

Galileo: Cometas y Heliocentrismo

Resumen: *En este trabajo primero se expone la teoría de los cometas de Galileo y la de Grassi junto con algunos de los argumentos que utilizan al debatir sus teorías en el contexto de la discusión sobre los modelos ticomónico, copernicano y ptolemaico. Luego se tratan los problemas de Galileo con los jesuitas, y finalmente se argumentará que la reacción agresiva de Galileo así como la formulación de su teoría de los cometas son en realidad un mal intento por defender el copernicanismo en tiempos que se le prohibió discutir sobre esto.*

Palabras claves: *Cometas. Copernicanismo. Il Saggiatore. Galileo.*

Abstract: *In the following paper there is a presentation of the theory of comets both the one from Galileo and the one from Grassi with a few of the arguments used in their debate in the context of the copernican, ptolemaic and tyconic systems. Afterwards it deals with the problems of Galileo and The Jesuits. Finally it will be argued that the aggressive reaction of Galileo and his theory of comets were actually a bad attempt to defend copernicanism at time where he was forbidden to speak about it.*

Key words: *Comet. Copernicanism. Il Saggiatore. Galileo.*

En 1618 aparecen tres cometas en los cielos. Este inusual e impresionante fenómeno hizo que la mayoría de la población renunciara a varias horas de sueño para poder observar el espectáculo. Galileo uno de los mayores astrónomos de la

época fue uno de los pocos que no los observaron por razones de salud. Décadas antes se habían observado cometas en los cielos, como fue documentado por el gran astrónomo Tycho Brahe en 1577. Pero los cometas de 1618 tuvieron mayor impacto por la facilidad con que se podían observar y tomar datos gracias a avances tecnológicos y debido al contexto histórico en que aparecen. Unos pocos años antes se había difundido el uso del telescopio como instrumento astronómico y había gran polémica sobre cuál era el modelo que describía correctamente nuestro universo. La decisión de un modelo sobre otro tiene influencias religiosas, políticas y científicas, la teoría que se acepte sobre los cometas influenciará el pensamiento cosmológico y por tanto la elección del modelo.

Los sistemas predominantes en la época eran el sistema ptolemaico, el copernicano y el ticomónico. El sistema ptolemaico posiciona a la Tierra como el centro del universo con el resto de los planetas moviéndose a su alrededor en dos o más esferas llamadas deferentes y epiciclos. Las estrellas fijas giran alrededor de la Tierra en una esfera gigante. Esta había sido la posición oficial mantenida durante siglos y estaba de acuerdo con la cosmología aristotélica que había sido adaptada para ser compatible con la ideología católica. Aristóteles plantea que el mundo por debajo de la luna es imperfecto, entonces ocurren cambios, pero que el mundo supralunar es perfecto y por lo tanto inmutable.

El sistema copernicano posiciona al Sol como el centro del universo con los planetas, incluida la Tierra, orbitando a su alrededor en círculos concéntricos¹ y con la Luna orbitando alrededor de la Tierra. Este sistema era defendido

por una minoría que se redujo aún más cuando fue prohibido por la Iglesia Católica en 1616, dos años antes de la observación de los cometas.

El sistema ticomónico ideado a finales del siglo XVI situaba a la Tierra como el centro del universo, con la luna y el Sol girando a su alrededor, pero a diferencia del ptolemaico, los otros cinco planetas descubiertos hasta la época giran alrededor del Sol.

Antes de 1600 los tres sistemas hacían predicciones muy similares y todos parecían estar de acuerdo con lo observado. Por esta razón no había argumentos más allá de los estéticos y religiosos para decidirse a favor de uno de los modelos, aunque los sentidos inclinaban a la mayoría a elegir un sistema geocéntrico, ya que la Tierra no aparenta estarse moviendo.

