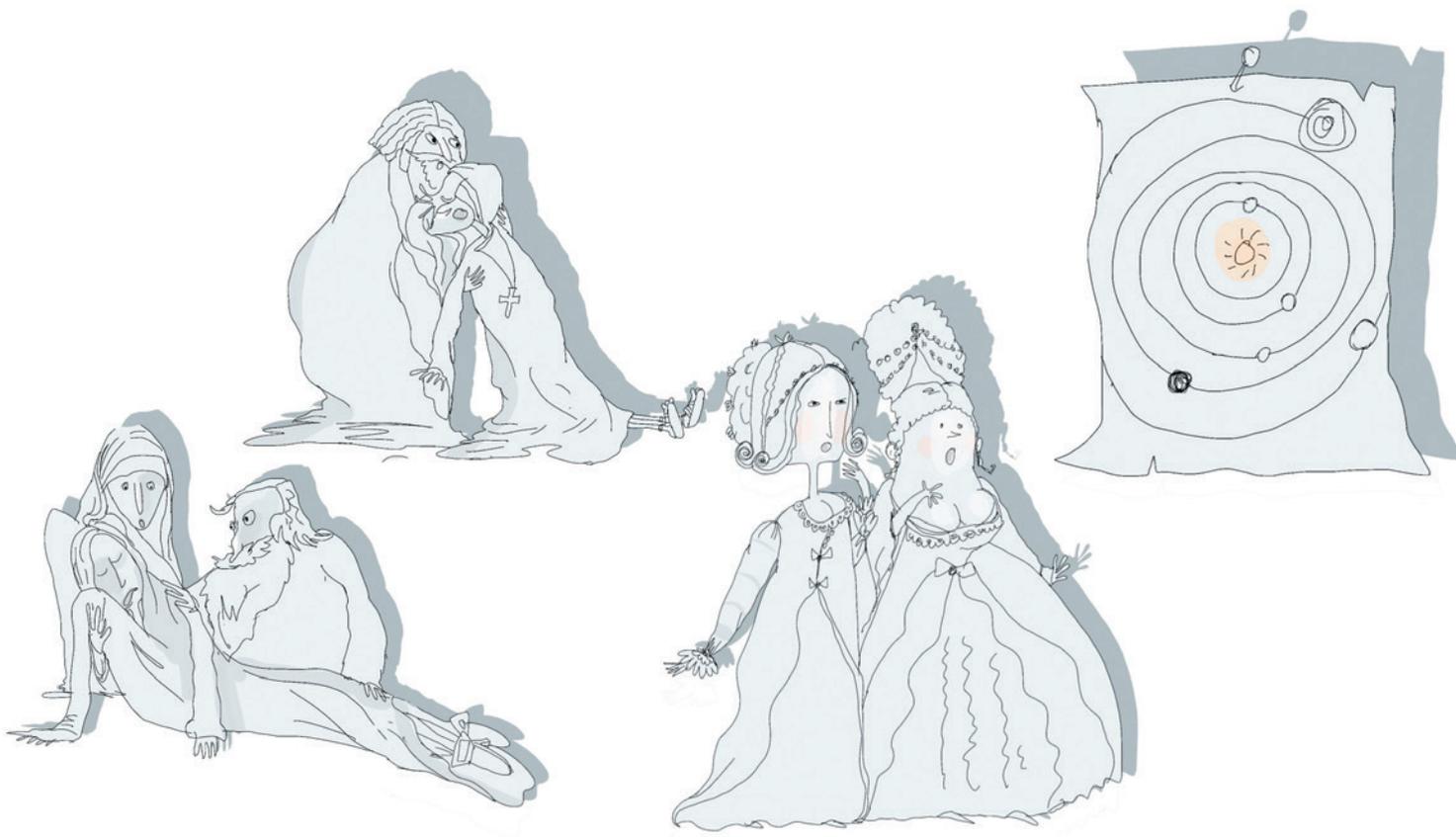


José Luis Álvarez García

# Galileo y Kepler

## (parte II)\*

Galileo Galilei y Johannes Kepler, partícipes de la revolución científica, dueños de personalidades disímbolas y contrastantes, jamás se conocieron en persona, pero juntos protagonizaron algunos episodios muy interesantes mientras sus vidas y obras se desarrollaban de manera paralela en diversos frentes. Aquí se presenta la segunda parte de una reseña conjunta de algunos capítulos de sus trayectorias.



