encuentre un texto oriental más antiguo que el de Ibn Muᶜāḏ, puesto que los de Naṣīr al-Dīn Ṭūsī y el anónimo de Hayderotova son muy tardíos. En dos estudios de Elena Ausejo (en imprenta), titulados *Trigonometría y Astronomía en el tratado del cuadrante sennero* y *Sobre los conocimientos trigonométricos en los Libros del Saber de Astronomía de Alfonso X el Sabio* (1 *bis*), la autora, prudentemente, habla de dos niveles en la trigonometría hispánica medieval; prueba que la obra de Alfonso X que acabamos de citar, redactada por Rabí Çag, tiene un nivel muy alto, aunque no se atreva a afirmar que Alfonso X conociera la obra de Ibn Muᶜāḏ. Personalmente —aunque tengo que demostrarlo— creo que sí, que la conoció. Como conclusión, Ausejo dice: «En las cuestiones relativas a transformación de coordenadas se observa el uso de procedimientos de cálculo no documentados ni en la tradición tolemaica ni en autores árabes tan relevantes como Ḥabaš al-Ḥasib, al-Battānī, Ibn Yūnus, Azarquiel, Ibn al-Bannā' o Ulug Beg. Quizá sea prematuro hablar de originalidad, aunque no deja de ser sintomático el hecho de que estas técnicas, además de no encontrarse en importantes obras anteriores a Alfonso X, tampoco estén recogidas en destacados autores posteriores.»

Evidentemente, el siglo XIII, y si se me fuerza hasta principios del siglo XIV, es una época de fuerte intercambio científico entre los árabes de Oriente y Occidente: Roser Puig lo analiza en su estudio inédito *Ciencia y Técnica en la Iḥāṭa de Ibn al-Jaṭīb,* y da un claro ejemplo de lo mismo en el artículo *Ibn Arqam al-Numayrī (m. 1259) y la introducción en al-Andalus del astrolabio lineal* (2), y J. Samsó ha tratado de *Dos colaboradores científicos musulmanes de Alfonso X* (3). Más adelante señalaré algunos datos que confirman estas opiniones.

(1) *La Trigonometría europea en el siglo XI.* Barcelona, 1979.

(1 *bis*) Este último acaba de aparecer en «Llull» 6, pp. 5-36 (1983).

(2) Cf. *Nuevos estudios sobre astronomía española en el siglo de Alfonso X,* páginas 101-103. Barcelona, 1983.

(3) «Llull» 4, pp. 171-179 (1981).

La identificación que hice de un fragmento árabe del *Libro de las Cruces* en el Simposio Volta de 1969 es, posiblemente, uno de los temas alfonsíes que mayor atención ha despertado. Samsó le ha consagrado varios estudios: *Alfonso X y los orígenes de la astrología hispánica* (4); *Dos reglas para determinar la longitud de la Luna* (5), y *La primitiva versión árabe del "Libro de las Cruces"* (6), mientras que R. Muñoz señalaba un nuevo fragmento en *Textos árabes del "Libro de las Cruces" de Alfonso X* (7).

En cuanto al instrumental astronómico, J. Samsó se ha preocupado por *El tratado alfonsí sobre la esfera* (8), pero la mayoría de los esfuerzos se han centrado sobre pocos aparatos, por ejemplo, sobre *Maslama al-Mayŷrīṭī and the Alphonsine Book on the construction of the astrolabe* (9); Mercè Viladrich, que leerá este otoño su tesis doctoral, ha consagrado sus esfuerzos a analizar una serie de detalles del mismo *En torno a los tratados hispánicos sobre construcción de astrolabio hasta el siglo XIII* (10), en colaboración con R. Martí; ambos han analizado el *Uso del astrolabio hasta el siglo XIII en al-Andalus, la Marca Hispánica y Castilla* (11), y Viladrich ha escrito en JHAS 6 (1982), 167-171, *On the sources of the Alphonsine treatise dealing with the construction of the plane astrolabe,* en que por caminos independientes llega a las mismas conclusiones que P. Kunitzsch en su artículo *On the authenticity of the treatises on the composition and use of the astrolabe ascribed to Messahala* (12), en donde viene a probarse la dependencia científica de las traducciones del Monasterio de Ripoll y del correspondiente tratado, más de Maslama de Madrid (m.c. 1007) que del astrónomo oriental Māšallah, del siglo VIII-IX.

El descubrimiento de una nueva traducción latina del *Calendario de Córdoba,* publicada y estudiada por José Martínez Gázquez y J. Samsó en *Textos y Estudios...* (Barcelona, 1981), 9-78, ha aportado material que ha sido aprovechado (aparte del de las notas que figuran en la edi-

(4) Cf. *Estudios sobre Historia de la Ciencia árabe,* pp. 81-114. Barcelona, 1980.
(5) Cf. *Nuevos estudios...,* pp. 143-148. Barcelona, 1983.
(6) Cf. *Nuevos estudios...,* pp. 149-160. Barcelona, 1983.
(7) Cf. *Textos y estudios sobre Astronomía española en el siglo XIII,* pp. 175-204. Barcelona, 1981.
(8) «Dynamis» 2, pp. 57-73 (1982).
(9) «Maŷallat ta'rīj al-ᶜulūm al-ᶜArabiyya» 4, pp. 3-6. Alepo, 1980.
(10) Cf. *Textos y estudios...,* pp. 79-99. Barcelona, 1981.
(11) Cf. *Nuevos estudios...,* pp. 9-74. Barcelona, 1983.
(12) AIHS 31, 106, pp. 42-62 (1982).

ción) por J. Samsó en una de sus *Tres notas sobre astronomía hispánica en el siglo XIII* (13) y en *Sobre los materiales astronómicos en el "Calendario de Córdoba" y en su versión latina del siglo XIII* (14).