En 1610 Galileo publica el *Sidereus Nuncius*, texto en el cual expone sus observaciones gracias a su recién mejorado telescopio con el cual logra aumentar considerablemente las imágenes de los cielos. Galileo en este texto estructurado para defender a Copérnico, describe a la Luna con montañas y valles, llena de imperfecciones y con una identidad muy similar a la Tierra rompiendo entonces con la idea de perfección y esfera pulida de Aristóteles, con lo cual además pone en duda la naturaleza del resto de los planetas. También divulga la existencia de las lunas de Júpiter, que al nombrarlas mediceas logra obtener un puesto de trabajo con los Medici.

Posteriormente publicará su descubrimiento de las fases de Venus que le da el golpe de gracia al sistema ptolemaico, ya que una de las fases observadas es imposible de generar para este sistema de mundo. Aun con estas pruebas la mayoría de filósofos de la época se niegan a desechar el modelo ptolemaico y la cosmología aristotélica, pero los astrónomos serios lo desechan. Por esta razón los únicos modelos defendibles para la fecha de la observación de los cometas son el copernicano y el ticomónico.

En 1613 publica textos sobre las manchas solares, las cuales son fuertes evidencias de que el mundo supralunar es imperfecto y sufre cambios. Estos textos nacen como una respuesta a las cartas por el jesuita Christopher Schiener. Schiener argumenta en ellas que las manchas son en realidad pequeños planetas que giran alrededor del Sol

o de la Tierra y que obstaculizan nuestra visión. Las cartas estaban dirigidas a Mark Welser quien pronto formaría parte de la Academia Lincea, a la cual pertenecía Galileo, y se encargó de reenviárselas para que las comentara suponiendo que Galileo ya sabía de la existencia de las manchas. Al recibir las cartas Galileo rápidamente asigna a uno de sus discípulos la toma de mediciones de las manchas. Con estos datos Galileo logró demostrar que las manchas están en la superficie del Sol y que la rotación del Sol sobre su propio eje tarda aproximadamente un mes. Los textos en los cuales publica esto llevan un prefacio en el cual se insiste que Galileo fue el primero en observar las manchas. Aunque Galileo estaba en contra de esto la Academia Lincea que financiaba la publicación insistió y por lo tanto se incluyó en el texto. Esto le causó problemas con Scheiner y muchos otros jesuitas ya que aunque Galileo las había observado desde 1611, había incluso un texto anterior sobre este tema publicado por Johann Fabricius, por lo tanto Galileo no es en realidad el primero en observarlas. En el apéndice del texto sobre las manchas solares fue la primera y única vez en que Galileo habla explícitamente a favor del sistema copernicano en una publicación. Este apéndice trata los eclipses en las lunas de Júpiter y Galileo consideró esto evidencia decisiva a favor de este sistema, sin embargo los sistemas seguían siendo matemáticamente equivalentes, por lo tanto para un astrónomo ticomónico este nuevo dato significaba solamente un ajuste empírico en el movimiento del Sol (Drake, 1980, 99-102).

En 1616 la Iglesia Católica decide prohibir el sistema copernicano porque considera que no está de acuerdo con las escrituras bíblicas. Los jesuitas y el Colegio Romano, autoridades académicas católicas de la época, se ven obligados a asumir el sistema ticomónico sobre el copernicano. Este grupo años antes certificó el uso científico del telescopio junto con las observaciones de Galileo y mantenía buenas relaciones con este. A Galileo se le prohíbe explícitamente discutir el sistema de Copérnico mediante una advertencia de la inquisición en este mismo año.

En 1619 Horatio Grassi expone la teoría sobre los cometas de la orden jesuitas en el texto "Sobre los tres cometas del año 1618". El texto basado en

la teoría de Tycho sobre cometas y su sistema de mundo argumenta que estos son objetos reales formados de la misma materia que los planetas y que cambian en el tiempo. Gracias a mediciones de Tycho muchos años antes y recientes mediciones de paralaje utilizando el telescopio, Grassi ubica al cometa en una posición más lejana que la luna. Esto es entonces un objeto cambiante en el mundo supralunar de Aristóteles, que se supone inmutable. También lanza fuertes ataques en contra del sistema ptolemaico al igual que Galileo años antes. Aunque Galileo no es citado directamente en el texto de Grassi, algo muy común en la época, se da reconocimiento a un famoso lincoo, con lo cual le está dando crédito a Galileo. Por lo tanto Grassi lo considera como un aliado contra su enemigo común, Ptolomeo.

