

MODELOS COSMOLÓGICOS MEDIEVALES

Maravillas Aguiar Aguilar
Universidad de La Laguna

Abstract

Throughout the whole of the Middle Ages and virtually up to the 16th century the cosmos was conceived along the lines of the so-called Ptolemaic model. Its principles remained practically unaltered for centuries, although there also existed various cosmology theories that endeavoured to correct and explain the model's shortcomings, which revealed a discrepancy between theory and astronomical observation. In this article we will examine how some of these cosmological models arose and outline their main elements. particular attention will be given to the contributions made by the Arab world.

Agradezco al *Centro de Estudios Medievales y Renacentistas* (CEMYR) de la Universidad de La Laguna el haberme permitido participar en el ciclo de conferencias que el Centro organizó durante el año 1993, donde tuve la ocasión de exponer una somera aproximación a los diferentes modelos cosmológicos medievales.

El saber astronómico durante la Edad Media debió su existencia y desarrollo a un complejo entramado de transmisiones textuales que tuvieron como origen la antigüedad greco-helenística, persa e hindú.

Una de las lenguas que sirvió como vía de transmisión de los textos científicos helenísticos, persas e hindúes fue el árabe, gracias al deseo que prácticamente desde el siglo VII de nuestra era subyugó al mundo islámico en una febril y sistemática actividad en busca de las fuentes del saber científico.

Así, junto a las versiones siríacas, bizantinas, hebreas, latinas y romances, las traducciones de textos científicos al árabe fueron conformando una rama de transmisión del saber astronómico sin parangón en la época, reuniendo un extenso corpus textual relativo a astronomía teórica o de posición y astronomía instrumental.

Además del interés puramente erudito acerca de los textos de tema astronómico, el Islam necesitaba una serie de conocimientos científicos para resolver problemas que nacían de sus principios religiosos. En efecto, una serie no poco extensa de actos relacionados con la religión prácticamente obligaron al Islam a adquirir, perfeccionar y aplicar conocimientos encaminados, por ejemplo, a señalar la dirección sagrada hacia la Meca (en árabe, *qibla*) en el momento de construir una mezquita o enterrar a un fiel musulmán fallecido o sacrificar un animal destinado a la alimentación según el ritual musulmán. También necesitaban conocimientos astronómicos y matemáticos para determinar en qué momento del día debían hacerse cada una de las cinco oraciones o, también, determinar el inicio y el final de cada mes del calendario lunar, sobre todo el mes de ramadán o mes de ayuno, de gran trascendencia para los musulmanes.

Para todos estos problemas cotidianos de los habitantes de regiones de religión musulmana había, evidentemente, soluciones muy sofisticadas ideadas por los más sabios astrónomos, los mismos que, con sus estudios, perfeccionaban día a día su instrumental de observación. Pero a su vez paralelamente existía lo que podemos llamar una astronomía popular o práctica que daba soluciones menos elaboradas y más de andar por casa a esos mismos problemas. Así, el *muwaqqit* del oriente mameluco o su homólogo el *mu'addil* del occidente islámico, era un astrónomo asociado a una mezquita o madrasa al que se le encargaba la regulación del tiempo. Él era el responsable de establecer los momentos en que los fieles debían orar, cuándo empezaban y terminaban los meses, cómo quedaba dividido el año cívico-religioso y en definitiva todo aquello que se relacionaba con el *‘ilm al-mīqāt*, ciencia que se ocupaba de la regulación del tiempo mediante el sol y las estrellas con fines religiosos.

Esta astronomía práctica convivía con una astronomía teórica basada en el geocentrismo y la uniformidad de los movimientos celestes. Este modelo cosmológico básico, al uso durante toda la Edad Media, tuvo como origen los principios emanados de la obra de Aristóteles y la posterior matematización de la física aristotélica llevada a cabo por Claudio Ptolomeo.

Aristóteles, en su *Física* estableció una serie de principios que regían el “sistema del mundo”. Estos principios eran:

1. Todo movimiento se compone de un motor y un objeto que se mueve.
2. Un movimiento único tiene un motor único.
3. Un motor simple provoca un movimiento simple.

De esto se deduce que:

- a) el motor de los cielos debe ser único y simple.
- b) el movimiento de los cielos debe ser, así mismo, único y simple en una dirección.