\* Para leer la primera parte de este trabajo véase Álvarez García, J. L. (2022), "Galileo y Kepler (parte I)", *Ciencia*, 73(1):34-41. Disponible en: <https://revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/vol-73-numero-1/923-galileo-y-kepler-parte-i>.

### Galileo en la Toscana y su conflicto con la Iglesia

Una vez instalado en Florencia, y en consistencia con su gran proyecto de propaganda cultural con el cual estaba convencido de que debía atraer a la Iglesia a la causa del copernicanismo, Galileo decide que es el momento de conquistar la ciudadela romana. Es cordialmente recibido en Roma en 1611, pero, de manera equivocada, Galileo interpreta este recibimiento como una aprobación para seguir escribiendo. Con su visita al padre Christopher Clavius, matemático y presidente del Colegio Romano, pudo comprobar que las observaciones con el telescopio de los jesuitas y las suyas coincidían. También lo recibió el papa Pablo V, quien le dio su bendición. Esto tranquilizó a Galileo, pues Pablo V tenía fama de tirano y excéntrico. El principal consejero papal, el cardenal Roberto Bellarmino (véase la Figura 1), quien había sido inquisidor de Giordano Bruno, era un experto en teología y se le consideraba un gran pensador de la Iglesia. Cuando se dio cuenta de que en Roma no se hablaba de otra cosa más que de los descubrimientos de Galileo y del modelo heliocéntrico, pidió un informe a los matemáticos jesuitas del Colegio Romano, quienes básicamente concluyeron que Galileo tenía razón.

Ya desde esa visita, aparentemente triunfal para Galileo, algunos personajes poderosos de la Iglesia mostraron cautela debido al “revuelo que estaban causan-





Figura 1. El cardenal Roberto Bellarmino.

do sus escritos”; en ese tiempo también comenzaron los ataques por parte de personajes de poca monta. Por ejemplo, unos integrantes menores de la orden de los dominicos, reunidos en el grupo que Galileo denominaba despectivamente la Liga de los Pichones, lo acusaron de estar interpretando las Sagradas Escrituras, algo que correspondía exclusivamente a los padres de la Iglesia. El 21 de diciembre de 1614, un miembro de la Liga de los Pichones, el dominico Tommaso Caccini, leyó en la iglesia de Santa María de Novella en Florencia el texto bíblico que narra el milagro de Josué, en el que el Sol se detuvo en el cielo. Las reacciones ante este hecho no se hicieron esperar y la sociedad florentina se polarizó. Incluso el padre Luigi Maraffi, general de los dominicos, le escribió a Galileo para manifestar su indignación por la conducta de Caccini, un hermano de su orden.

Sin embargo, las cosas empeoraron cuando otro miembro de los Pichones, el padre dominico Niccolò Lorini, planteó el problema de manera formal ante la Inquisición. Su principal prueba era una carta de Galileo dirigida al padre Benedetto Castelli,

fecha cuatro meses atrás, en la que planteaba su manifiesto sobre el sistema copernicano. La Inquisición estaba obligada tradicionalmente a aceptar y dar curso a todas las denuncias que recibía, por lo que dio inicio a un procedimiento muy meticuloso. Hasta el momento sólo se contaba con la copia de la carta y el testimonio –sin mucho valor– de varios sacerdotes de poca importancia. No obstante, Caccini pasó a la ofensiva y se presentó en Roma para ampliar las acusaciones contra Galileo.

Por su lado, Galileo, al darse cuenta de lo peligroso de la situación, decidió ir a Roma a entrevistarse con el cardenal Bellarmino, quien era el inquisidor general de aquella ciudad. Galileo viajó el 3 de diciembre de 1615, en una situación totalmente diferente a la de su anterior visita al Vaticano. En esta ocasión tenía que lograr que se retirara la acusación en su contra, que se castigara a sus acusadores y que se bendijese el método de la nueva ciencia.