Galileo expone su teoría primero en "*Discorso Delle Comete*" bajo el nombre de su discípulo Mario Guiducci y luego en "*Il Saggiatore*" bajo su propio nombre. En ambos textos responde muy agresivamente y sin razón aparente ya que Grassi esperaba que el texto de los cometas fuera del agrado de Galileo. Esto lo involucra en un extenso debate en el cual Grassi, al igual que Scheiner años antes, tendrá que publicar bajo un pseudónimo para no poner en riesgo el prestigio de la orden jesuita.

La posición de Galileo es que el cometa es una ilusión óptica, generada por la reflexión de la luz del Sol en un vapor proveniente de la Tierra que subió hasta la atmósfera. Un planteamiento similar era la teoría aceptada de la época sobre la naturaleza de las auroras boreales. Los vapores en los cuales se genera la imagen son reales, pero el cometa no lo es. El arco iris según Galileo es un fenómeno de este tipo, donde la luz produce una imagen que es una reflexión en las gotas de agua (Galilei, 1981, 75). Con este argumento Galileo invalida el uso del paralaje, con o sin telescopio, para ubicar espacialmente al cometa, de la misma manera que no tiene sentido medir el paralaje de un arco iris.

Galileo en su teoría propone que sustancia en la cual se observan los cometas no es la misma de los planetas. Galileo plantea que es algo parecido a la niebla o al humo (Galilei, 1981, 143) pero proveniente de la Tierra. Al estar el cometa formado por materia de origen sublunar, el material está en

capacidad de cambiar sin que esto contradiga la cosmología aristotélica. Esta es una posición contraria a línea de argumentación que ha mantenido desde su juventud, ya que siempre ha procurado atacar a Aristóteles, especialmente en la teoría del movimiento. Dado que la filosofía aristotélica está tan entrelazada consigo misma si se destruye uno de los argumentos es muy difícil arreglar solo esa parte de la teoría sin tener que hacerla toda de nuevo. Es por esto que es inconsistente que Galileo ataque por un lado a Aristóteles, pero decida defenderse por otro lado con sus mismas teorías.

Uno de los varios aspectos en los cuales la teoría de Galileo no coincide con las observaciones es en cuanto a su trayectoria y velocidad aparente. Galileo propone que el vapor se mueve en línea recta y perpendicular a la Tierra, y como el cometa es una imagen sobre este, entonces debe seguir su trayectoria. Esto implicaría como se demuestra en *Il Saggiatore* que la velocidad aparente del cometa debe disminuir proporcionalmente al ángulo entre el punto de observación en la Tierra y el cometa, esto no es lo que se observa.

Galileo ataca la argumentación de Grassi asumiendo que el cometa es una ilusión, esto implica que no se puede aplicar el paralaje para ubicar al cometa, por lo tanto toda su teoría carece de sentido. Galileo aquí mantiene la posición de que hasta no confirmar que el cometa no es una ilusión, no se puede aplicar la metodología³. Sin embargo para la época era imposible determinar si es o no una ilusión. Además Galileo no parece haber tenido problemas antes al tomar como reales objetos que podría haberse argumentado que eran ilusiones, por ejemplo tiene mucho más sentido afirmar que una supernova sea una ilusión, y Galileo ridiculiza este argumento cuando aparece la una en 1604.

En la discusión de los cometas Galileo se enfoca en atacar la credibilidad de Tycho y lanzar ataques personales a Grassi mientras intenta defenderse de sus argumentos. Para lograr esto asume una posición demasiado aristotélica y muy distinta a su línea usual de pensamiento.

