

Claudio Ptolomeo y la Culminación de la Astronomía Helenística

Con Ptolomeo, quien vive en el siglo II D.C., la astronomía griega, de manera más precisa, la astronomía helenística, alcanza su máximo esplendor. Se dice astronomía helenística pues Ptolomeo pertenece al mundo griego asentado en la Alejandría egipcia, la cual ha heredado el quehacer científico de la Atenas clásica, epicentro del helenismo. Pensamiento que se nutre de las fuentes griegas clásicas pero se desenvuelve en o en torno a la ciudad del delta de Nilo, fundada por el conquistador Alejandro de Macedonia pero heredada con toda la provincia egipcia por el gobernador, Ptolomeo I, Sóter, fundador de una nueva dinastía de faraones, los ptolomeos o lágidas. Ellos son los gobernantes de Egipto, poseen el título de faraones, pero son griegos por origen y cultura. Los dos primeros faraones ptolemaicos, Ptolomeo I, Sóter y Ptolomeo II, Filadelfo, crearon en Alejandría una serie de instituciones para el fomento del quehacer científico y de otros ámbitos como son la Biblioteca y el Museo. Evento significativo de ese traslado es el papel de miembros del Liceo aristotélico en Alejandría y sus nuevas instituciones. (1) Para evitar confusiones que quede claro que nuestro astrónomo no tiene nada que ver con la dinastía en cuestión, a pesar de su nombre Claudio Ptolomeo.

Y la obra de Ptolomeo que mejor representa a tal astronomía helenística, la Sintáxis matemática, convertida en el Almagesto por los pensadores musulmanes, también será el documento astronómico por excelencia hasta el triunfo del heliocentrismo copernicano -1543- en la primera mitad del siglo XVII. Esta obra fue redactada hacia la mitad del segundo

siglo D.C., si consideramos algunas de las observaciones astronómicas que ella recoge y que se asume fueron efectuadas por el mismo Ptolomeo y que van del 127 al 151.

Pero la obra también recoge y emplea un conjunto de observaciones previas, en especial, las de Hiparco de Nicea, siglo segundo A.C., quien en Rodas realizó importantes observaciones, pero también innovaciones teóricas de enorme importancia. Hiparco fue gran observador de los cielos y al mismo tiempo creador de nuevos elementos geométricos para relacionar datos fenoménicos y modelos explicativos. Asimismo, sirvió de puente para incorporar la astronomía caldea al pensamiento astronómico griego, en especial, el énfasis de aquella en el cálculo posicional y no solamente en el enfoque heleno de la creación de modelos geométricos para garantizar la inteligibilidad del movimiento planetario. Recuérdese la propuesta platónica discutida previamente. Ptolomeo hace referencia clara al trabajo de Hiparco y al valor de sus observaciones y propuestas teóricas, como se desprende del texto que se reproduce en nota. (2)

Además, se debe establecer que el Almagesto contiene un importantísimo catálogo de estrellas que complementa el de Hiparco y que se convertirá en la base empírica de la astronomía por los siguientes quince siglos, con solamente adiciones menores por los árabes y las Tablas de Alfonso X, el Sabio en la Europa occidental.

De manera más precisa, se debe anotar que tres son esas herramientas⁶²

geométricas para “salvar los fenómenos” que Ptolomeo emplea en su Sintaxis matemática, a saber las excéntricas, los epiciclos-deferentes, y los ecuantes. Hay consenso que los dos primeros tienen su origen en propuestas previas, Hiparco o Apolonio de Perga; el ecuante, por el contrario, se asigna a Ptolomeo, como su contribución principal a la tarea de la astronomía, esto es, la explicación del movimiento planetario.