Tales eran las leyes por las que se regía el mundo según Aristóteles. Además, según su teorización astronómica, el universo estaba compuesto por ocho esferas concéntricas dotadas de un movimiento eterno, exacto, perfecto, incorruptible, generado por el *Primer Motor*. De tal manera que el *Primer Motor* da lugar al movimiento diurno de la esfera más elevada y el poder de ese movimiento desciende a las esferas más bajas, que giran en consonancia a esa armonía.

En este sistema el centro es la Tierra, donde habita el hombre, o mundo infralunar, que tiene como elementos constitutivos el aire, el fuego, el agua y la tierra, es decir, los cuatro elementos de Empédocles. Este mundo infralunar es el mundo susceptible de *corrupción* y *generación* y padece la influencia directa del movimiento de la Luna –de ahí lo de infralunar– así como la del resto de los planetas y de la octava esfera. Esta última es la esfera más exterior de todas, llamada también esfera de las estrellas fijas. En ella nace el movimiento del cosmos si bien Ptolomeo defendía la existencia de una novena esfera que era de donde nacía dicho movimiento.

La teoría del geocentrismo fue el modelo cosmológico subyacente en la astronomía hasta que Copernico enunció su teoría heliocéntrica. Pero existió una corriente de astrónomos que elaboraron un modelo cosmológico en el que el Sol era el centro. Hacia el siglo III antes de Cristo (*ca.* 310-230 antes de J.C.) Aristarco de Samos, matemático y astrónomo, elaboró una teoría heliocéntrica dieciocho siglos antes que Nicolás Copernico enunciara la suya.

Al parecer los orígenes de la idea del heliocentrismo estuvieron en los primeros pitagóricos (siglo V antes de J.C.). Los estudios de Filolaos (*ca.* 440 antes de J.C.) y de su contemporáneo Hicetas, y los de Heráclides de Pontos, entre otros, se consideran una cadena documentada que atestigua el proceso de evolución científica que tuvo la teoría heliocéntrica. Este proceso duró aproximadamente dos siglos hasta llegar a Seleucus de Selyucia (*ca.* 150 antes de J.C.), que seguía estrechamente la teoría heliocéntrica de Aristarcos.

Una pregunta muy frecuente es porqué se abandonó la teoría heliocéntrica en favor de la teoría geocéntrica. A menudo se piensa que esto supuso un retraso en el desarrollo de la ciencia astronómica pero nada más lejos de la verdad. La teoría heliocéntrica no tuvo ni siquiera éxito en la antigüedad y se la consideraba una más de tantas. Además, la explicación es que el sistema ideado por Aristarcos fue el resultado de una serie de especulaciones acerca de la naturaleza física del universo que habían comenzado con los filósofos jonios en el siglo VI antes de J.C., y que pertenecía a una época que simplemente había pasado ya. El verdadero desarrollo de la astronomía griega se debió a la matemática y no a la física. Los grandes descubrimientos –esto es, las demostraciones y cálculos exactos de Apolonio de Perga, Hiparco y Ptolomeo– estaban aún por llegar y esos grandes descubrimientos estaban basados en una teoría geocéntrica del mundo. Así pues, fue la teoría geocéntrica la que tuvo solución de continuidad en la Edad Media, sobre todo gracias a que fue retomada en el siglo II de nuestra era por un astrónomo, Claudio Ptolomeo, abordándola en ese momento matemáticamente.

De Claudio Ptolomeo, nacido hacia el año 100 de nuestra era y muerto hacia el 170 de J.C., se conocen casi una decena de obras, en versión árabe, de tema astronómico de las cuales el *Almagesto* –en árabe *al-Miḡīstī*, procedente de la simplificación del griego *μεγάλη (ο) μεγίστη σύνταξις*– parece haber sido la más importante y, desde luego, el texto representativo y compilador de la astronomía matemática ptolemaica. La importancia que tuvieron las versiones árabes de esta obra para su difusión en el medievo está sobradamente probada siendo ya un indicativo que sea el nombre árabe de la obra el que ha pervivido hasta nuestros días.

Del *Almagesto* se conocen cuatro traducciones al árabe de las que partieron el resto de las versiones.

La primera traducción fue la que ordenó Yaḥya Ibn al-Jalid al-Barmakī (m. 805 de J.C.), primer ministro en la corte de Ḥarūn al-Rašīd hasta su ejecución, ordenada por el califa. Esta primera traducción al árabe fue hecha por un grupo de traductores a partir de un ejemplar en siríaco. La traducción contenía errores en tal medida que al-Barmakī ordenó una segunda traducción.