Grassi en cambio critica a Galileo fundamentado en las observaciones y resaltando inconsistencias internas de la teoría. Por ejemplo, el vapor en el cual se forma la imagen tendría que

ser opaco para que ocurra la reflexión de la luz del Sol y translucido para permitir observar las estrellas del fondo. También dado que el fenómeno óptico del cometa está basado en el modelo del arco iris entonces, al igual que este, al moverse el Sol debería moverse la ilusión (Shea, 1983, 106). Galileo tiene siempre problemas cuando se discute el movimiento del cometa ya que no coincide con lo observado y como critica Grassi, siempre habría parecido que el cometa se movía hacia el cenit. Cuando Grassi expone estos aspectos Galileo le responde:

“Esto nos obliga o bien a alterar lo que hasta aquí se ha dicho, aun cuando ello correspondía a las apariencias en muchos casos, o bien mantener lo dicho, agregando alguna otra causa para esa aparente desviación. No sabría hacer lo primero ni me agrada hacer lo segundo” (Galilei, Guiducci, 1619, 98).

En vez de hacer algo al respecto, Galileo cambia de tema, se dedica a atacar la teoría de Tycho y su uso del paralaje para ubicar al cometa. El hecho de no coincidir la teoría con las observaciones no ha preocupado mucho a Galileo cuando el error es pequeño, pero cuando el error es muy grande Galileo siempre argumenta que se debe o corregir la teoría o adoptar otra, pero no podemos quedarnos sin hacer nada. Este tipo de errores son los que Galileo tanto crítica a Aristóteles al describir el movimiento de los cuerpos, sin embargo Galileo en esta teoría está haciendo lo mismo, sabiendo que la teoría no funciona, se niega a corregirla o desecharla.

Al exponer esta teoría Galileo expone pocos argumentos fuertes sobre ella, y enfatiza en ataques personales y de credibilidad. Además cuando lo ponen entre la espada y la pared tampoco está dispuesto a modificar su posición ni renunciar a ella. Hay que preguntarse por qué Galileo propone de manera apresurada una teoría tan débil, contraria a sus discursos anteriores y enfatiza en lanzar ataques personales sin razón aparente.

También hay que notar que Galileo en su argumentación nunca utiliza el telescopio, y en cambio busca invalidar su uso. Esto es una manera radicalmente distinta de estructurar su argumento al compararlo con el *Sidereus Nuncius* y sus otras publicaciones, en estos textos Galileo

argumenta basado en el uso del telescopio. Grassi en cambio si lo utiliza, aunque con algunos problemas conceptuales sobre su uso y capacidades, pero defiende su posición con ayuda de éste.

Dado que el conflicto se tornó rápidamente en algo personal, vale la pena analizar la degradación de la relación de Galileo con los jesuitas. La correspondencia de Galileo parece indicar que los problemas personales con la orden jesuita inician en 1613 con el problema de la prioridad con las manchas solares, antes de esto la relación era muy buena. Vale la pena notar que a pesar de varias dificultades los jesuitas son quienes legitiman el uso científico del telescopio y confirman muchos de los hallazgos astronómicos de Galileo. En 1616, el año de la prohibición de las ideas de Copérnico y año en que el inquisidor le advierte que no escriba al respecto se degrada más la relación. El problema surge porque Galileo piensa que los jesuitas lo debieron defender más frente a los Dominicos (Wootton, 2010, 160). Sin embargo esto no justifica las respuestas tan agresivas de Galileo porque aunque habían dificultades en la relación, todavía no estaba tan dañada. Incluso Grassi a lo largo del conflicto hizo todo lo posible por evitar que causara problemas entre ellos, le envió varias cartas con la intención de bajar el tono de la discusión, pero Galileo cuando se dignó a contestarlas escribió que solo iba a aceptar esto si se le permitía tener la última palabra en la discusión.

En 1619 Galileo recibe una carta desde Roma con información de que los jesuitas “estudieron el cometa en una conferencia pública, ahora impresa, y están firmemente convencidos de que está en los cielos. Alguien, fuera de la orden jesuita, está difundiendo el rumor de que éste es el principal argumento aducido contra el sistema de Copérnico, y de que lo destruye” (Favaro, 1919, 443)².