Por supuesto, estos artificios geométricos responden a la obligación teórica de que el movimiento planetario se explique, no necesariamente se describa, en virtud de la circularidad y la uniformidad. Los dos primeros, la excéntrica y el epiciclo-deferente permiten satisfacer la circularidad del movimiento planetario. No obstante, los fenómenos a veces no corresponden a tal circularidad de manera inmediata. Por ejemplo, el rasgo fenoménico del cambio de brillo sugiere un cambio de distancia del planeta respecto del centro tanto del universo como del movimiento de los cuerpos celestes. Pero un tal cambio de distancia incumple la circularidad pues tales variaciones atentan contra la igualdad de los radios del círculo. Recuérdese que este problema llevó al abandono de las esferas concéntricas de Eudoxo y sus seguidores, inclusive la versión aristotélica que se presentó previamente en este libro. Si hay un único centro de los círculos o esferas, y el planeta está supuestamente colocado en una de ellas, la distancia del mismo al centro debe ser siempre la misma. No hay cambio de distancia, aunque tampoco puede haber cambio de naturaleza del planeta. Luego el fenómeno es inexplicable por el modelo y el modelo no satisface la relación que lo justifica, esto es, su concordancia con lo fenoménico.

Ahora bien, si se abandona un realismo descriptivo o un platonismo, y simplemente se asume un artificio geométrico que es herramienta para nuestra construcción teórica sin mayores pretensiones, la excéntrica sí expresa con un movimiento circular el cambio

de distancia dado que nos libera de la necesidad de que la Tierra ocupe el centro geométrico del círculo que simplemente se traza como herramienta interpretativa. La excéntrica es un círculo cuyo centro no coincide con la Tierra, puesto que ella está desplazada de ese centro, la Tierra está fuera del centro del círculo. Pero el planeta se mueve circularmente, esto es, equidistante del centro del círculo. Ahora bien, respecto de la Tierra, desde la cual se contempla el fenómeno del movimiento del cuerpo celeste, este será a veces más cercano y a veces más lejano; desde otra perspectiva fenoménica, será más brillante o menos brillante. El fenómeno queda interpretado, se “salva el fenómeno”, sin violentar la circularidad.

Por supuesto, se ha roto la conexión estricta entre el geocentrismo cosmológico y la astronomía geocentrista. Pero es un precio que bien vale la pena dado que no se hace peligrar a ambas construcciones teóricas como si es posible si se mantiene el nexo fuerte y radical de un realismo de esferas homocéntricas de corte eudoxiano o aristotélico.

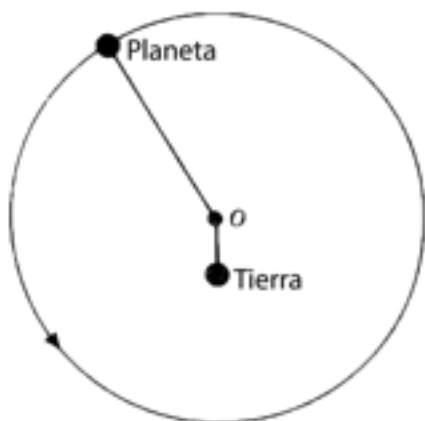
Otro rasgo del fenómeno planetario es el movimiento retrógrado o en rizo que también se discutió en ensayo previo. El homocentrismo o concentrista ofrecía una explicación plausible aunque no muy obvia o simple. En este caso no se tenía una instancia de refutación directa como podría decirse con terminología de filosofía de la ciencia contemporánea. Sin embargo, resulta que si nuevamente se deja de lado el modelo eudoxiano, y combinamos dos movimientos circulares, aunque no respecto del mismo centro, esfera segunda y tercera, sino un círculo cuyo centro está colocado sobre otro círculo cuyo centro es la Tierra, y se asume el movimiento de uno y otro, el movimiento agregado o restado del primero respecto del observador en la Tierra, el planeta parecería que se detiene, se devuelve, retoma su dirección original, se acelera y luego continúa moviéndose circularmente en la dirección normal de los cuerpos celestes, esto es, de oeste a este en el contexto del Zodíaco.

El resultado es el mismo que en la propuesta eudoxiana pero se podría decir que mucho más simple y evidente.

Por cierto, y como un premio adicional, resulta que la explicación a partir del epiciclo-deferente también explica el cambio de brillo, pues del movimiento combinado de los dos círculos, la posición del planeta en el epiciclo a veces lo hace estar a menos distancia de la Tierra, y por tanto más brillante; en otros momentos, más lejos y por ende menos luminoso. Aunque su movimiento sobre el deferente es estrictamente circular.