La segunda traducción del *Almagesto* ya se hizo en la *bayt al-ḥikma* o *casa de la sabiduría*, escuela de élite de traductores fundada por el califa al-Ma'mūn en Bagdad. También fue hecha en esta ocasión del siríaco al árabe. A modo de anécdota, es sorprendente el interés que el califa al-Ma'mūn tenía por las ciencias y las letras, este interés le hizo organizar varias misiones a Bizancio con el fin de obtener manuscritos científicos griegos. Además impuso al emperador Miguel I de Bizancio (811-813) como condición de paz el envío de todos los manuscritos griegos de filosofía y ciencia que poseyera, a fin de que sus especialistas los tradujeran al árabe.

Una tercera traducción del *Almagesto* fue ordenada por el propio al-Ma'mūn y la cuarta, y última de las que tenemos conocimiento, se debe a Iṣḥāq Ibn Ḥunayn (850-910) realizada a fines del siglo IX.

Algunos autores como Toomer, autor de la última edición y traducción hecha del *Almagesto* hasta el momento, hablan de una quinta traducción pero no se da por cierta.

Así pues el *Almagesto* llega al occidente medieval a través de cuatro versiones manuscritas árabes traducidas bien de versiones siríacas bien de versiones griegas realizadas hacia aproximadamente el siglo IX. Se sabe en cambio que la primera traducción latina se hizo directamente de un ejemplar en lengua griega, doce años antes de que Gerardo de Cremona hiciera la versión latina del texto árabe en 1175.

Hasta aquí hemos visto cómo el *Almagesto* pasó al occidente medieval a través del árabe. Veamos ahora cuales son los principios astronómicos del modelo cosmológico ptolemaico a tenor de la astronomía matemática enunciada en el *Almagesto* y la astronomía física que encontramos en el *Libro de las hipótesis de los planetas*, también de Ptolomeo, que se nos ha conservado en griego, en su primera y segunda parte, y también en árabe, si bien la versión árabe no fue descubierta hasta que el profesor Bernard Goldstein se percató en 1965 de su existen-

cia en dos fuentes manuscritas, una en el British Museum y otra en Leiden, que contienen el segundo libro de la primera parte de la obra. Recientemente ha sido traducido al castellano íntegramente por Pérez Sedeño.

La astronomía ptolemaica descansa sobre tres principios básicos:

- La esfericidad de los cielos y de la Tierra.
- El geocentrismo.
- El geostatismo.

En el sistema ptolemaico, la forma por excelencia del cosmos es la esfera (en árabe *falak*, pl. *afāk*). Los cielos se mueven como una esfera y tienen forma de esfera. La Tierra, obviando las irregularidades de su superficie como son las montañas, es esférica. Para demostrarlo Ptolomeo especula con posibles formas cóncava, plana, cúbica, piramidal o cilíndrica, demostrando que la única posibilidad es que la Tierra tenga forma esférica, tal y como podemos comprobar al observar el movimiento de las estrellas. Ptolomeo da además una razón totalmente banal para demostrar la esfericidad de la Tierra y es que, cuando viajamos por mar hacia montañas o hacia algún lugar elevado, podemos observar que estos lugares van creciendo poco a poco de tamaño, como si emergieran del mar y hubieran estado sumergidos, esto se debe a la curvatura de la superficie de las aguas, lo que demuestra que la Tierra es esférica.

Un segundo postulado de la teoría cosmológica ptolemaica es que la Tierra es el centro de los cielos. En el *Almagesto* Ptolomeo explica cómo la única posición posible de la Tierra es estar en el centro de la esfera celeste. Para ello utiliza una explicación indirecta mediante las tres hipótesis siguientes.

1. Supongamos que la Tierra no se encuentra en el centro del universo ni en el eje de la esfera celeste pero está en una posición equidistante de ambos polos de ésta. Si esto fuera así, la observación de los equinoccios ocasionaría problemas ya que el día y la noche no tendrían nunca igual duración. También se producirían irregularidades en la observación de las estrellas para alguien que se movieran de este a oeste. (Téngase en cuenta que para el observador las estrellas tienen su orto por el este, llegan a su cénit y se ponen por el oeste).