Otros instrumentos alfonsíes han sido objeto de varios estudios, por ejemplo, *El libro del Ataçir de los libros del Saber de Astronomía de Alfonso X el Sabio,* por Mercè Viladrich y R. Martí (15), sobre el ecuatorio por J. Samsó (16) y Eduardo Millás Vendrell (17).

Como casi todos estos trabajos figuran en los libros que acabo de entregar a la Academia, no me detengo aquí en el análisis de sus conclusiones y me limitaré a citar la viejísima polémica sobre la *azafea šakkāzi̯yya* que, si la memoria no me es infiel, se inició en los años cuarenta. Después de los setenta, reemprendida por D. King (18) y Samsó (19), parece ser que ya sabemos en qué consistía el tan debatido instrumento, tras el descubrimiento de nuevos manuscritos que han sido aprovechados por Roser Puig en un artículo, aún inédito, *Concerning the ṣafiḥa shakkāziyya.*

Mi discípulo Julio Samsó ha subrayado, con razón, que ni mi maestro, Millás-Vallicrosa, ni yo mismo hemos dedicado gran atención a la aportación astronómica alfonsí. Este último, fallecido en 1970, no está a tiempo de rectificar. Yo, con centenario o sin él, le habría dedicado algún tiempo como consecuencia de la tesis de María Victoria Villuendas, puesto que uno de los manuscritos que empleó en la misma es misceláneo —el de la Biblioteca Medicea Laurenziana, Or. 152— y contiene, aparte del tratado de Ibn Muᶜāḏ, otros de interés, por ejemplo, el dedicado a ruedas hidráulicas, molinos y presas, que ya hemos estudiado y está en la imprenta desde 1983. En la tesis aludida, la autora señalaba en nota a la página 30 del original mecanografiado (2 de octubre de 1975) la existencia de un tratado árabe de autómatas muy mutilado. Hill (20) calcula en un 60 por 100 la parte legible, y la página incom-

(13) *Estudios...*, pp. 81-114. Barcelona, 1980.
(14) *Nuevos estudios...*, pp. 125-138. Barcelona, 1983.
(15) *Nuevos estudios...*, pp. 71-100. Barcelona, 1983.
(16) *Nuevos estudios...*, pp. 105-118. Barcelona, 1983.
(17) *Nuevos estudios...*, pp. 119-124. Barcelona, 1983.
(18) En *Maẏallat Ta'rīj...* 3, pp. 244-257 (1979), y AIHS 24, pp. 219-242 (1974).
(19) Cf. «Al-Andalus» 31, pp. 385-392 (1966); 36, pp. 117-126 (1971); «Actas del II Coloquio Hispano Tunecino», pp. 181-187, Madrid-Barcelona, 1972, y, en colaboración con Asunción Catalá, en MRABLB 13, pp. 5-31 (1971-1975).
(20) *Arabic water clocks,* pp. 34-46. Alepo, 1981.

prensible para Sabra (21) creemos haber probado que está escrita en el árabe hablado por los judíos de Toledo, en el siglo XIII, con letra rabínica. La fecha no presenta dificultad, puesto que figura expresada con terminología y letras árabes, y la mano de todos estos textos pertenece al mismo escriba. Estos detalles, así como la traducción del texto aljamiado rabínico al que acabamos de aludir, pueden verse en mi artículo de «Al-Andalus» (48) (1978), 405-421, en el que hoy sólo modificaría lo escrito sobre trenes de engranajes en la página 420.

Trabajando en colaboración con el Doctor Ingeniero R. Casals y la Doctora Villuendas estamos ya en condiciones de aclarar unos cuantos puntos de nuestro manuscrito. Uno de los autores —Ibn Muᶜāḍ— era español y descendiente, probablemente hijo o, mejor, nieto, de un alfaquí que firmó como testigo el acta de rendición de Zaragoza (326/937) ante el califa ᶜAbd al-Raḥmān III al-Nāṣir. La redacción del tratado titulado *Kitāb al-asrār fi natā'iŷ al-afkār* debió ser redactado a fines del siglo X o principios del XI. En una de las máquinas descritas se da la fecha del equinoccio de primavera; de las máquinas reconstruidas (la número 1 se publicará en «al-Awraq», y la 2, de la que en las láminas adjuntas damos la reproducción, probablemente, en «al-Qantara») y lo que permite entrever el texto de las demás, estos juguetes poco o nada tienen que ver con los descritos por los Banū Mūsà (m.c. 873) en su *Kitāb al-ḥiyal* (22) o al-Ŷazarī (23). *Parecen* proceder de una tradición mecánica independiente y difícil de relacionar también con las conocidas en la Antigüedad Clásica. Algunas de ellas —de la 3 a la 5—, Casals ha demostrado en «al-Qantara» 3 (1982) (24) la imposibilidad de su reconstrucción completa, pero, en cambio, ha podido establecer el mecanismo motor común a las mismas, aunque, por falta de enunciado, no ha sido posible reconstruir la actuación de las figuras. La terminología técnica (rueda dentada, carro o vagoneta deslizante, etc.), con frecuencia es independiente de la utilizada por los autores orientales, y plantea dificultades para dar su traducción correcta y, por tanto, interpretar correctamente los mecanismos. Sin embargo, esto se consigue la mayoría de las veces mediante comparación de pasajes paralelos.

---

(21) *A note on Codex Biblioteca Medicea-Laurenziana Or. 152* MTUA 1, 2, páginas 276-284 (1977). Cf. p. 281 sobre el fol. 81 *a*.

(22) *The book of ingenious devices.* Trad. inglesa de D. R. Hill. Dordrecht, 1979.

(23) *The book of knowledge of ingenious mechanical devices.* Ed y trad. de D. R. Hill. Dordrecht, 1974.

