

LAS OBSERVACIONES DE HIPARCO REFERENTES
A LOS CALENDARIOS EN "EL ALMAGESTO"

Eulalia Pérez Sedeño

La formulación por parte de Eudoxo de su teoría de las esferas celestes con un centro común, la Tierra, inauguró la formulación de modelos que pretendían explicar, de una forma racional y coherente, los movimientos de los cuerpos celestes. Las reformas efectuadas por Calipo y Aristóteles a la teoría eudoxiana no eliminaron todas las dificultades que se le presentaban, como algunos de los propios reformadores bien sabían. Así por ejemplo, en un conocidísimo texto del Comentario al De Caelo de Aristóteles Simplicio comenta con respecto al problema que para la hipótesis homocéntrica supone la desigualdad observada en el brillo de los planetas o en los diámetros aparentes de la luna y el sol: "De hecho, esta desigualdad de las distancias de cada estrella en diferentes momentos ni siquiera se puede decir que haya sido desconocida para los propios autores de la teoría concéntrica. Pues Polemarco de Cizico parece ser consciente de ella, aunque la minimiza por imperceptible, porque prefería la teoría que colocaba las propias esferas en el mismo centro del universo. También Aristóteles muestra ser consciente de ello, cuando en los Problema Físicos discute las objeciones a las hipótesis de los astrónomos, que se plantean por el hecho de que los tamaños de los planetas no parecen ser siempre iguales. En este sentido, Aristóteles no estaba del todo satisfecho con las esferas giratorias, aunque el supuesto de que, al ser concéntricas con el universo se movían alrededor de su centro, le atraía" (Simplicio, op. cit., H505, 19).

Por supuesto, aparecieron hipótesis rivales (las de Heráclides de Ponto y Aristarco de Samos), pero eran poco operativas. La hipótesis heliocéntrica era sumamente vaga e imprecisa y adolecía de un corpus de datos bien estructurado que la avalara; mas, como hemos mencionado, la hipótesis homocéntrica también fracasaba a la hora de dar cuenta de numerosos hechos observados. No es de extrañar, pues, que los astrónomos prefirieran un camino más seguro y se dedicaran a efectuar nuevas, numerosas y más precisas observaciones. Durante el periodo que va de Eudoxo a Ptolomeo, los esfuerzos de los astrónomos se centraron en el incremento del corpus de datos: "Después de Aristóteles, la astronomía de observación práctica sufrió un desarrollo intenso: hombres como Heráclides, Aristarco, Arquímedes, Apolonio e Hiparco proyectaron sus cabezas a través de las nubes filosóficas y miraron directamente las estrellas, objetos naturales que habrían de ser comprendidos en sí mismos, sin ser meros 'apartes'

en una noble empresa metafísica... Ensayos infructuosos habían multiplicado los intentos de explicar la maquinaria celeste en gran escala, mientras que los problemas diarios de navegantes, granjeros y sacerdotes se dejaban sin resolver. La gran cosmología de Aristóteles podría haber hecho sentirse bien a los hombres, acallando las dudas acerca del mecanismo de los cielos, pero no podía satisfacer al naufrago, encallado por falta de un mapa celeste digno de confianza. No podía consolar al granjero que se enfrentaba a la pérdida de la cosecha que había planteado demasiado tarde. También los cobradores de impuestos necesitaban un calendario con el que planear la exacción de rentas. Además, los sacerdotes no se permitían errores en la determinación temporal de sus fiestas y ceremonias religiosas: las celebraciones del día de la canícula tenían que caer en el día de la canícula. En todas estas cuestiones prácticas, los cosmólogos filosóficos, los explicadores, eran de poca utilidad" (Hanson, 1973, págs. 112, 113).

Seguramente el propio Aristóteles, con sus ideas generales sobre la ciencia, no fue ajeno al auge experimentado por la tarea observacional del astrónomo: sólo se puede llegar a las ideas universales -que es lo que constituye la ciencia- a partir de las sensaciones, aunque éstas en sí no sean ciencia. Tal vez fueran estas ideas las que indujeran a los astrónomos a seguir efectuando observaciones que fueran cada vez más detalladas y precisas.