2. Supongamos que la Tierra está en los ejes del mundo pero no está en el centro y está desplazada hacia uno de los polos. De ser así, el plano del horizonte podría dividir los cielos en una parte encima de la tierra y una parte bajo la tierra, ambas desiguales y siempre diferentes para cada "latitud" (en el original griego *κλίμα*). También el zodíaco estaría dividido desigualmente, pero nosotros observamos que de las doce partes que constituyen el cinturón zodiacal (en árabe *miṭṭaqa al-bunūy*) siempre hay seis visibles.

3. Supongamos que la Tierra no está ni en el centro ni en los ejes del universo ni equidistante de los dos polos del mundo. Si así fuera, además, los eclipses se producirían no sólo cuando el Sol y la Luna están diametralmente opuestos, sino también en otras ocasiones.

En lo que se refiere al geostatismo, Ptolomeo presenta argumentos similares a los que hemos visto más arriba y añade algunos de tipo físico, como por ejemplo que los cuerpos celestes deben presionar por su grandeza y homogeneidad a la Tierra, que en consecuencia permanece quieta.

Una discusión interesante es la que se prolongó durante siglos acerca de qué había, si es que había algo, entre cada una de la ocho esferas celestes. Autores como los *Ijwān al-ṣafā'* o *Hermanos de la pureza*, círculo secreto político-religioso formado por un grupo de hombres de ciencia en el s.X, creían que no había nada entre ellas, que sólo existía el vacío (en árabe *faṭṭ*) y que las esferas se superponían unas a las otras como lo hacen las capas de una cebolla. Sin embargo parece que la idea de que algo debía haber entre las esferas tuvo como último representante la teoría del éter, que prácticamente llegó hasta Albert Einstein.

Junto a los principios de esfericidad, geocentrismo y geostatismo, en el modelo ptolemaico se asume la existencia de dos movimientos primarios existentes en los cielos. Uno de ellos es el movimiento diario que traslada todo desde el este al oeste. Este movimiento describe una rotación regular y uniforme a lo largo de círculos paralelos entre sí. Esta rotación se produce en torno a los polos de la esfera exterior que rota siempre uniformemente. El mayor de esos círculos se llama ecuador celeste (en árabe *dā'ir al-i'tidāl*) porque es el único círculo paralelo máximo que siempre corta al círculo del horizonte –que es también un círculo máximo– y porque la revolución del Sol referida a él produce el fenómeno del equinoccio.

El otro movimiento es aquel por el cual las esferas de los cuerpos celestes desarrollan movimientos en sentido opuesto al primer movimiento antes descrito, es decir, de oeste a este –llamado período sinódico– en torno a otro par de polos que son diferentes a los del primer movimiento. Estos polos son los de la eclíptica (*miṭṭaqa al-burj*), es decir, el círculo máximo imaginario que describe el Sol en torno a la Tierra, si bien en árabe el tecnicismo alude al cinturón de los signos del zodiaco, que para el observador es el tramo del cielo por el que el Sol describe su órbita.

Además, la observación de los planetas confirmaba movimientos de avance, de retroceso, de desplazamiento hacia arriba (latitud norte) o hacia abajo (latitud sur) con respecto a la eclíptica, lo que dificultaba la explicación teórica total del modelo del cosmos.

Los tres sistemas de coordenadas ptolemaicos se basaban en estos principios que hemos enunciado. En el sistema de coordenadas ecuatoriales el punto cero o vernal se encuentra en uno de los puntos equinociales y las coordenadas se refieren al plano del ecuador celeste. Antiguamente el punto vernal coincidía con la constelación zodiacal de Aries mientras que actualmente se ha trasladado a la de Acuario. Las dos coordenadas de este sistema son la declinación y la ascensión recta. En el sistema de coordenadas eclípticas el punto de referencia es el mismo que el anterior pero en lugar del ecuador celeste los grados se cuentan en relación

al plano de la eclíptica. Este sistema se compone de latitud y longitud celestes. El tercer sistema de coordenadas astronómicas de Ptolomeo es el sistema de coordenadas horizontales, que toman como referencia al observador y a su horizonte visible. Es el sistema de referencia menos estable y duradero ya que las coordenadas cambian constantemente con la rotación de la Tierra sobre su eje. Altura y acimut son las dos coordenadas de este sistema.

Estos tres sistemas han llegado hasta nuestros días siendo sobre todo el sistema de coordenadas ecuatoriales y el de coordenadas horizontales los que tienen actualmente más uso entre astrónomos y navegantes.