(24) *Consideraciones sobre algunos mecanismos árabes*, pp. 333-345.

La utilización de hendiduras paralelas (no carriles, que, por ahora, parecen ser de invención muy posterior), de ruedas con un número cualquiera de dientes y la descripción de una de estas máquinas hace pensar si su autor, al-Murādī, supo utilizar la hipocicloide, cosa que, por lo demás, parece improbable. Esto —de ser cierto— nos llevaría a conclusiones muy lejanas en el campo de la astronomía. Otras veces, sus descripciones hacen pensar, sin motivo, en la utilización del mecanismo biela-manivela.

Las fuerzas motrices son el agua y el *mercurio,* que se vierten con un flujo regular o se interrumpe sobre balanzas. Una máquina puede tener varias balanzas, cada una responsable de un movimiento determinado, abriendo y cerrando el paso al líquido motor, a cada una de ellas, una serie de válvulas. Cuando las máquinas en vez de ser juguetes se emplean como relojes, son capaces de «dar» la hora tanto de día como de noche.

La prueba de que este texto fue mandado copiar por Alfonso el Sabio se encuentra en la traducción del texto rabínico: «Dice Isaac b. al-Sīd: He descrito aquellos aparatos que se mueven por sí mismos, aparatos que sabemos que existen por propia experiencia. He utilizado en este tratado las instrucciones atribuidas a Seth y he comprobado que son exactas. Sólo existía un manuscrito original, pero, a partir de ahora, nada impedirá construir todos esos aparatos, excepto aquellos que me ha sido imposible reconstruir por no estar el original completo o existir en algún caso discrepancias insalvables. No se ha realizado ningún modelo —¿se construirían para el Rey Sabio?— cuya descripción no estuviera claramente expuesta; pero sí he construido otros cuyos errores he conseguido salvar, describiéndolos aquí de modo claro. Entiéndelo» (fol. 81 *a).* Estos «relojes» debieron ser menos exactos que las clepsidras, ¿y por qué no?, o ampolletas que se empleaban en las observaciones astronómicas. Tolomeo ya había señalado la importancia de los eclipses históricos de Luna para fijar la distancia en longitud entre dos o más puntos de la Tierra a base de observar simultáneamente uno de los contactos del cono de sombra de la Tierra con el disco luminoso de la Luna y anotar la hora local verdadera en que ocurría el fenómeno. La distancia se obtenía transformando las diferencias de horas en grados y el error cometido dependía del personal del observador y del de la hora señalada por el reloj utilizado.

Alonso de Santa Cruz (1505-1567), en la segunda parte de *El libro de las longitudes* (25), añade una serie de notas o escolios a la *Geogra-*

(25) Cf. M. Cuesta Domingo: *Alonso de Santa Cruz y su obra cosmográfica,* pp. 101-104, 203. Madrid, 1983.

fía de Tolomeo, y comentando el capítulo cuarto, en que éste critica las escasas observaciones hechas hasta su época de eclipses de Luna para determinar longitudes e ilustra el modo de proceder para el cálculo, tomando como pretexto las observaciones del eclipse del 20 de septiembre del 331 a. C., con el cual se determinó que «fue visto en Arbela (Asiria) a las cinco horas y en Cartago a las dos, por lo cual parece, por cuantas horas de la equinoccial o por cuanto espacio de tiempo distaban los dichos lugares entre sí para Oriente o para Occidente...». Pero como en Arbela se había cometido un error en la determinación de la hora, éste se reflejó en el ulterior mapa Ptolemaico del Mediterráneo, al cual atribuyó una longitud mayor que la real de unos 10°. Este error aparece ya corregido en la adaptación-traducción árabe de la *Geografía* de Tolomeo, en el libro *Kitāb ṣūrat al-arḍ* de al-Juwārizmī (26), que da una gran cantidad de topónimos con sus coordenadas correspondientes, lo que explica, en parte, la forma casi perfecta de las cartas náuticas del Mediterráneo delineadas en la época de Alfonso X (Pisana y, algo posteriores, la Magrebina y la de Dulcert).

Ignoro si las correcciones realizadas por Juwārizmī fueron resultado de la observación de algún eclipse y también si las observaciones de eclipses realizadas por Isḥāq ben Sīd —«osservò *alcune* eclissi negli anni 1262, 1265 e 1266», dice D. Romano (27)— sirvieron no sólo para corregir valores de parámetros, sino también para determinar distancias entre lugares muy apartados. Para conseguir este último objeto era necesario que él tuviera: *1)* relaciones previas con observadores que vivieran en las ciudades cuya distancia a Toledo quisiera determinar y que, evidentemente, tenían que ser muy pocos, dada la dificultad de establecer una gran red de observadores a lo largo y ancho del mundo conocido. Por tanto, había que determinar: *2)* los observatorios que en esos años estaban en funcionamiento; *3)* determinar el instrumental que cada uno utilizaba; *4)* establecer si éste era homologable, y 5*)* qué eclipses —y de qué clase— fueron observables en el momento del primer o último contacto.

1) Evidentemente, Alfonso X tuvo relaciones frecuentes con Egipto

(26) Ed. H. von Mžik (Leipzig, 1926); cf. C. A. Nallino: *Al-Khuwārizmī e il suo rifacimento della Geografia di Tolomeo.* «Atti dell'Accademia Nazionale dei Lincei. Memorie: Classe di Scienze Morali, Storiche e Filologiche» 5, 2, 1, pp. 3-53 (1894). Reimpreso en su «Raccolta di scritti editi e inediti» 5, pp. 458-532. Roma, 1944.