Sea como fuere, y aunque no sepamos mucho acerca de los instrumentos de observación utilizados, lo cierto es que se produjo un crecimiento y auge considerable de la observación. El propio Arquímedes, cuyas aportaciones a la astronomía son casi nulas, poseía al parecer un planetario y debía estar lo suficientemente al día en astronomía como para hablar del heliocentrismo de Aristarco y hacer observaciones de los solsticios que fueron usados por Hiparco (*Almagesto*, III, 1, H 195, pág. 133) (1).

También Aristarco, de cuyas ideas heliocéntricas tenemos algunas noticias, contribuyó enormemente a aumentar y perfeccionar el corpus observacional: determinó las distancias del Sol y de la Luna, sus tamaños aparentes y sus diámetros reales; y gracias a un método que se basaba en las observaciones de numerosos eclipses descubrió que el diámetro de la Luna era 1/3 del de la Tierra (Heath, 1.913, págs. 328-336 y 352-411). La obra que nos ha quedado de Aristarco es la primera, en la historia de la astronomía, en la que "tenemos la pura y directa determinación de las distancias de los cuerpos celestes a partir de datos observacionales" (Pannekock, 1961, pág. 119), e incluso Ptolomeo (*Almagesto* III, 1, H 203, pág. 137) menciona las observaciones realizadas por "la escuela de Aristarco", en concreto de los solsticios, aunque los considera toscos.

En la época que va de Eudoxo a Ptolomeo las

observaciones se multiplican. Solamente las consignadas por Ptolomeo en el Almagesto y que él considera dignas de ser utilizadas son numerosísimas. Eratóstenes (-283 al -200) de quien todo el mundo sabe que fue uno de los primeros -si no el primero- en estimar las dimensiones de la Tierra, fue capaz de averiguar la circunferencia terrestre gracias a las observaciones de los solsticios de verano (Neugebauer, 1975, 651-54). Y Ptolomeo señala que haciendo observaciones de los solsticios mediante una especie de cuadrante, descubrió "que el arco entre los puntos solsticiales, es siempre mayor de $47 \frac{2}{3}^\circ$ y menor de $47 \frac{3}{4}^\circ$. De esto derivamos la misma razón que Eratóstenes, que Hiparco también usó. Ya que [según esto] el arco entre los solsticios es aproximadamente 11 partes donde el meridiano es 83" (Almagesto, I, 12, H 67-68, pág. 63) (2). Esto es, Eratóstenes también habría determinado la oblicuidad de la eclíptica, mediante la observación de los solsticios, estimándola en 24° según unos autores, en 23° ; 51° , 20° según otros (3).

Las observaciones sistemáticas de estrellas o constelaciones habían comenzado mucho antes. Sólo después de registrar durante tiempo las posiciones de las estrellas se puede construir un catálogo de ellas. Y eso debió ser lo que hicieron Timocaris (-III) y su discípulo Arístilo (-300). Ptolomeo se queja de que Hiparco no dispusiera de observaciones de las estrellas fijas "aparte de las registradas por Arístilo y Timocaris" (Almagesto, VII, H 3, pág. 321). Esto no tendría demasiada importancia si no fuera porque más adelante ofrece una lista comparativa de estrellas registradas por Arístilo y Timocaris, tal y como lo fueron por Hiparco y como lo hiciera luego el propio Ptolomeo. ¡Y, los registros de Arístilos y Timocaris son cuantitativos!. Así pues, por primera vez en la astronomía griega tenemos noticias de registros de las posiciones de ciertas estrellas de determinadas constelaciones -Pléyades, Auriga, Orión, Osa Mayor, etc. -mediante mediciones de sus distancias con respecto a ciertos puntos fijos de la bóveda celeste.

Ptolomeo debía disponer de los registros de Arístilo y Timocaris, que es de suponer estuvieran guardados en la Biblioteca de Alejandría, pues es sumamente concreto: "Timocaris, que observó en Alejandría, registra los siguientes. En el año cuadragésimos-séptimo del Primer Periodo calípico de 76 años, en el octavo día de Antesterión, que es el 29 de Athyr en el calendario egipcio, hacia el final de la tercera hora [de la noche] se vió que la mitad sur de la Luna cubría exactamente el último tercio o [la última] mitad de las Pléyades" (Almagesto, VII, 3, H 25, pág. 334).