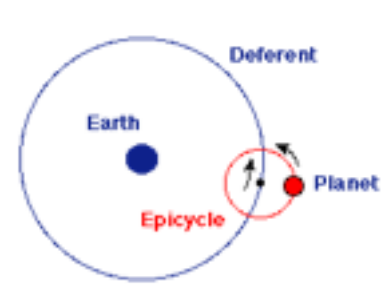
A continuación se presentan los diagramas típicos de ambos artificios geométricos para una mejor visualización del asunto.

En primer lugar la excéntrica.

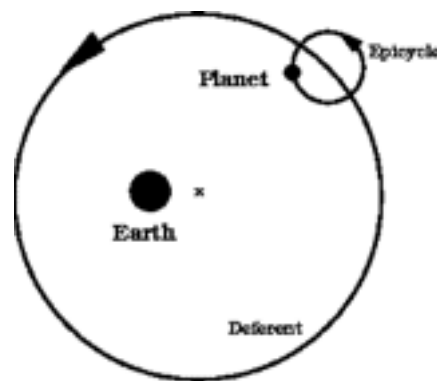


Un planeta realizando movimiento excéntrico recorre una órbita circular cuyo centro O , no está en la ubicación de la Tierra.

En segundo lugar, el epiciclo-deferente.



Interesantemente, resulta que también se pueden combinar ambos artificios, y emplearse un epiciclo-deferente excéntrico. Ello potencializa su capacidad explicativa y predictiva. Ejemplo de esta combinatoria es el siguiente diagrama.



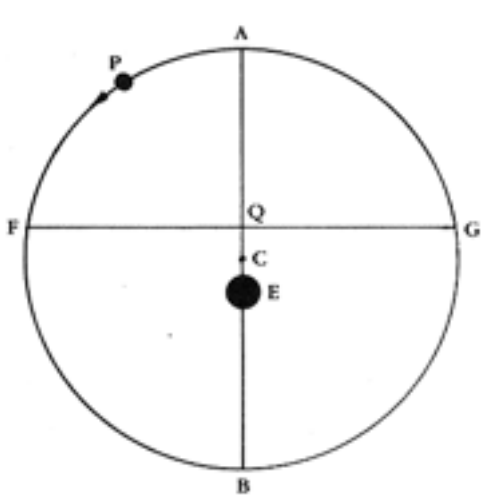
Hasta aquí se ha hecho énfasis en los aspectos positivos de estos dos artificios geométricos, en contraposición, en especial, al modelo de Eudoxo y Aristóteles. Empero, si se pone atención al movimiento del planeta en el caso del epiciclo-deferente, es claro que se salva o mantiene la circularidad pero se incumple la uniformidad, pues fenoménicamente se tiene retardaciones y aceleraciones de la velocidad del cuerpo celeste; se violenta la uniformidad dado que no se recorre iguales distancias en tiempos iguales.

En consecuencia, parece que se tiene entre manos una crisis doctrinal posiblemente más seria que el rompimiento de la circularidad previamente considerada. En efecto, la uniformidad del movimiento planetario también se desprende de la perfección de los cuerpos celestes que asume la cosmología griega.

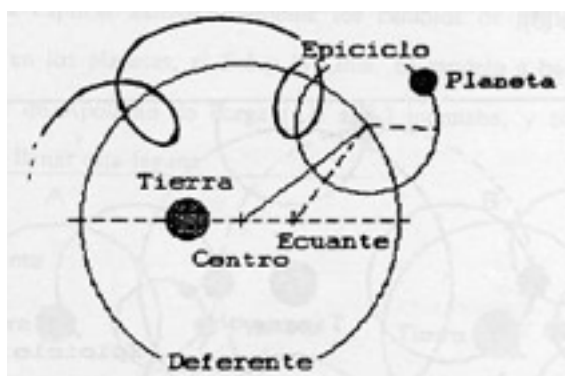
El tercer artificio de la astronomía ptolemaica, el ecuante, resuelve esta dificultad y completa el binomio teórico de la circularidad y la uniformidad. Un diagrama del ecuante o punto de igualdad se propone a

continuación. Según el mismo, el movimiento del planeta P no es uniforme ni respecto del centro del círculo ni respecto de la Tierra, E, sino respecto del centro Q. Este centro Q es por tanto el referente de la uniformidad, y se le conoce como equante. Por supuesto, este punto Q también se puede ubicar para los casos de las construcciones geométricas a partir de epiciclo-deferentes.