Esta es una fuerte razón para responder contra Grassi. Galileo aunque ya no lo podía admitir públicamente, seguía siendo copernicano. El problema era que no podía involucrarse directamente en un debate sobre los sistemas de mundo copernicano y ticomónico, entonces crea una teoría de los cometas con la cual pueda atacar la teoría y credibilidad de Tycho y a los jesuitas que estaban difundiendo sus ideas. De esta forma podía evitar

la aceptación de este sistema de mundo, pero sin defender explícitamente el sistema copernicano.

Como he discutido anteriormente en el texto, no había razón por la cual aceptar el sistema ticónico sobre el copernicano antes de 1616. Pero ante la prohibición, a los católicos solo les queda el modelo ticónico. Esto no significa que fuera verdadero, y esto era justo lo que Galileo quería enfatizar. Si hay dudas sobre el sistema ticónico, entonces se podría usar para hacer las predicciones ya que es matemáticamente equivalente al copernicano, pero no se aceptaría como sistema de mundo. Muchos años después tampoco mencionará la existencia del sistema ticónico en sus diálogos sobre los sistemas de mundo para restarle importancia al modelo.

Galileo en cambio si tenía varios argumentos que según él, inclinaban la balanza a favor del sistema copernicano. Entre 1592 y 1597, Galileo había formulado una teoría sobre las mareas que estaba fundamentada en los movimientos de rotación y traslación de la Tierra, pero que no llega a publicar hasta 1632. Esta publicación y su discusión sobre el sistema copernicano será la razón de la condena de Galileo por la inquisición al año siguiente. El hecho que Galileo decidiera tomar el riesgo de publicarla como argumento a favor de Copérnico aun cuando fue advertido de no hacerlo indica la importancia que tenía esta prueba según él para la discusión, tanto que incluso intentó hacerla llegar al Papa Pablo V mediante el Cardenal Orsini en 1616 para inclinarlo a favor del copernicanismo y además su famoso libro de 1632 "Diálogos sobre los principales sistemas de mundo: ptolemaico y copernicano" se iba a llamar originalmente "Diálogos sobre las olas" pero a último minuto se cambio el nombre para evitar problemas con la Iglesia (Drake, 1980, 118, 133). Hay que notar que en los diálogos no menciona los eclipses de las lunas de Júpiter aunque esta también era una prueba importante según él a favor del sistema copernicano, esto nos da un indicio sobre cuánto valoraba Galileo su teoría de las mareas.

La teoría se basa en el hecho de que el extremo más cercano de la Tierra al Sol se mueve a una velocidad tangencial distinta que el más lejano porque al rotar, uno de los extremos va a una velocidad tangencial de rotación y el otro

va a igual velocidad pero en dirección contraria. Entonces al trasladarse, se suma la velocidad de traslación con las velocidades tangenciales de rotación y la velocidad resultante es distinta en cada extremo ($V_T + V_R$ & $V_T - V_R$) (Heilbron, 2010, 115). Esta diferencia hace que las masas de agua se muevan y sus colisiones generen las olas. Los lagos no tienen olas porque no son lo suficientemente grandes como para verse afectados por esta variación⁴. Aunque la teoría de Galileo no logra predecir las mareas apropiadamente, ya que hay 2 cambios diarios y su modelo solo predice uno y tampoco logra predecir los cambios en las horas, defiende su modelo de la misma manera que defendió su teoría de caída libre, argumentando que es un modelo con condiciones idealizadas, y por esto no hay problema con que no coincida completamente con lo observado. Esta teoría es una de las pruebas que ocasiona que Galileo se incline a favor del sistema copernicano, esta es su prueba personal a favor de este modelo. Las demás pruebas son nuevas observaciones que se pueden realizar gracias al telescopio, alguna en las cuales él no tiene prioridad, en cambio las mareas son propiamente una teoría y no solo un dato empírico, es un aporte intelectual que trasciende los datos empíricos. Es además la única prueba que pone en serios problemas al sistema ticónico ya que esta demuestra la rotación y traslación de la Tierra con efectos visibles en la Tierra, por lo cual no se pueden hacer correcciones como en los otros casos. Es un golpe de gracia al sistema ticónico en caso de ser correcta. Es por todo esto que Galileo la defiende hasta perder amistades como lo ocurrirá con Grassi y muchos otros. Esta prueba junto con las otras tiene convencido a Galileo de que el sistema copernicano es el correcto, esta convicción es la que hace que esté dispuesto a defender una teoría débil y forzada sobre los cometas con tal de poder defender al sistema copernicano en tiempos que tenía prohibido mencionarlo, su única opción era entonces atacar a los opositores y dañar su credibilidad en vez de fortalecer el argumento copernicano basado en las pruebas que tenía disponibles.