(27) Cf. *Le opere...*, p. 702 (Simposio Volta, 1969).

y otros países del Próximo Oriente (28) y con la Horda de Oro (29). Aquí prescindiré de enumerar las de fechas posteriores (que las tuvo) al año 1266, último eclipse observado por Isḥāq b. al-Sīd y citado por Isḥāq Israelí (m. 1312). Sigo en la enumeración a Martínez Montávez:

Embajada del 659/1261 (Mayo)

La *Crónica del Rey Don Alfonso el Décimo* (30) dice: «Estando el rey don Alfonso en Sevilla e todas las gentes con él en este complimento que facían por su padre (se refiere a los funerales con que celebraba los aniversarios de su muerte) vinieron a él mensajeros del rey de Egipto, que decían Alvandexaver. E trujieron presentes a este rey don Alfonso de muchos panos preciados e de muchas naturas, e muchas joyas e muy nobles e mucho extranas. E otrosí trujiéronle un marfil e una animalia que decían açorafa (jirafa), e una asna que era buiada (cebra) que tenía la una banda a la otra prieta, e trujiéronle otras bestias e animalias de muchas maneras. E el rey rescibió muy bien estos mandaderos, e fízoles mucha honra e envióles ende muy bien pagados.»

Ortiz de Zúñiga (31) añade refiriéndose a esta embajada: «Escrive el Rey en el *libro del candado,* que citaré en el Catálogo de sus obras, *que teniendo noticia de un gran astrólogo que auia en egipto, embió por él,* acaso esta acausa *(sic)* lleuo tan grande su fama a los oidos del Soldán.»

Las variantes del nombre del rey de Egipto que dan las distintas crónicas son Alvandexaver, Aluandexauer, Alvan de Granor, Alvan de Xaver y Alvandezaver.

Por su parte, Maqrīzī *(Sulūk* 1, 469) da a entender que esta embajada —como otras— fue despachada después de la victoria de Baybars al-Bunduqdārī (1260-1277) en ᶜAyn Ŷālūt y que a los presentes, más arriba enumerados, unió un grupo de prisioneros tártaros.

---

(28) Cf. Pedro Martínez Montávez: *Relaciones de Alfonso X de Castilla con el sultán mameluco Baybars y sus sucesores,* «Al Andalus» 27, pp. 343-376 (1962).

(29) Cf. A. Ballesteros-Beretta: *Alfonso X el Sabio.* Barcelona, 1963.

(30) Cf. Ed. Cayetano Rosell, en BAE 66, cap. IX, p. 8. Madrid, 1953.

(31) *Anales eclesiásticos y seculares,* lib. II, pp. 89-90. Madrid, 1677.

EMBAJADA DEL 664/1265

Maqrīzī *(Sulūk* 1, 3, 543) dice: «En este año llegaron los enviados del Emperador Alfonso, de los reyes francos y del rey (del) Yemen, con regalos para el señor de las fortalezas de los ismāᶜīlíes. Se les cobraron los derechos aduaneros por estos regalos, para perjudicar a los herejes ismāᶜīlíes e incapacitar a los que querían sustraerse, con regalos, a su maldad» (32).

Los pasajes citados o aludidos plantean unos cuantos problemas: ¿Quién fue Alvandexaver? ¿Quién era el astrólogo o astrónomo cuya fama había llegado hasta Alfonso X? ¿Tenía aquél algo que ver con las *Tablas alfonsíes* construidas, según David Romano, entre 1263 y 1272? (33). ¿Qué tenía que ver Alfonso X con los ismāᶜīlíes?

El nombre de Alvandexaver parece irreductible, de momento, al de algún soberano oriental conocido (34), aunque tal vez pudiera tratarse de la deformación de una de las múltiples partes de que se compone el nombre de Baybars, al-Bunduqdārī. Lo más curioso es que Alfonso X mantuviera relaciones con los ismāᶜīlíes o asesinos después de que el tártaro Hulagu tomara su fortaleza de Alamut en 654/1256. El poder político de éstos quedó reducido a unos cuantos castillos vecinos al Mediterráneo (Pequeña Armenia, Antioquía), pero sus científicos fueron bien acogidos, antes y después de la toma de Bagdad (656/1258), por el nuevo señor del Próximo Oriente, quien los instaló en su capital, Marāga, en las vecindades del lago Urmia, al sur de Tabriz. Los residuos políticos de los asesinos se avinieron por muy poco tiempo con los reinos cruzados, y de aquí la embajada de Alfonso (664/1265), pues los seguidores del Viejo de la Montaña pronto se aliaron con Egipto, puesto que al-Maqrīzī nos dice *(Sulūk* 1, 2, *pág.* 557): «En ŷumādà II del año 665 de la héjira (27 febrero/27 marzo de 1267) llegaron los emisarios con un cargamento de oro y dijeron: este dinero, que es el tributo que pagamos a los francos, lo traemos ahora a la hacienda de los musulmanes para ayudar a los que se esfuerzan en la guerra de Dios. Pues ocurría antes que los ismāᶜīlíes se dejaban sobornar por los reyes, y obtenían tributo de los califas y del rey de Egipto todos los años; pero a partir de

(32) La traducción de los textos árabes hasta aquí citados y que no tengo a mano es la dada por Martínez Montávez en *Relaciones...*

(33) *Le opere...*, pp. 700-703.

(34) Cf. P. Martínez Montávez: *Relaciones...*, p. 354.

entonces hubieron de pagar ellos el tributo al rey Baybars, para sostenerle en su esfuerzo en el camino de Dios» (35).