Véase que combinando estos artificios



de construcción geométrica se satisface, se cumple, “se salva” el binomio de la circularidad y la uniformidad. Ello es claro en los siguientes dos diagramas que se muestran a continuación. En efecto, en el primero de ellos se conjugan la excentricidad, el epiciclo-deferente y el punto equante con el fin de expresar el movimiento en rizo de un planeta en su movimiento alrededor del centro de la Tierra.



Y lo mismo puede verse en el segundo diagrama-



En este punto, se hace necesario explicitar el significado de esa expresión antes citada, a saber, “salvar las apariencias”.

En primer término, se analiza la referencia al binomio circularidad y uniformidad. Implica que son dos condiciones separables y que por ende se pueden satisfacer de manera separada y respecto de puntos geométricos distintos. En efecto, se puede satisfacer la circularidad de cierta manera, esto es, respecto de ciertos centros. Y la uniformidad respecto de otros puntos, distintos de los primeros, los llamados equantes, centros de igualdad. En resumen, la circularidad más la uniformidad, es decir los dos primeros artificios para lo circular, mientras que el tercero, los equantes, para la uniformidad.

Por supuesto, esta solución es un alejamiento de la tesis radical de un pitagorismo-platonizante que exige el mismo referente para definir la circularidad y la uniformidad de la explicación o descripción. Unicidad de referente que expresa la simplicidad=bellesa=verdad de la construcción matemática propia de la astronomía. Construcción geométrica que es necesaria expresión de la real estructura del cosmos.

Por ello, en contraposición radical, Ptolomeo “salva las apariencias”, no describe realidades ya sean ideales -Eudoxo- o físicas -Aristóteles. Asume una tesis epistemológica distinta, que permite mayor libertad en la construcción, pero que no es simplemente arbitraria sino que se valida por la

correspondencia con lo fenoménico aunado a la predicción. Con ello, Ptolomeo no solamente genera una larga tradición de explicaciones que suelen ser denominadas instrumentalistas o ficcionalistas, y que en el contexto de esta serie de trabajos, vuelve a aparecer en la interpretación del heliocentrismo de Copérnico por parte del autor de la Carta al Lector del *De Revolutionibus* de Copérnico, a saber, Osiander. (3) Osiander renuncia a la verdad y la verosimilitud como razones de ser de la astronomía, y por el contrario defiende que la predictividad y el cálculo son sus propiedades definitorias. Más específicamente, se afirma que si dos modelos explican lo mismo se pueden emplear indistintamente. Por ejemplo, escribe en su carta que encabeza anónimamente el libro de Copérnico, que las viejas hipótesis -el geocentrismo de corte ptolemaico-, pueden emplearse tanto como las nuevas hipótesis -el heliocentrismo-, si los cálculos o predicciones son aceptablemente equivalentes. Por supuesto, si el lector del texto copernicano es cuidadoso se percata que el resto del libro, desde el Prólogo al Papa Paulo III, es radicalmente incompatible con este enfoque instrumentalista, pues Copérnico defiende el pleno sentido de verdad de su teoría astronómica, que explícitamente distingue entre verdades y falsedades en las explicaciones astronómicas, y lo que es más significativo, que rechaza tan tajantemente el binomio, es decir, la agregación de explicaciones distintas e independientes de lo circular y lo uniforme, hasta asumirlo como la razón última y primordial para el rechazo del enfoque ptolemaico, sin importar que en la práctica su astronomía funcione tanto como la ptolemaica en la predicción de los movimientos planetarios, es decir, en su correspondencia con los fenómenos.