O más adelante, cuando habla de la ocultación de Spica en Virgo por la Luna dice: "De nuevo Timocaris, que observó en Alejandría, registra que en el 36° año del

Primer Ciclo Calípico, el 15 de Elaphebolión, que es el 5 de Tybi, al comienzo de la tercera hora, la luna cubrió Spica con el medio de ese borde de su disco que está hacia el punto del orto equinoccial [i.e. el este] y que Spica, al pasar, corta exactamente el tercio norte de [el diámetro] de la Luna" (Almagesto, VII, 3, H 28, pág. 335). También consigna la observación por parte de Timocaris de la ocultación de las estrellas más al norte de Scorpio (H 32, pág. 337), de un eclipse lunar (H 12, pág. 327) o de posiciones de planetas como Venus (Almagesto, X, 4, H 310-311, pág. 477) suficientemente precisas y en términos cuantitativos de modo que Ptolomeo pudo transformar sus valores a sus propias coordenadas.

Podríamos seguir enumerando las observaciones realizadas por estos astrónomos de tipo práctico que siguieron aumentando el corpus de astronomía observacional, pero nos ampliaríamos innecesariamente. Nos centraremos en un caso, el de Hiparco, que merecía una atención especial. Este astrónomo contribuyó tan enormemente y con una inmensa variedad de observaciones al corpus observacional utilizado en el Almagesto, que durante años se creyó que Ptolomeo sólo había sintetizado y puesto al día sus realizaciones. Además Hiparco es uno de esos astrónomos, no filosóficos ni cosmólogos, más ocupado en consignar y recopilar datos, precisos y numerosos que 'teorías' abarcadoras, en la mayoría de los casos sin apenas apoyo empírico; uno de esos astrónomos empeñados en la elaboración de ciclos calendaricos y parapêgmata fiables, lo cual les obligaba a llevar a cabo sus observaciones del cielo de una forma mejor, posibilitando así la elaboración de auténticas teorías científicas (4).

De las cinco obras de Hiparco, citadas por Ptolomeo en el Almagesto, tres están directamente relacionadas con cuestiones calendáricas: "Sobre el desplazamiento de los puntos solsticiales y equinocciales", "Sobre la longitud del año" y "Sobre los meses y días intercalares", todas ellas relacionadas con problemas del calendario y con el mayor de los descubrimientos atribuido a Hiparco, 'la precesión de los equinoccios. En Almagesto III, 1 (H 194, pág. 142-143) se nos dice que en el tratado de Hiparco titulado "'Sobre el desplazamiento de los puntos solsticiales y equinocciales' clasifica en primer lugar los solsticios de verano e invierno que considera han sido observados con precisión, en sucesión, y él mismo admite que no hay suficientes discrepancias que nos permitan usarlos para afirmar la existencia de ninguna regularidad en la longitud del año". Porque Ptolomeo expresa el temor de Hiparco de que la longitud el año no fuera constante, debido a una serie de observaciones por el propio Hiparco realizadas y que le sirven a Ptolomeo para indicar que se puede definir "el año solar" de muchas maneras aunque él opta por definir "el año solar" como el tiempo de un equinoccio o solsticio al siguiente del mismo tipo, tal y