2) Por tanto, en la embajada de 1261 se nos habla de un gran astrónomo que había en Egipto; en la de 1265, Alfonso X trata con los asesinos, y en 1267, éstos se someten a Baybars. Debo confesar que para esas fechas no conozco a ningún *gran* astrónomo que viviera en Egipto y, en cambio, sí a un ismāᶜīlí que trabajaba, acogido al mecenazgo de Hulagu, en Marāga. Me refiero a Naṣīr al-Dīn Ṭūsī. ¿Puede tratarse de éste? Creo que nunca encontraremos un documento que lo pruebe, y lo único que podemos intuir es que alguno de los prisioneros tártaros enviados como presente por Baybars a Alfonso X diera a conocer a éste los trabajos que realizaba para construir unas *Tablas astronómicas* dedicadas a los il-jāníes —dinastía persa fundada por Hulagu, que reconocía a Kubilai, el emperador chino de Marco Polo, como Gran Jan o jefe supremo de todos los mongoles—. Y es casual que las *Tablas alfonsíes* se redactaran entre 1263 y 1272; que las iljāníes entre 1259 y 1272 y que en las mismas fechas se realizaran observaciones en Pekín; más casualidad aún es que los tres centros de observación, situados a $8^h\ 1^m\ 58^s$ (120° 29′ 30″) de longitud, se encuentren de hecho sobre el mismo paralelo de 40° Norte. Y es casual que cuando dos siglos más tarde Ulug Beg construya sus propias Tablas escoja su capital, Samarcanda, como origen de las mismas, que está situada casi sobre el mismo paralelo. Parece un paralelo «predestinado».

Por otra parte, la observación de Isḥāq b. al-Sīd de los eclipses entre 1263 y 1266 coincide entre la época en que Alfonso X se entera de la existencia de un gran astrónomo en el Próximo Oriente y el momento de la sumisión de los ismāᶜīlíes a Egipto (1267). ¿Puede plantearse la hipótesis de una posible coordinación de observaciones entre Marāga y Toledo-Sevilla? (36).

A mayor abundamiento: en Marāga y bajo la dirección de Naṣīr al-Dīn Ṭūsī trabajaron toda una serie de astrónomos de nacionalidades muy distintas (37). Dos nos interesan fundamentalmente: Muḥyī al-Dīn al-Magribī, cuyo nombre completo nos da S. Tekeli en el DSB como Muḥyī

(35) Cf. P. Martínez Montávez: *Relaciones...*, p. 357.

(36) Cito esta ciudad, pues desde ella pudieron realizarse observaciones en algún momento. La discusión de este punto no es propia del presente trabajo.

(37) Lista completa en Aydin Sayili: *The observatory in Islam*, p. 205, etc., Ankara, 1960, y en DSB s.v. Nāṣīr al-Dīn Ṭūsī.

al-Milla wa-l-Dīn b. Muḥammad b. abī Šukr al-Magribī al-Andalusī..., y añade: «al-Magribī fue un matemático y astrónomo *hispano*-musulmán cuyas fechas y lugares de nacimiento y muerte no han podido ser determinadas. Se conoce poco de su vida, salvo que nació en el Occidente islámico y trabajó primero en Siria y luego en Marāga, en donde se unió a los astrónomos que trabajaban bajo la dirección de Naṣīr al-Dīn Ṭūsī. Realizó observaciones en 1264-65. Se dice que fue huésped de Halagu Jān *(iljān* de Persia, 1256-1265) y tuvo relaciones con Abū-l-Faraŷ (Bar Hebreus, 1226-1286)».

E. S. Kennedy, en *A survey on Islamic astronomical tables,* nos indica que escribió unas tablas astronómicas (independientes de las iljaníes) conservadas en Meshed (Persia) parecidas, pero no idénticas a las conservadas en El Escorial y puestas a su nombre con el título de *Tāŷ al-azyāŷ wa-gunyat al-muḥtāŷ* (ms. 932 = Casiri 927).

Es de suponer que éste mantuvo relación con su contemporáneo Abū-l-Ḥasan ᶜAlī al-Marrākušī (fl. c. 1262) (38), autor del *Ŷamīᶜ al-mabādī wa-l-gāyāt* (39) que contiene un catálogo de las posiciones de 240 estrellas para el año 622/1225 y las coordenadas geográficas de 135 lugares.

Esta obra, que fue rápidamente conocida en China, debió serlo también por sus colegas de Granada y, ¿por qué no?, por los astrónomos de Alfonso X el Sabio, muchos de los cuales, nos consta, conocían perfectamente el árabe.

El segundo astrónomo que nos interesa es el chino Fao-mun-ji (o Fu Meng-chi, o Fu Mu-Chai) (40), de quien sólo sabemos que dio a conocer a Naṣīr al-Dīn Ṭūsī los procedimientos de las astronomía china. Por tanto, una hipotética relación indirecta Toledo (Sevilla)-Marāga-Pekín parece admisible, y más si se consideran

3-4) los intrumentos utilizados en esas tres localidades. Que yo sepa, el primero en llamar la atención sobre ello fue Willy Hartner (1948) en su artículo *The astronomical instruments of Cha-ma-lu-ting, their identification, and their relations to the instruments of the observatory*

(38) Cf. Sarton, IHS 2, 2, pp. 621-622 (1931).

(39) Traducido al francés por J. J. Sédillot y publicado por su hijo L. A. Sédillot con el título de *Traité des instruments astronomiques des Arabes composé par...* (2 vols. París, 1834-1835; suplemento en 1844).