Concluyendo, Galileo es copernicano y la razón principal que hace que acepte este modelo sobre el de Tycho es su teoría sobre las mareas, que según él constituye una prueba del movimiento de

rotación y traslación de la Tierra. Al ser prohibido discutir a favor este sistema en 1616, los católicos solo tienen una opción restante para un sistema de mundo, el ticomónico. Al escuchar Galileo que la teoría de los jesuitas sobre los cometas destruye el sistema copernicano, y no poder defenderlo directamente, se ve obligado a crear una teoría de los cometas en la cual pueda atacar la credibilidad e ideas de Tycho y los jesuitas. Esto lo lleva a defender una posición demasiado Aristotélica para su gusto y una formulación débil y contradictoria con las observaciones. También lo lleva a invalidar el uso astronómico del telescopio para este fenómeno y sembrando dudas sobre su validez. Esto es un gran retroceso ya que Galileo luchó intensamente por este reconocimiento unos pocos años antes. Pero aunque él está consciente de todos estos problemas, no la puede abandonar ya que sería un triunfo, según él, de los jesuitas y del sistema ticomónico sobre el copernicano, aunque el texto de Grassi sea originalmente un ataque al sistema contra Ptolomeo y no Copérnico. Entonces aunque al inicio probablemente todo fue un malentendido al no hacer Galileo una buena lectura del texto de Grassi. El hecho de estar perjudicado por su correspondencia y relación con los jesuitas, ocasiona que el problema crezca hasta el punto que Galileo defenderá de manera fanática su teoría contradiciéndose con la metodología de la ciencia que él expone en "Il Saggiatore".

Notas

1. Kepler para que corrija las órbitas a elípticas en vez de circulares.

2. Carta a Galileo, 2 de marzo de 1619.
3. Galileo también critica la metodología para hacer ciencia de Grassi y sus conocimientos sobre óptica, aunque estos aspectos son muy importantes en sí mismos, nos desvían del tema de interés que son los cometas.
4. Esta teoría es incorrecta para el caso de la Tierra, y la explicación aceptada hasta la fecha será la explicación de Newton debido a la atracción gravitacional de la luna. Sin embargo se han hecho simulaciones en las cuales se demuestra que en planetas hipotéticos, si se darían estas mareas debido a esta diferencia de velocidades, pero en nuestro caso el aporte es despreciable.

Bibliografía

- Drake, S. (1980), *Galileo*. New York: Sterling Publishing Co., Inc.
- Favaro, A. (1919) *Opere di Galileo*. Florencia: Ed. G. Barbera, 8.
- Heilbron, J.L. (2010) *Galileo*. New York: Oxford University Press.
- Galilei, G., Drake, S. (traductor), Gould, J. (editor) (2001), *Dialogue concerning the two chief world systems: Ptolemaic and Copernican*. New York: The Modern Library.
- Galilei, G., Guiducci, M. (1619) *Discorso delle comete*, Opere di Galileo. Florencia: Ed. G. Barbera, 6.
- Galilei G., Revuelta, J. (traductor) (1981) *El Ensayador*. Argentina: Biblioteca de Iniciación Filosófica, 1ª ed.
- Shea, W. (1983) *La revolución intelectual de Galileo*. Barcelona: Ed. Ariel S.A.
- Wootton, D. (2010) *Galileo, Watcher of the Skies*. New Haven: Yale University Press.