Para un filólogo no deja de tener utilidad el conocer las características de cada uno de los sistemas de coordenadas ya que la tradición de las tablas de estrellas tanto en oriente como en occidente es muy rica, y no sólo en lengua árabe sino también en lenguas romances y en latín, pudiéndose datar un texto o reconocerlo como versión o recensión de otro texto a partir de una tabla de estrellas que aparezca en el mismo. Esto es posible porque, en el caso de las coordenadas eclípticas las coordenadas de longitud y latitud de cada estrella recogen información acerca del grado de desviación en cuanto a la precesión de los equinoccios. Este movimiento que transporta en el tiempo a los puntos solsticiales y equinociales era ya conocido por Hiparco (s.II a.J.C.). Con ello podemos hacer una especie de “prueba del carbono catorce” a nuestra tabla de estrellas, comparando la longitud y latitud de cada una de ellas con su longitud y latitud actual. De esta manera sabremos cuantos grados de diferencia hay entre las coordenadas de la tabla y las actuales. Sabiendo que el punto origen de las coordenadas (punto equinoccial) se mueve a razón de $1;23,30''$ cada 100 años, sabremos los años que nos separan del momento en que fueron medidas la latitud y longitud de las estrellas de esa tabla. Este método de datación puede así mismo indicarnos de qué obra tabular están recogidos los datos de nuestra tabla, en el caso de que tome entradas con los grados de corrección ya añadidos.

Diferente es el caso de las tablas de estrellas en las que nos indican coordenadas ecuatoriales. Este tipo de tablas son menos frecuentes que las anteriores y de aparición más tardía. En estas tablas se suele expresar un año que indica la época a la que la tabla está sujeta. En estos casos la datación es más peligrosa y comprometida ya que la época puede distar bastantes años de la fecha de composición de la tabla. Téngase en cuenta que hoy aún nos rige como época estándar en astronomía el año 1950.

A todo esto habría que añadir además que una tabla puede fácilmente engañarnos, pues frecuentemente se copiaban sin mayor problema sin indicar la fuente de la que se había tomado e incluso incluyéndola en un texto sin el más mínimo criterio científico.

Otra de las características de la teoría astronómica de Ptolomeo es el concepto de retrogradación de los planetas concretado en la teoría de los epiciclos. Esta fue una de las bases de la astronomía medieval e introducía el principio del deferente, círculo excéntrico al centro de la Tierra, con el que se podía dar una explicación a las anom-

lías observadas por los astrónomos en el movimiento de los planetas, que ponían en entredicho la total armonía del cosmos emanada de la física aristotélica.

Como se ha dicho en alguna ocasión, desde la astronomía griega antigua pasando por los astrónomos árabes y hasta llegar a Copérnico, hubo una encarnizada lucha entre dos bandos, el de los astrónomos que sostenían el principio de la homocentricidad del universo y el de los astrónomos que defendía una astronomía basada en esferas excéntricas y epiciclos.

Ptolomeo ya había tenido que recurrir a la invención de puntos y movimientos epicíclicos que explicaban en la medida de lo posible el divorcio existente entre teoría y observación astronómica. Para ello, Ptolomeo elaboró modelos de epiciclos para explicar el movimiento de cada uno de los planetas, siguiendo los siguientes principios generales. Cada planeta describe, con un movimiento uniforme, un pequeño círculo llamado epiciclo cuyo centro denotaremos c' que a su vez se mueve con velocidad angular constante a lo largo de un círculo de centro T , en sentido opuesto al epiciclo. El centro de este círculo (c') describe un gran círculo llamado deferente. Pero el centro de ese gran círculo, es decir, del círculo del deferente es distinto del centro de la Tierra. Además, el centro del epiciclo no recorre el círculo del deferente con un movimiento que no es uniforme más que para el punto E , que es el centro del ecuante. Así fue como Ptolomeo ideó la existencia de un punto que llamó ecuante. El modelo de epiciclo simple explicaba parcialmente las anomalías que, desde el punto de vista del observador, se producían en los movimientos de los planetas. Sin embargo, la teoría epicíclica y excéntrica tuvo que ser corregida para el caso particular de cada planeta.

Durante siglos, no hubo discrepancias –al menos conocidas– entre la astronomía de origen ptolemaico y su aristotelicismo subyacente.