(40) Ignoramos casi *todo* de la biografía de este personaje.

of Marāgha, que hay que leer en la reedición de sus artículos recopilados en un volumen titulado *Oriens-Occidens* (Hildesheim, 1968), ya que aquí (págs. 215-226) apostilla alguna de las observaciones hechas por Needham en su *Science and civilisation in China* 3 (1959). Cha-ma-lu-ting es el nombre árabe Ŷamāl al-Dīn (41). La información sobre el mismo procede fundamentalmente de fuentes chinas por las cuales sabemos que en 1267 había inventado ya un nuevo calendario para Kubilai Jan, que se ha perdido, pero podría haber sido un desarrollo del calendario persa de ᶜUmar Jayyām o *ŷalālī.* Introdujo en China siete instrumentos persas, entre ellos una esfera armilar construida para la latitud de 36°, posiblemente para ser usada en el colegio de Ping-yang, Shansi, situado a 36° 6′ Norte. Si esos instrumentos fueron importados de Persia o bien construidos a base de los dibujos mostrados a Kubilai en Jānbalig es indiferente. El hecho es que se trata de: *1)* esfera armilar o *ḏāt al-ḥalq; 2)* puede tratarse de una dioptra o del triquetrum; *3)* y *4)* dos variantes de relojes de sol, *rujāma,* para horas iguales y desiguales. La descripción del texto chino hace sospechar que introducía en los mismos las modificaciones de Abū-l-Ḥasan ᶜAlī al-Marrākušī; *5)* globo celeste o *kurat al-samā; 6)* globo terrestre o *kurat al-arḍ.* La cita de este último instrumento es importantísima, pues implica el conocimiento que los persas tuvieron de los mismos (Argūn, 1289) (42) y Alfonso X (43), y *7)* el astrolabio (44). Por otra parte, Elena Ausejo demuestra en un trabajo en prensa que una variante del cuadrante *sennero* de Alfonso X se utilizó también en Marāga.

5) Hemos visto cómo Isḥāq b. al-Sīd observó *algunos* eclipses en los años 1263, 1265 y 1266. Por tanto, podríamos sentir la tentación de averiguar si al menos *uno* de los mismos fue observable simultáneamente en Toledo y Marāga. Evidentemente, el problema hoy es de fácil solución con el *Canon* de Oppolzer (45), pero, como apunta adecuadamente José María Torroja (46), no creo que los autores medievales utilizaran el cálculo de *todos* los eclipses de Sol de un período dado para encontrar el que era más conveniente para una determinación de longitudes. Me inclino

(41) Cf. Sarton: IHS 2, p. 1021 (1931).

(42) Cf. J. Vernet: *Estudios...,* p. 369 (*vid. infra,* nota 48).

(43) Cf. W. Hartner: *Oriens-Occidens,* pp. 221-222.

(44) Cf. Needham SCCh. 3, pp. 372-375 (1959).

(45) Cf. Th. Ritter von Oppolzer: *Canon der Finsternisse.* Viena, 1887 = Nueva York, 1962.

(46) *Contribución al estudio general del problema de la repetición de los eclipses.* Tortosa, 1941.

más a creer que utilizaron el cálculo de aquellos que según los períodos de repetición que conocían —saros o $6525^{d}\ 321 = 18^{a}\ 11^{d}$, o exeligmos $6585^{d}\ 321 \times 3 = 19755^{d}\ 963 = 54^{a}\ 088878$— y cuyas características han sido —como los de otros períodos de repetición— expuestas muy en detalle por Torroja. Si aprovechamos los mapas de Oppolzer y observamos las líneas trazadas por el centro del cono de sombra de la Luna sobre la superficie terrestre durante los años que nos interesan, veremos a simple vista que prácticamente ninguno de ellos sirvió para la determinación de longitudes entre Toledo y Marāga. Además, en el cálculo previo (una vez conocida la hipotética realidad) de las distancias del eclipse es más fácil cometer errores con los eclipses de Sol que con los de la Luna. Por tanto, vamos a suponer que la determinación se hiciera mediante la observación de uno de la Luna escogido por haber tenido otro precedente observado y separado del que nos interesa por un saros o un exeligmos.

En el por muchas razones benemérito libro de Robert R. Newton (47), quien por desgracia no utiliza las fuentes orientales, al menos las muchas traducidas desde hace años, no he sabido encontrar uno apropiado: eso no quiere decir que no figure. En todo caso, sí sabemos que los eclipses de Luna —a diferencia de los del Sol— son visibles en todo el hemisferio de la Tierra, sobre cuyo horizonte se encuentra la Luna. El caso más favorable a nuestra hipótesis sería que el hipotético eclipse fuera total o parcial, pero de fase muy grande —cuanto más cerca de la totalidad, mejor—, pues esto permitiría pensar que aunque hubiera habido nubes, probablemente habría sido visto en un lugar u otro.

Con estas premisas puede pensarse en el porqué de la embajada de Alfonso X a los ismāᶜīlíes del 664/1265 (13 de octubre de 1265-1 de octubre de 1266). Si se trataba de preparar la observación simultánea de un eclipse de Luna, el precedente o precedentes serían los habidos un saros antes, o sea, el del 13 de diciembre de 1247, correspondiente al día juliano 2176871,7 (o al ocurrido el 2 de diciembre de 1248, día juliano 2177225,7; en lo sucesivo, los datos entre paréntesis se refieren a este último). Sumando a ambos un saros se obtiene para la repetición que empezaron el 2183457 = 24 de diciembre de 1265 (2183811 = 13 de diciembre de 1266), para los cuales Oppolzer da: máxima fase en TU, $3^{h}\ 41^{m}$ ($18^{h}\ 52^{m}$); magnitud 20.5 (9,6); mitad de la duración del eclipse parcial 111^{m} (92^{m}); mitad de la duración del eclipse total 50^{m} (0^{m});

(47) *Medieval chronicles and the rotation of the earth.* Baltimore and London, 1972.

posición geográfica del lugar de la Tierra sobre el cual se proyecta el centro del cono de sombra de la Tierra, o sea, que tiene la Luna en el zenit Longitud = 54° W y Latitud = + 23° (Longitud = 77° W y Latitud = + 23°).

La llegada de la embajada (lo antes posible, el 13 de octubre de 1265) permitía estar en Marāga con el tiempo relativamene justo, pero ello es indiferente, pues bastaba con recoger los datos aquí obtenidos y volver con ellos a Toledo para compararlos con los de ésta. Si hubo acuerdo para éste y otros eclipses entre los astrónomos de Marāga y los de Pekín es cosa que no nos interesa ahora, pero que cabe sospechar y pensar que así fue. Esta serie de datos también fueron conocidos en Toledo.