como es determinado por las observaciones realizadas en el mayor intervalo posible". Ptolomeo usa las observaciones de Hiparco, las compara con las suyas propias y llega a la conclusión de que "cuando se examinan las aparentes vueltas [del Sol] a [el mismo] equinoccio o solsticio, se encuentra que la longitud del año pasa de 365 días y poco menos de un cuarto, pero cuando se examina su vuelta a [una de] las estrellas fijas es mayor {de 365 1/4 días} " (Almagesto III, 1, H 191, Pág. 131). Y el comentario de Hiparco a sus propias observaciones -que aparecen más adelante- es citado textualmente por Ptolomeo: "Así pues, a partir de las observaciones anteriores queda claro que las diferencias en la longitud del año son, de hecho, muy pequeñas. Sin embargo, en el caso de los solsticios tengo que admitir que tanto yo como Arquímedes podemos haber cometido errores de hasta un cuarto de día en nuestras observaciones y cálculos [del tiempo]. Pero la irregularidad en la longitud del año puede ser percibida con precisión a partir de los [equinoccios] observados sobre el anillo de bronce situado en la plaza de Alejandría denominada 'Estoa'". Estas observaciones y otras de las que da cuenta en las otras dos obras mencionadas le llevaron a establecer que la longitud del año tropical era de $365 \frac{1}{4} - 1/300$ como ya dijimos anteriormente. Su preocupación básica era evitar el desfase acumulado en los ciclos de Metón y Euctemón y en el de Calipo. Como vemos, pues, preocupaciones que encajan perfectamente en el ámbito de la astronomía empírica: "Encontramos el mismo resultado a partir de otra serie de observaciones propias y vemos que Hiparco concuerda con ellas en más de una ocasión. Pues en su obra, 'Sobre la longitud de año' compara el solsticio de verano observado por Aristarco al final del 50º año del Primer Ciclo Calípico con el que él mismo había determinado, de nuevo con precisión, al final del cuadragésimo tercer año del Tercer Ciclo Calípico y luego dice: 'Es claro, pues, que a los 145 años el solsticio ocurre antes de lo que debiera en un año de 365 1/4 de días, por la mitad de la suma de la longitud del día y de la noche'. También en 'Sobre los meses intercalares y los días' después de observar que según la escuela de Metón y Euctemón la longitud del año comprende $365 \frac{1}{4} + 1/76$ días, pero según Calipo sólo $365 \frac{1}{4}$ días, comenta con sus propias palabras, lo siguiente: 'Con respecto a nosotros, encontraremos que el número total de meses comprendidos en 19 años ha de ser el mismo que ellos descubrieron, pero encontramos que el año es incluso menos de $1/4$ [de día además de los 365], aproximadamente en $1/300$ de día. Así, en 300 años su déficit [acumulado] es de 5 días en comparación con [la cifra de Metón] y de 1 día en comparación con la de Calipo'. Y cuando resume más o menos sus opiniones en el catálogo de sus escritos, dice: 'También he compuesto una obra sobre la longitud del año en un libro, en el que mostraré que el año solar

(mediante lo cual me refiero al tiempo en el que el Sol vuelve de un solsticio al mismo solsticio o de un equinoccio al mismo equinoccio) contiene 365 días, más una fracción que es menor de $1/4$ en $1/300$ de la suma de un día y una noche, y no, como suponen los matemáticos, exactamente de $1/4$ de días más del número de días antes mencionado" (Almagesto III, 1, H 206-208, págs. 138-139).

Todo este tipo de observaciones realizadas por Hiparco y de las que tenemos excelentes testimonios en el Almagesto nos muestran que los problemas que estaban en su base eran típicos problemas de astronomía observacional, encajaban perfectamente en el corpus astronómico parapegmático. De hecho, el mayor descubrimiento atribuido a Hiparco, la precesión de los equinoccios, está íntimamente ligado con cuestiones del calendario, en concreto con la determinación de un valor preciso del año. Era necesario disponer no sólo de buenas observaciones de las estrellas fijas, sino además de registros lo más dilatados posibles de tales observaciones. Ya hemos visto que aunque, escasas y toscas, Hiparco disponía de las observaciones de Timocaria y Arístilo -tal vez, incluso, de un catálogo confeccionado por ellos- y el Almagesto testimonia claramente que las observaciones de las estrellas fijas realizadas por Hiparco "son nuestra principal fuente de comparación, nos han llegado de una forma plenamente satisfactoria" (Almagesto, VII, 1, H 3, pág. 321). Ptolomeo ofrece a continuación tan sólo "unas cuantas de sus observaciones [se refiere a Hiparco] aquellas que son más susceptibles de una fácil comprensión y también que dan una panorámica de todo el método de comparación, mostrando que las configuraciones formadas por las estrellas fuera del zodiaco, tanto entre sí como con las estrellas del zodiaco, se han mantenido sin cambios" (Almagesto III, 1, H 4, pág. 322). Las observaciones de Hiparco están expuestas a continuación (en Almagesto III, 1, 322-325).

También era necesario disponer de observaciones fiables de los solsticios o de los equinoccios. Esas observaciones fueron tan bien efectuadas, tan buenas que le permitieron obtener un valor suficientemente preciso del año solar como para apreciar la discrepancia existente entre éste y el año sidéreo. Ptolomeo es sumamente explícito en esta cuestión: "los antiguos estaban en desacuerdo y confusión en sus pronunciamientos sobre este asunto [se refiere a la determinación de la duración del año], como se puede ver en sus tratados, especialmente en los de Hiparco, que era laborioso y amante de la verdad" (Almagesto III, 1, H 191, pág. 131). Precisamente fue la apreciación de la diferente duración del año solar y el sidéreo lo que hizo que Hiparco llegara a "la idea de que la esfera de las estrellas fijas también tienen un movimiento muy lento, que, justo igual que el de los planetas, es hacia atrás con respecto a la revolución que