El defecto fundamental de la astronomía ptolemaica, para la perspectiva pitagorizante de Copérnico, es precisamente esta separación de lo circular y de lo uniforme; este salvar los fenómenos a partir de explicaciones que al agregarse cumplen con una circularidad más una uniformidad. No con ambas referidas a

un mismo centro. Para Copérnico se pierde la simplicidad, economía, belleza, y todo como expresión de verdad.

Por supuesto, para Ptolomeo este rigorismo es innecesario pues lo que caracteriza a la astronomía, en particular, y se puede agregar, a la ciencia, en general, es la predictibilidad o cálculo y no estas notas epistemológicas y metafísicas. Y todo ello se enmarca en su nueva concepción de la astronomía en que la descripción es superada por la predicción, por el cálculo, por la correspondencia con los fenómenos o datos.

No obstante se debe hacer notar que Ptolomeo para el caso del Sol emplea una versión fuerte de la relación entre lo circular y lo uniforme bastante cercana a la copernicana, libro III del *Almagesto*. Pero para los casos de la Luna y los planetas, emplea la versión débil o de agregación de lo circular y lo uniforme - por ejemplo libros V, IX y X.

Interesantemente, es importante considerar que Ptolomeo no renuncia completamente a una descripción más objetiva de la realidad, por ejemplo, desde la perspectiva de la cosmología, pues en su *Almagesto*, libro primero, asume la cosmovisión aristotélica, el geocentrismo cosmológico del Estagirita, como se desprende del siguiente fragmento de su libro que se cita a continuación:

“Ante todo hay que admitir: 1- Que el Cielo tiene forma esférica y se mueve como una esfera. 2- Que la Tierra, por su figura y tomada en la totalidad de sus partes, es sensiblemente un esferoide. 3- Que está en medio de todo el cielo, como en un centro. 4- Que por su tamaño y distancia a la esfera de las estrellas fijas, sólo es un punto. 5- Que no tiene rotación ni traslación.”(4)

Pero se reitera que en el texto citado se asume una visión cosmológica, no tanto una perspectiva astronómica, y es lo astronómico lo que le interesa al autor de la *Syntaxis*, que puede ser también óptico, acústico, geógrafo, y hasta astrólogo (5), pero no estrictamente

cosmólogo, pues como astrónomo en el sentido instrumentalista ptolemaico, a él no le compete la temática cosmológica per se.

El enfoque de la astronomía ptolemaica y sus potencialidades predictivas y explicativas en clave instrumentalista serán el referente doctrinal para los desarrollos ulteriores, ya sea en el contexto musulmán con su apropiación del pensamiento científico griego, como factor crucial en la recuperación de dicho saber por los europeos occidentales, por ejemplo, en el ámbito de las universidades del siglo XII y XIII.

1) Ptolomeo I Sóter y Ptolomeo II, Filadelfo como los gobernantes; Demetrio de Falerno y Estratón de Lámpsaco, como los gestores. El primero respecto de la Biblioteca, cuya primera colección no solamente fue formada por él, sino que estuvo a su cargo -se le puede considerar el primer bibliotecario; el segundo se considera como fundador del Museo.

El Museo era realmente un centro de investigación y enseñanza, patrocinado por el tesoro real de los Ptolomeos, como parte de su esfuerzo de hacer de Alejandría un gran centro cultural. Disponía de instalaciones para la enseñanza y la investigación, para el acomodo de los investigadores y estudiantes, salas de estudio, de enseñanza, de disección, dormitorios, comedores. Además jardín zoológico, botánico, observatorio de astronomía, salas de disección, etc. En torno al Museo se concentran sabios de muy distintas latitudes.

El esplendor del Museo se circunscribe al siglo III y primera mitad del II A.C. La Biblioteca tendrá una duración mayor, aunque con problemas como son el incendio del 48 A.C., los problemas con los cristianos en los siglos IV y V D.C, y su desaparición final por el choque con los musulmanes en el VII D.C.