No obstante, Galileo se percató de que sus amigos en el Vaticano eran cada vez más cautelosos. Aunque en febrero de 1616 le comunicaron que había sido exculpado de las acusaciones de Caccini, Galileo decidió quedarse en Roma para comprobar qué postura tomaba finalmente la Iglesia. Durante semanas, once personas llamadas calificadores y consultores se reunieron para estudiar el problema copernicano. Eran expertos en teología, pero ninguno tenía conocimientos avanzados de matemáticas y astronomía. Sus conclusiones fueron que la idea de que el Sol estaba en el centro del universo era herética, ya que contradecía el sentido de las Sagradas Escrituras, y la proposición de que la Tierra no fuese el centro del universo iba en contra de la fe. Con ese dictamen, el papa Pablo V ordenó al cardenal Bellarmino que se entrevistara con Galileo para advertirle que no debía enseñar ni defender el copernicanismo. Y si Galileo se oponía, Bellarmino tenía la orden de encarcelarlo.

El 26 de febrero de 1616 Bellarmino recibió a Galileo para decirle claramente que la postura oficial de la Iglesia era oponerse a la teoría copernicana por considerarla errónea y, por ello, se le ordenaba que la abandonase. Galileo, entre la espada y la pared, no pudo más que asentir y prometer que obedecería. Su

actitud sumisa le ayudó a que sólo lo amonestaran verbalmente. El 5 de marzo se publicó un decreto oficial del Vaticano en el que se declaraban las ideas de Copérnico como contrarias a las Sagradas Escrituras; sin embargo, no se mencionaba a Galileo ni a sus libros. Antes de regresar a Florencia, Galileo le pidió a Bellarmino un documento en el cual quedara claro que no había sido condenado. Comprendiendo el temor de Galileo y la necesidad que tenía de defenderse de sus enemigos, Bellarmino extendió la carta.

### El proceso ante la Inquisición

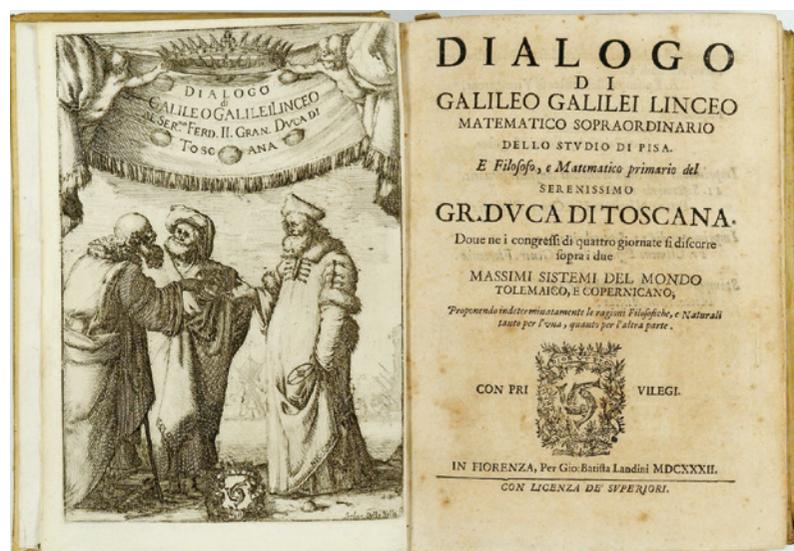
■ Aparentemente, la cuestión del heliocentrismo había quedado zanjada; no obstante, dieciséis años después, la publicación del *Diálogo sobre los dos sistemas máximos* provocaría un alud de ideas y opiniones sobre la física aristotélica (véase la Figura 2). Ya en 1623 la noticia de la elección de Maffeo Barberini como papa (llamado Urbano VIII) generó gran alegría entre los católicos más liberales; él había conseguido que no se condenaran muchos textos heliocéntricos, como *De revolutionibus*, entre otros. Galileo logró entrevistarse con Urbano VIII varias veces en Roma en 1624 y le insinuó que le gustaría escribir un libro sobre las ventajas y desventajas de los sistemas copernicano y ptolomeico. Su interlocutor le dijo que estaba bien, siempre y cuando el libro fuese neutral, pues no había ninguna prueba que demostrara en definitiva el heliocentrismo. Galileo señaló que tenía una prueba, que era la teoría de las mareas. No obstante, esta teoría era errónea, pues planteaba que las mareas eran el resultado de los movimientos combinados de rotación y traslación de la Tierra.