produce el primer movimiento [el diario]". (Ibidem). También Ptolomeo lista a continuación una serie de observaciones de equinoccios de otoño, a juicio de Hiparco, observados con suma precisión (Almagesto III, I, H 195-196, págs. 133-134). Estas observaciones y otras de eclipses lunares que consigna en 'Sobre el desplazamiento de los puntos equinociales y solsticiales', amén de las realizadas por Timocaris, le llevan a computar "que la distancia en la que Spica está por delante del punto otoñal [del equinoccio de otoño] es de unos 6° en su propio tiempo, pero era de 8° en la época de Timocaris... Además muestra que, en el caso de casi todas las estrellas fijas que él comparó, el movimiento hacia atrás era de la misma cuantía" (Almagesto VII, 2, H 13, pág. 327). Desde luego, está claro que todas sus observaciones llevaron a Hiparco a su gran descubrimiento, el retroceso con respecto a las estrellas del punto en que la eclíptica corta al ecuador celeste, que, como veremos a continuación, por boca de Ptolomeo, estimó como de una cantidad constante, a saber, 1° cada 100 años: "De todo ello [Ptolomeo se refiere aquí a las observaciones de Hiparco y suyas que acaba de comentar] encontramos que se da un movimiento de 1° hacia atrás en 100 años aproximadamente, como Hiparco también parece haber sospechado, según la siguiente cita de su obra "Sobre la longitud del año": 'Pues si los solsticios y equinoccios se movieran, por esta causa, no menos de 1/100 de grado por adelantado [o sea, en sentido contrario al zodíaco] de los signos, en 300 años se habrían movido no menos de 3°" (Almagesto VII, 2, H 115, pág. 328).

Su gran descubrimiento de la precesión de los equinoccios está también relacionado con la observación de eclipses lunares, como ya hemos mencionado (Almagesto VII, 2, H 13). Y no podemos olvidar que la cuestión lunar está, al igual que la del sol, en el núcleo del corpus empírico, que su estudio era una de las tareas primordiales de los parapématistas. Buena prueba de que Hiparco se ocupó también de estas cuestiones nos la ofrece de nuevo Ptolomeo. Después de pasar revista a los periodos que los antiguos astrónomos intentaron hallar "en que el movimiento de la luna en longitud siempre fuera el mismo, basándose en que sólo un periodo semejante produciría un retorno a la anomalía" (Almagesto IV, 2, H 269, pág. 175) y al comparar las observaciones de los eclipses lunares en concreto el Saros y el triple Saros, Ptolomeo afirma: "Sin embargo, Hiparco ya probó mediante cálculos realizados a partir de observaciones hechas por los caldeos y en su época, que las anteriores relaciones no eran precisas. Pues de las observaciones de las que partió muestra que el intervalo constante más pequeño que define un periodo eclíptico en el que el número de meses y la cantidad de movimiento, [lunar] es siempre el mismo, es 126.007 días más una hora equinoccial. En este intervalo él encuentra comprendidos 4.267

meses, 4.573 vueltas completas en la anomalía y 4.612 revoluciones en la eclíptica menos $7 \frac{1}{2}^{\circ}$ " (Almagesto IV, 2, H 270-271, pág. 175). Esos $7 \frac{1}{2}^{\circ}$ son los que le falta al Sol para efectuar 345 revoluciones sidéreas en los 126.007 días 1^4 . Los 4.267 'meses' a los que se refiere Ptolomeo son meses sinódicos, por lo que obtenemos el siguiente valor:

I) $126.007, 04^d : 4.267^m \text{ sinódicos} = 29,530593^{\text{días}}$ que tiene el mes sinódico o, como consigna el propio Ptolomeo, 29; 31, 50, 8,20 (5). Las 'vueltas completas en la anomalía' se refieren al mes anómalo y las 4.612 revoluciones en la eclíptica al mes sidéreo lunar.