2) “Creo que Hiparco se ha mostrado muy fiel amigo de la verdad en todas las cosas, y, sobre

todo, en lo siguiente: como no había recibido de sus predecesores tantas buenas observaciones como él nos ha legado a nosotros, buscó qué hipótesis era preciso admitir para el Sol y la Luna y demostró que todo su mecanismo lo formaban movimientos circulares y uniformes; pero satisfecha esta teoría, se deduce de las memorias que nos ha dejado que no emprendió sus primeras investigaciones sobre las hipótesis propias de los cinco planetas, sino que se limitó a clasificar, ordenándolas más cómodamente, las observaciones de que habían sido objeto estos astros, y demostró, además, que tales observaciones no estaban de acuerdo con las hipótesis admitidas por los matemáticos de su época.

Le parecía necesario, en efecto, declarar que los planetas presentaban una doble anomalía en su movimiento, pues que, para cada uno de ellos, los arcos de retrogradación son desiguales entre sí, y con una gran diferencia, mientras que otros matemáticos, apoyando sus demostraciones en figuras geométricas, encontraban únicamente una anomalía y un solo arco de retrogradación; mas no creía que esta declaración era suficiente, ni que bastaba afirmar que todas las apariencias resultaban de la composición de movimientos sobre círculos excéntricos o sobre círculos concéntricos al zodíaco, pero portadores de epiciclos; o bien, para Júpiter, que eran consecuencia de la combinación de estas dos especies de hipótesis: la anomalía zodiacal, de una cierta magnitud, y la solar, de otra magnitud distinta. A tales suposiciones se han ajustado aproximadamente quienes han querido demostrar la verdad del movimiento circular y uniforme por medio de una tabla llamada perpetua; pero han procedido de una manera errónea y sin pruebas suficientes. Unos no han perseguido de ningún modo el objeto propuesto a sus investigaciones, y otros solo lo han hecho hasta un cierto punto de vista más lejano.

Hiparco pensaba, por el contrario, que cuando con el solo auxilio de recursos

matemáticos se ha conseguido tal grado de precisión y de conocimiento de la verdad, no basta atenerse a estos resultados, como lo han hecho otros.

El que quiera convencerse a sí mismo y convencer a quienes lo rodean, debe necesariamente tomar como punto de partida fenómenos evidentes y universalmente reconocidos, deducir el tamaño y los períodos de cada anomalía y, combinando entonces la disposición relativa y la posición en el cielo de los círculos que engendran estas anomalías, descubrir la ley de los movimientos que se verifican en dichos círculos, y, finalmente, mostrar que las otras apariencias se adaptan a las leyes propias del movimiento que, por hipótesis, se han atribuido a los mismos círculos.

Esta labor creo que le pareció extraordinariamente difícil al propio Hiparco.”

Almagesto. IX, 2. Citado en Vera, Francisco. Científicos Griegos. Vol II. pp 518-519

3) O bien, en el contexto de las reacciones al heliocentrismo galileano por parte del Inquisidor Bellarmino, quien no tenía empacho en que se empleara el enfoque heliocéntrico como hipótesis, pero no como verdad. Instrumentalismo que vuelve a aparecer en algunas de las reacciones al dualismo onda-partícula de la luz en la física a partir de la primera parte del siglo XX y de las interpretaciones de la mecánica cuántica. Pero solamente se hace referencia a tales temas que desbordan plenamente el ámbito del presente texto.

4) Ver Ptolomeo. Almagesto. Libro I, cap.ii.

5) Valga esta nota para hacer mención de otras obras de Ptolomeo, en los varios campos o disciplinas enumerados. Óptica, Harmónicos, Geografía, Tetrabiblos. Además, en astronomía se tiene un texto conocido como Hipótesis de los planetas, que en el pasado se cuestionó su

autoría pero que ahora los eruditos lo aceptan como auténtico.

BIBLIOGRAFÍA

Lagemann, Robert T. Ciencia Física. Orígenes y Principios. Trad. Vicente San José González & Manuel Tagüeña Lacorte. México: Uteha, 1968.

Ptolomeo. Almagesto.

Vera, Francisco (recopilador). Científicos Griegos. Volúmenes 1 y 2. Madrid: Aguilar, 1970.