Galileo salió muy contento de la entrevista con el papa y se abocó a escribir un libro en el que aparecen tres personajes. Uno de ellos es Salviati, portavoz de Galileo; otro es Sagredo, un hombre inteligente que hace preguntas ingeniosas y que, a menudo, se deja convencer por los razonamientos de Salviati; por último está Simplicio, defensor de las ideas de Aristóteles. El *Diálogo* apareció en febrero de 1632, tras un largo proceso de escritura y diversas vicisitudes. El libro fue muy bien acogido en Roma al principio,

quizá por el prestigio de Galileo, pero los problemas no se hicieron esperar.

El jesuita Christopher Scheiner leyó la obra y se sintió muy molesto porque Galileo arremetía contra él y lo trataba como un simple aficionado. Scheiner era un astrónomo muy competente con quien Galileo había tenido una polémica con motivo de la prioridad sobre la observación de las manchas solares. Scheiner recurrió al apoyo de su orden y se alió con el padre Horatio Grassi, que también había sufrido el ataque de la pluma de Galileo durante una controversia sobre los cometas. Así, los jesuitas comenzaron a moverse para defender a dos miembros importantes de su orden.

El padre Niccolò Riccardi, censor de la obra, se dio cuenta de su error al haber autorizado su publicación y de inmediato ordenó la incautación del libro. A finales de agosto de 1632 el impresor Gian Battista Landini recibió una orden de la Inquisición para que se retirara el *Diálogo* de la venta y el papa nombró una comisión de teólogos para que determinaran si incurría en el error. Galileo, alarmado, acudió a su benefactor, el gran duque de Toscana, quien ordenó a su embajador en Roma que lo informara de la situación. La noticia fue que, por deferencia al duque, se había formado una comisión; si él no hubiera sido el benefactor de Galileo, el asunto habría pasado directamente al Tribunal de la Inquisición. Además, el



**Figura 2.** Portada del *Diálogo*.

embajador confirmó que el papa estaba furioso, convencido por Scheiner y Grassi de que el personaje de Simplicio que aparecía en el libro estaba inspirado en su persona.

La comisión pontificia presentó sus conclusiones a mediados de septiembre. Entre ellas estaba la acusación de haber puesto la sagrada doctrina “en boca de un tonto”, refiriéndose a Simplicio. Esto alimentaba aún más la cólera del papa. Pero lo más importante fue que la comisión encontró en los archivos secretos del Vaticano un documento de amonestación fechado en 1616. A partir de ahí, la maquinaria de la Inquisición se puso en marcha para saber si Galileo había incumplido la orden de Bellarmino; para ello, pidieron tres informes periciales distintos que indicaron que Galileo sí había desobedecido. El inquisidor de Florencia recibió la orden de llevar a Galileo a Roma, lo cual fue comunicado de manera oficial el 1 de octubre de 1632 mediante un requerimiento de la Inquisición.

Galileo inició el viaje el 20 de enero de 1633, pero no llegaría a Roma sino hasta el 23 de febre-

ro. El embajador de Florencia en Roma se enteró de que la acusación principal iba a ser la desobediencia; según los miembros de la Inquisición, a Galileo le habían ordenado en 1616 que no analizara el asunto del movimiento de la Tierra ni hablara de él.

El 12 de abril de 1633 comenzó el proceso (véase la Figura 3). El inquisidor era Vincenzo Maculano y el fiscal del Santo Oficio, Carlo Sincero; ambos eran de la orden de los dominicos. Enseguida se encauzó el proceso hacia la entrevista que en 1616 mantuvieron Galileo y Bellarmino. El fiscal sacó a relucir el documento ya mencionado sobre dicha entrevista donde se decía que Galileo no debía sostener las teorías de Copérnico ni enseñarlas ni defenderlas en modo alguno, ni de palabra ni por escrito. Sin embargo, el documento no estaba firmado por nadie. Galileo protestó, ya que ese papel no reflejaba su encuentro con Bellarmino en 1616. Indicó que el cardenal le permitió seguir tratando el tema siempre y cuando hablara del heliocentrismo de manera hipotética y sin polemizar con los defensores de otras posturas aun probables (algo que no hizo, recuérdese