Gracias a la generosidad del Profesor E. S. Kennedy disponemos de un listado que contiene las coordenadas geográficas que figuran en una gran cantidad de tablas astronómicas árabes medievales y la distancia en longitud entre Toledo y Pekín, en que toman a la primera ciudad *como* origen de longitudes es de 124°, en vez de los 120° de la realidad. Un error de 4° en tal distancia es bien pequeño. Estudiando ya hace treinta años las cartas cuadradas planas (hoy se propone otra terminología para las mismas) de los territorios continentales de Mustawfī (m. 750/1348) y Ḥāfiz-i-Abrū (m. 833/1430) pudimos ver (48) que en el primero, en su mapa del Irán, tomaba como origen de longitudes el meridiano 34° W de Greenwich (La Laguna, 16° 30′ E y latitud = 28° 18′ N), al igual como lo habían hecho Abū-l-Ḥasan ᶜAlī e Ibn al-Bannā'. Aplicando esta corrección en aquellos valores en que es necesario, la distancia Toledo-Marāga es de 48° (46° en realidad). Pero lo más curioso de todo es que en los mapas del Irán el error en *longitud* acostumbra a no exceder de 1° y rara vez de 2° (49), lo cual prueba que en esta época se habían corregido cuidadosamente muchos valores.

Si esta corrección fuera debida a la coordinación de las observaciones realizadas en Toledo, Marāga y Pekín, esto implicaría que las coordenadas astronómicas de los distintos lugares serían tanto más exactas cuanto los lugares analizados estuvieran más próximos a esas ciudades, dado que aquéllas habrían sido determinadas por reducción de medidas itinerarias (método primero de Alonso de Santa Cruz) y más inexactas

(48) Cf. J. Vernet: *Influencias musulmanas en el origen de la cartografía náutica*, BRSG 89 (1953) = *Estudios sobre Historia de la Historia de la Ciencia Medieval*, páginas 355-382. Barcelona-Bellaterra, 1970.

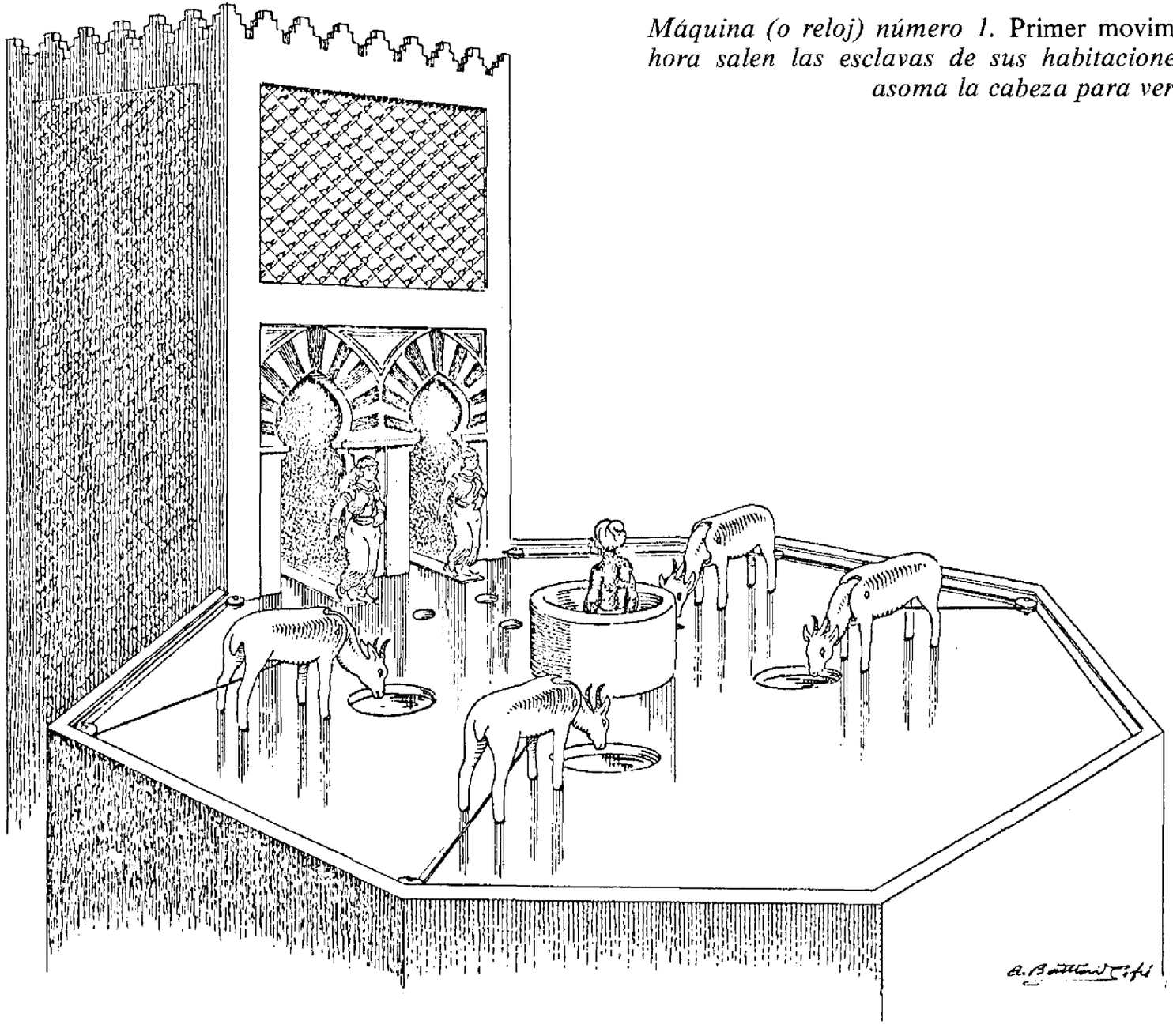
(49) Cf. J. Vernet: *Influencias...*

cuanto más lejos se encontraran. Lo dicho es, por ahora, válido para las posiciones del Próximo Oriente y mucho menos cierto —y no por razones científicas, sino por los avatares de transmisión que sufrieron— para las Tablas Toledanas —cuya reciente edición por Poulle en CNRS no hemos podido consultar. En todo caso, vale la pena recordar que las últimas ediciones de éstas contienen seis veces más dígitos que en las más antiguas (40.000) (50).