Es sabido (Pérez Sedeño, 1985) que todas las cuestiones referentes a la determinación de las duraciones del año solar y del mes lunar están relacionadas con el establecimiento de ciclos calendáricos. Además, en la Phaseis de Ptolomeo hay innumerables referencias a predicciones del tiempo hechas por Hiparco del tipo efectuado por los parapégmatistas, tal vez incluso la elaboración de un parapégmata. Por ejemplo, al final de ese tratado Ptolomeo de una lista de los parapégmatistas más importantes, y de dónde efectuaron sus observaciones, asociando Hiparco a Bitinia. Mas aparte de Ptolomeo no disponemos de otras fuentes sobre este supuesto parapégma de Hiparco (Neugebauer, 1.975, pág. 338). Pero es innecesario extenderse al relatar las observaciones y estimaciones de Hiparco que encajan en el corpus de astronomía. El hecho mismo de que no hubiera observaciones planetarias que es una de las características de la astronomía parapégmatista muestra que los astrónomos seguían ejecutando una astronomía de tipo práctico, centrada en la observación de los astros. Ptolomeo señala que, debido a la gran dificultad que entraña la observación de los movimientos planetarios, Hiparco "ni siquiera intentó establecer una teoría para los cinco planetas, por lo menos en los escritos que nos han llegado". (Almagesto IX, 2, H 210, pág. 421). Y justifica que Hiparco no estableciera una teoría planetaria, además de por las características que entraña la observación de estos fenómenos, "porque no disponía de una base de recursos en la forma de observaciones precisas desde tiempos anteriores, tal y como él mismo nos ha legado" (*ibidem*). Esta afirmación parecería indicar que Hiparco sí efectuó observaciones planetarias, pero resulta extraño que Ptolomeo en cambio, no las mencione explícitamente, al contrario de lo que hace en el caso de otros fenómenos celestes (6).

Pero sería desleal presentar a Hiparco como "un matemático que se ocupaba no tanto de la comprensión física de los fenómenos celestes, cuanto de la exacta descripción y predicción de lo que ocurría en el cielo" (Hanson, 1973, pág. 143, interpretando a Teón). De hecho, aunque ese "gran amante de la verdad" que era Hiparco, según Ptolomeo (7) no hubiera esbozado siquiera una teoría de los cinco

planetas, no fue ese el caso con el Sol y la Luna, pues investigó sus teorías " y demostró con los medios a su alcance que están representadas por movimientos circulares uniformes" (Almagesto IX, 2, H 210, pág. 421), usando excéntricas y la teoría de los epiciclos, a la que, al parecer, dió su forma clásica.

Se había introducido en Grecia la astronomía matemática de origen babilónico basada en procedimientos aritméticos, métodos que la astrología popular griega -tan diferentes de la oriental de la que procedía- usó ampliamente. Esta astrología que tan rápidamente se extendió por Grecia, tomando un carácter individualizado, en contraposición a la astrología denominada judicial, también aportó su grano de arena al desarrollo del corpus observacional: era necesario disponer de tablas que permitieran un acceso directo y sencillo a los datos que influían en la vida de las personas, según el momento de su nacimiento.

No sólo el corpus observacional había experimentado un gran avance desde Eudoxo. Las matemáticas necesarias para formular teorías fructíferas se habían desarrollado considerablemente. Quedaban lejos aquellos tratados de Autólico y Euclides en los que se imitaba "el estilo riguroso euclídeo, aunque raramente se explicitaran los autenticos supuestos y las pruebas a menudo sólo sean una formulación ligeramente diferente de las afirmaciones" (Neugebauer, 1.975, pág. 749); tratados -"Sobre la esfera que rota", "Sobre ortos y ocasos" de Autólico, "Los fenómenos" de Euclides- que enfrentaban "de un modo crudo el problema de los ortos y ocasos de las estrellas, haciendo fuertes simplificaciones" (Neugebauer, 1.946, pág. 104) y en los que se aprecia el bagaje astronómico de estos rudimentos de astronomía esférica. Incluso quedaba lejos la "Esférica" de Teodosio (hacia-100), en la que el autor se enfrenta de un modo matemático formal a cuestiones de gran importancia para la astronomía sin que ello sea mencionado explícitamente (Neugebauer, 1.975, págs. 755-767). Apolonio de Perga (-240 al -170 aproximadamente) había probado la equivalencia de excéntricas y epiciclos (10) (Almagesto XII, 1, H 450, pág. 555). Su influencia sobre la astronomía matemática griega fue decisiva, como demuestran las referencias y atribuciones que le hace Ptolomeo en el Almagesto (XII, 1, VII fundamentalmente). Y también resultó decisiva la creación de la trigonometría esférica por Menelao (100 aproximadamente). Sin embargo, y aunque todas estas aportaciones contribuyeron, sin lugar a dudas a que se pudiera elaborar una teoría científica como la desarrollada por Ptolomeo en su Sintaxis Matemática, no hay que olvidar un cosa: sin todos los datos observacionales acumulados por los astrónomos-parapêgmatistas, no habría habido una base empírica que sirviera a la vez para formular y como piedra de toque de tal teoría. E,

indudablemente, Hiparco fue uno de ellos.