Figura 3. Galileo ante el Santo Oficio.

la carta a Castelli y, posteriormente, una carta a la gran duquesa Cristina de Lorena). Galileo recordaba que el compromiso de 1616 fue oral, sin que quedase nada registrado por escrito; de hecho, él conservaba la carta que Bellarmino le había extendido a petición suya. El documento que mostraba Galileo, con la firma del cardenal, era mucho menos confuso que el presentado por el fiscal.

El Tribunal de la Inquisición disponía de diferentes informes periciales que demostraban que el *Diálogo* de Galileo sí defendía las teorías de Copérnico y que presentaba como estúpidos a quienes preferían “la interpretación corriente de las Escrituras”. Otra de las acusaciones era la de haberse atrevido a revisar y analizar las Sagradas Escrituras. Que un laico como Galileo se ocupase de asuntos teológicos, usurpando la tarea de los teólogos, no sólo se veía como intolerable, sino además peligroso para la fe. Al principio Galileo se había mostrado firme, pero sus interrogadores hablaron durante horas con él y le hicieron saber que corría inminente peligro. Galileo terminó derrumbándose y fue sancionado como “vehemente sospechoso de herejía” (*vehementer suspectus*), cargo intermedio entre “levemente sospechoso” (*leviter suspectus*) y “violentamente sospechoso” (*violenter suspectus*).

El 16 de mayo de 1633 el grupo de cardenales se reunió con el papa; sólo faltaba redactar la condena. A Galileo aún le quedaba el escarnio público y además sus inquisidores deseaban destacar una sentencia tan importante contra una persona de gran renombre. El sitio donde anunciarían la victoria de la Iglesia debía ser un escenario grandioso, por lo que se eligió la basílica de los dominicos en el centro de Roma: Santa María sopra Minerva, muy cerca del Panteón y del Colegio Romano. El *Diálogo* fue prohibido mediante edicto público y Galileo fue condenado a arresto domiciliario por el resto de sus días.

Fue en su reclusión donde Galileo escribió la que tal vez sea su obra maestra. En 1638 presentó *Discursos y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*; las dos nuevas ciencias son la ciencia de materiales y la ciencia de la cinemática, esta última es la base de la mecánica moderna, que culminará con la gran síntesis newtoniana. También es impor-

tante señalar que Galileo fue el primero en escribir sus obras en italiano, no en latín, para que llegaran al gran público; en ese sentido, puede ser considerado el primer gran divulgador de la ciencia. Además, debido a la excelencia de su prosa, muchos especialistas de la lengua italiana lo reconocen como el mejor escritor italiano del siglo XVII.

Galileo, recluso en su casa de Arcetri, en las afueras de Florencia, perdió la vista cuatro años antes de su muerte, quizá a causa de las horas que había pasado mirando al Sol por el telescopio. Finalmente, el papa le permitió gozar de la compañía de un joven erudito, Vincenzo Viviani, quien el 8 de enero de 1642 anunció la muerte de Galileo.

### **Kepler, el matemático imperial**

Tras la muerte de Tycho Brahe, Kepler fue nombrado matemático imperial, cargo que desempeñó en Praga entre 1601 y 1612, hasta la muerte de Rodolfo II. Fue el periodo más fructífero de su vida y le proporcionó el incomparable mérito de fundar también dos nuevas ciencias: la óptica instrumental y la astronomía física. Su obra magna, publicada en 1609, lleva por título *Nueva astronomía basada en la causalidad o física celeste derivada de las investigaciones de los movimientos de la estrella Marte fundada en las observaciones del noble Tycho Brahe*, que contiene las dos primeras de sus tres leyes planetarias.