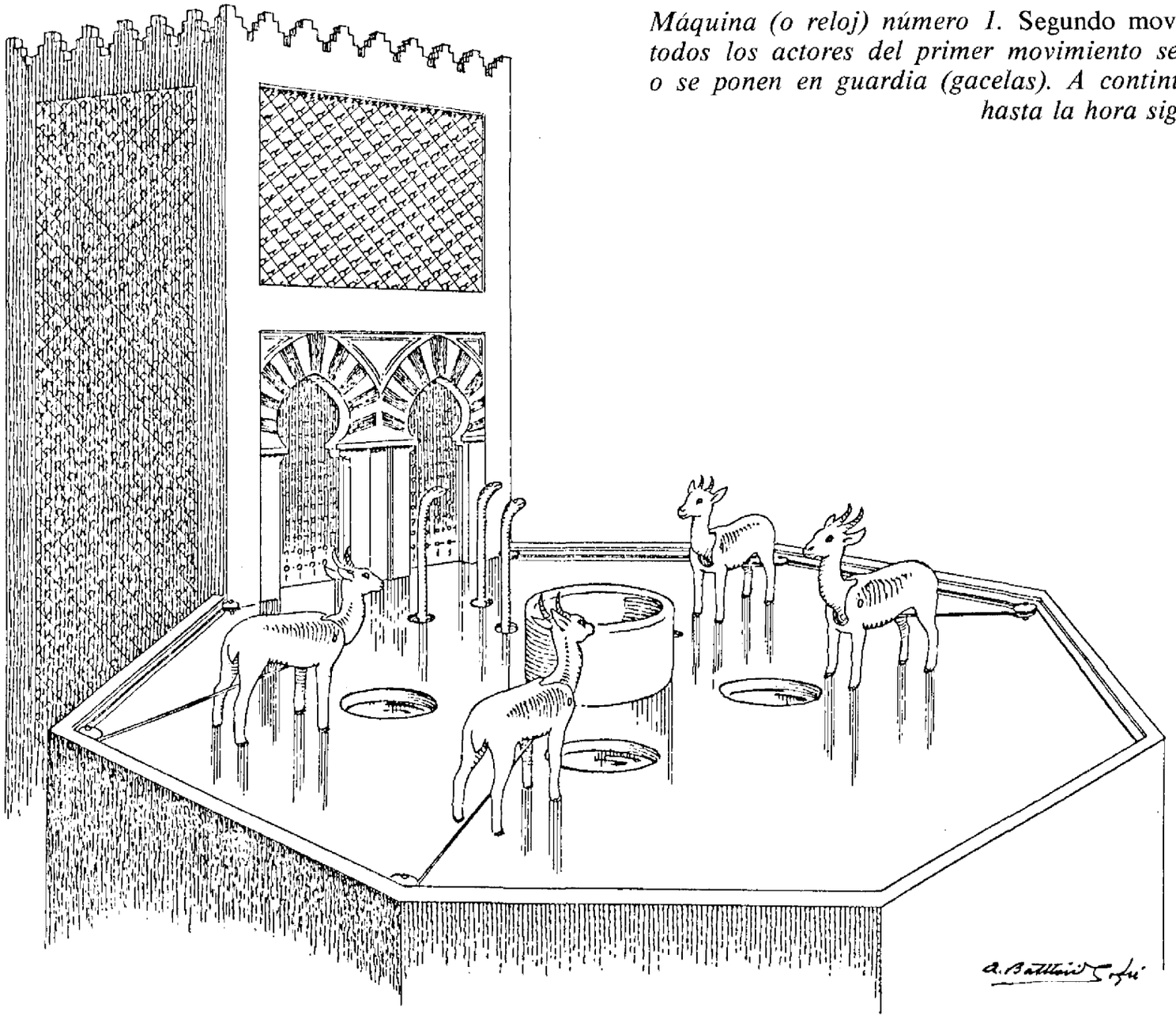
Probablemente la resolución de todos estos problemas radica en realizar un estudio, siguiendo el mismo método y añadiendo los datos posteriores al siglo X, similar al de Nallino, al que he aludido más arriba (cf. nota 26).

JUAN VERNET

(50) Cf. J. North: *The Alphonsine tables in England,* pp. 269-301. «Prismata», 1977.



Máquina (o reloj) número 1. Primer movimiento: *En el momento de "dar" la hora salen las esclavas de sus habitaciones, las gacelas beben y el esclavo asoma la cabeza para ver a las primeras.*



Máquina (o reloj) número 1. Segundo movimiento: *Aparecen las serpientes y todos los actores del primer movimiento se esconden (muchachas y esclavo) o se ponen en guardia (gacelas). A continuación, las serpientes desaparecen hasta la hora siguiente.*

Máquina (o reloj) número 2. En el momento de "dar" la hora, los jinetes arrancan a correr, rozan los címbalos del centro produciendo el sonido correspondiente y se detienen al llegar ante el guerrero. Dan media vuelta y quedan prestos a regresar al punto de partida. Un número determinado de recorridos indica (y "toca") la hora correspondiente.