Fue en al-Andalus, durante el siglo XII, donde se abrió la primera grieta entre los principios aristotélicos y la astronomía ptolemaica. Esta ruptura se produjo como consecuencia de los avances que los astrónomos andalusíes lograron y que ponían en evidencia la existencia de movimientos irregulares contrarios a la regularidad y perfección de los movimientos celestes.

En al-Andalus el único autor que intentó armonizar los principios aristotélicos con la astronomía ptolemaica fue al-Biṭrūyī, el Alpetragius latino, que no aceptaba que el centro del mundo fuera diferente al centro de la Tierra. Para al-Biṭrūyī la excéntrica y los epiciclos no tenían razón de ser puesto que de ser así el modelo astronómico entraba en conflicto con los principios filosóficos de los que había emanado.

Sin embargo, el oriente musulmán sí que dió muestras críticas respecto al modelo ptolemaico.

Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī (filósofo, astrónomo y matemático del s. XIII) en su *Tadkira* o recensión del *Almagesto*, donde hacía una profunda crítica a la teoría ptolemaica, expuso una nueva teoría acerca del movimiento de los planetas. Kennedy, profesor norteamericano que descubrió en la década de los 60 la existencia de esta nueva teoría en uso en la Edad Media, ofrecía el siguiente resumen de la teoría de al-Ṭūsī:

si un círculo gira dentro del perímetro de un círculo estacionario, el radio del primer círculo será la mitad del primero, luego cualquier punto que esté en el primer círculo describe una línea recta, que es diámetro del segundo círculo.

(*DSB*: XIII, 511)

La teoría de al-Ṭūsī también sostenía que se producían dos movimientos en direcciones opuestas y de velocidad diferente.

Todos estos intentos de corregir la teoría ptolemaica dieron lugar a diversas especulaciones puramente teóricas. Pero en el caso del Islam la astronomía se desarrolló como una ciencia eminentemente práctica, de uso cotidiano en la resolución de problemas cívico-religiosos de la comunidad musulmana.

Bibliografía

- COPERNICO, N., *Sobre las revoluciones*. Madrid, 1987.
- DE BOER, T.J., “Ikhwān al-ṣafā’”, *Encyclopédie de l’Islam*. Leiden, 1978: II, 487-488.
- DUHEM, P., *Le système du monde. Histoire des doctrines cosmologiques de Platon a Copernic*, 10 vol. París, 1913-1959.
- GOLDSTEIN, B., *Al-Biṭnījī: On the Principles of Astronomy*, 2 vol. New Haven-Londres, 1971. (*Yale Studies in the History of Science and Medicine* n° 7).
- *Histoire générale des sciences*, 4 vol. Publicados bajo la dirección de René TATON. París, 1957-1964.
- KING, D.A., “Science in the service of religion: the case of Islam”, *Impact of science on society* 159: 245-262.
- KING, D.A., “The Sacred Direction in Islam. A Study of the Interaction of Religion and Science in the Middle Ages”, *Interdisciplinary science Reviews* 4 (1985): 315-328.
- KING, D.A., “Astronomical Timekeeping in medieval Islam”, *Actes du 39e Congrès International des Orientalistes*, 1975: II, 86-90.
- KING, D.A., “The Astronomy of the Mamluks”, *Isis* 74 (1983): 531-555.
- KING, D.A., “The Astronomy of the Mamluks: A Brief Overview”, *Muqarnas* 2 (1984): 73-84.
- MARQUET, Y., “Ikhwān al-ṣafā’”, *Dictionary of Scientific Biography* 16 vol. Nueva York, 1970. (= *DSB*): XV, 249-251.
- PEDERSEN, O., *A Survey of the Almagest*. Dinamarca, 1974. (*Acta Historica Scientiarum Naturalium et Medicinalium* n°30).
- PÉREZ SEDEÑO, E., *Claudio Ptolomeo. Las hipótesis de los planetas*, introducción y notas de... Madrid, 1987.
- PLESSNER, M., “Baṭlamīyūs”, *Encyclopédie de l’Islam*. Leiden, 1978: I, 1133-1135.
- SARTON, G., *Introduction to the History of Science*, 3 vol. en 5 partes. Baltimore, 1927-1948.
- SEYYED HOSSEIN NASR, “al-Ṭūsī”, *DSB*: XIII, 508-514.
- STAHL, “Aristacos of Samos”, *DSB*: I, 246-250.
- TOOMER, G.J. *Ptolemy’s Almagest*. Traducción y notas de... Londres, 1984.