La promulgación de las leyes de Kepler constituye un hito histórico; fueron las primeras “leyes naturales” en el sentido moderno: afirmaciones precisas y verificables acerca de las relaciones universales que gobiernan fenómenos particulares, expresadas en términos matemáticos. Separaron a la astronomía de la teología y la unieron a la física. Además, pusieron fin a la pesadilla que atormentaba a la cosmología durante los últimos dos milenios: la obsesión con la idea de esferas girando sobre otras esferas, y las sustituyeron por una visión de cuerpos materiales, similares a la Tierra, flotando libremente en el espacio, movidos por fuerzas físicas que actúan sobre ellos.

Con base en los datos de gran precisión obtenidos por Brahe (véase la Figura 4), Kepler se preguntaba por qué, si la fuerza que mueve a los planetas procede



Figura 4. Tycho Brahe.

del Sol, se insistía en que giraban en torno a un punto distinto del centro del Sol. Kepler respondió a la pregunta suponiendo que cada planeta estaba sujeto a dos influencias conflictivas: la fuerza del Sol y una segunda fuerza localizada en el propio planeta. Esta competencia ocasiona que unas veces se acerquen al Sol y otras se alejen de él. La idea de las dos fuerzas es el embrión de la fuerza de gravedad y de la inercia.

Kepler intentó hacer coincidir las inigualables observaciones de Brahe respecto de las posiciones de Marte con una órbita circular, pero no lo logró. Las posiciones observadas de Marte diferían de las que su teoría exigía en más de ocho minutos de arco. Ptolomeo y Copérnico podían permitirse despreciar una diferencia de ocho minutos debido a que sus observaciones eran exactas tan sólo con un margen de diez minutos.

Pero nosotros, que por la divina bondad hemos dispuesto de un observador tan exacto como Tycho Bra-

he, estamos obligados a reconocer este divino don y utilizarlo... En consecuencia, voy a tener que seguir el camino hacia esa meta según mis propias ideas. Porque si creyera que podía ignorar esos ocho minutos, hubiera elaborado mi hipótesis de acuerdo con ello. Pero puesto que no me resulta permisible ignorarlos, esos ocho minutos indican el camino hacia una completa reforma de la astronomía...

Tal y como señala A. N. Whitehead (1953, p. 3):

Por todo el mundo, en todas partes y en todos los tiempos, ha habido hombres prácticos, absortos en “irreductibles y obstinados hechos”; por todo el mundo, en todas partes y en todos los tiempos, ha habido hombres de temperamento filosófico absortos en el entretejer de los principios. Esta unión de un apasionado interés por los pequeños detalles con una idéntica pasión por la generalización abstracta es lo que constituye la novedad de nuestra sociedad actual.

Esta nueva actitud determinó el rumbo del pensamiento occidental en los últimos siglos y distinguió a la Europa moderna de todas las demás civilizaciones del pasado. El momento crucial de este cambio se encuentra expresado de forma dramática en la obra de Kepler. En el *Mysterium Cosmographicum* se fuerzan los hechos para encajarlos en la teoría. En la *Astronomia Nova* (véase la Figura 5) una teoría, edificada sobre años de labor y tormento, es inmediatamente rechazada debido a una discrepancia de ocho miserables minutos de arco. En vez de maldecirlos como una roca con la que se había tropezado, Kepler los transforma en la piedra angular de una nueva ciencia.

Lo que convirtió a Kepler en el primer constructor de leyes de la naturaleza fue su “introducción de la causalidad física en la geometría formal de los cielos”, y esto hizo que resultara imposible para él ignorar los ocho minutos de arco. Mientras la cosmología estuvo guiada por reglas puramente geométricas, independientemente de las causas físicas, las discrepancias entre teoría y hechos podían ser superadas insertando otra rueda dentro del sistema. En un universo movido por fuerzas reales eso ya no

era posible. Kepler llegó a estar muy cerca de la noción de la fuerza de gravedad; sin embargo, fue incapaz de dar el paso con el que llegaría Newton. La diferencia está en las matemáticas que Newton desarrolló y Kepler ignoraba.

En 1618 Kepler terminó de escribir su *Armonía del mundo* (*Harmonice Mundi*) y lo publicó al año siguiente (véase la Figura 5). En esta obra presentaba su tercera ley. Pero fue durante buena parte de la escritura de este libro cuando dedicó todo su esfuerzo a resolver un problema que, paradójicamente, nada tenía que ver con la armonía del mundo. Se abocó durante seis años (de 1615 a 1621) a defender a su madre del cargo de brujería.