Universidad Complutense de Madrid

NOTAS

(1) Las cifras que aparecen tras el título del Almagesto significan, por este orden, Libro, sección, folio de la edición de Heiberg y página de la edición de Toomer, por la que siempre se cita.

(2) Nos ha parecido necesario añadir ciertas explicaciones, que aparecen entre corchetes, para una mejor comprensión de los textos de Ptolomeo.

(3) Este valor es el adoptado por Ptolomeo. Para una interpretación de este texto de Ptolomeo, y el valor asignado a la oblicuidad de la eclíptica por Eratóstenes, véase Heath, 1913, pág. 131 y Neugebauer, 1975, págs. 303, 335 y 733-734.

(4) Esta afirmación no significa que atribuyamos a esos astrónomos un inductivismo ingenuo. Seguramente disponían de un modelo o marco teórico en el que desarrollaban sus investigaciones, aunque en este estadio de la astronomía debía ser bastante vago: como diría Kuhn, un conjunto de cuestiones y problemas.

(5) Neugebauer (1975, pág. 310) señala un hecho sumamente curioso que nos ha parecido interesante consignar aquí, aunque sea ajeno al núcleo de este trabajo. La relación existente entre el periodo de eclipses (en días) y el número de meses sinódicos arroja un valor de 29; 31, 50, 8, 9, 20^d y no el que presenta Ptolomeo, que, además, es un parámetro babilónico. Neugebauer (ibidem), señala que Copérnico en su De Revolutionibus corrigió el valor ptolemaico. La curiosidad reside, a nuestro entender, en que Ptolomeo no comprobara este valor, siendo tan cuidadoso como era a la hora de corroborar y comparar todo tipo de datos.

(6) Seguramente, como indica Toomer (1984, pág. 421, n. 9 y 11), Ptolomeo se refiere aquí a una supuesta compilación de antiguas observaciones planetarias realizada por Hiparco: "Todo lo que hizo Hiparco fue una compilación de las observaciones planetarias de una manera más útil y mostrar por medio de éstas que los fenómenos no estaban en concordancia con las hipótesis de los astrónomos de la época" (Almagesto, IX, 2, H210, pág. 421).

(7) A lo largo de todo el Almagesto aparece esta expresión en boca de Ptolomeo para referirse a Hiparco.

BIBLIOGRAFIA

- HANSON, N.R., (1973): Constellations and Conjectures, Dordrecht: D. Reidel Pub. Co. Se cita por la edición castellana, Constelaciones y conjeturas, Madrid: Alianza Ed., 1978.
- HEATH, T. (1913): Aristarchus of Samos. The Ancient Copernicus, Oxford: Clarendon Press; se cita por la edición de Dover Pub., 1981.
- NEUGEBAUER, O. (1945): "The History of Ancient Astronomy: Probleme and Methods", Journal of Near Eastern Studies, 4, págs. 1-38.
- (1972): "On some aspects of Early Greek Astronomy" Proceedings of the American Philosophical Society, 116, págs. 243251.
- (1975): A History of Ancient Mathematical Astronomy, 3 volúmenes, Berlín, Nueva York: Springer Verlag.
- PANNEKOEK; A. (1961): A History of Astronomy, Londres: Georg Allen & Unwin LTD.
- PEREZ SEDEÑO, E. (1985) Observación y teoría en la astronomía griega: modelos teóricos y calendáricos, tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid.
- PTOLOMEO. Almagesto: Claudii Ptolomaei Opera Quas Extant Omnia, Vol. I, Syntaxis Mathematica, ed. J.L. Heiberg, Leipzig, Teubner, 1898-1903.
- Almagest, editado por Toomer.
- SIMPLICIO: In Aristotelis de caelo commentaria, ed. por J.L. Heiberg Berlín: G. Reine, 1984.
- TOOMER, G.J. (1984): Ptolemy's ALMAGEST, trad. y notas por G.J. Toomer, Londres: Duckworth.