La conflictiva anciana Katherine Kepler se vio envuelta en un problema que tuvo con una antigua amiga del poblado de Leonberg. El fondo de la historia tuvo que ver con la manía de la cacería de brujas, que había alcanzado su cúspide en la primera mitad del siglo XVII, tanto en las zonas católicas como en las protestantes de Alemania. En Leonberg, donde vivía la madre de Kepler, tan sólo en el invierno de 1615 fueron quemadas seis mujeres acusadas de ser brujas. Katherine fue sometida a reclusión y a penosos interrogatorios con la finalidad de que confesara el cargo de brujería, pero jamás lo hizo, ni siquiera cuando le fueron mostrados los instrumentos de tortura. Finalmente, luego de 14 meses de prisión, fue liberada el 4 de octubre de 1621, con la advertencia de no regresar a Leonberg, donde podrían lincharla. Kepler volvió a Linz para continuar con su trabajo, donde su madre, debilitada, falleció el 13 de abril de 1622.

Kepler también publicó la *Optica* en 1604 y la *Dioptrice* en 1610. Entre 1617 y 1621 escribió el *Epitome Astronomiae Copernicanae*. En 1627 presentó las *Tabulae Rudolphine*, que se usaron durante más de un siglo para calcular las posiciones de muchos planetas y estrellas. Además, en 1634 se publicó póstumamente su obra *Somnium, sive astronomía Lunaris* (*El sueño, o la astronomía de la Luna*), que, evidentemente, palidece ante la importancia científica que tienen sus otros libros, pero le permite ser considerado un pionero de la ciencia ficción o ficción científica.

Kepler murió el 15 de noviembre de 1630 en Ratisbona, Baviera; fue enterrado en el cementerio de

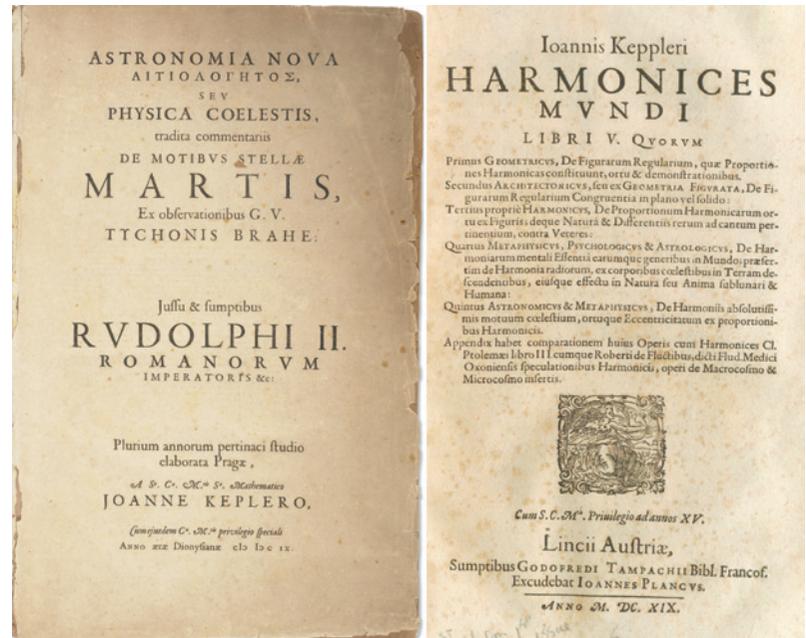


Figura 5. Portadas de los libros *Astronomia Nova* y *Harmonice Mundi*.

San Pedro, a las afueras de la ciudad, que fue destruido durante la Guerra de los Treinta Años. Aunque los huesos de Kepler fueron esparcidos, el epitafio que escribió para sí mismo se conserva: “*Mens eram coelos, nunc terrae metior umbras / Mens coelestium erat, corporis umbra iacet*” (Medí los cielos, ahora mido las sombras / Del cielo era la mente, en la tierra descansa el cuerpo).

### José Luis Álvarez García

Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

josel.alvarezgarcia@gmail.com

#### Lecturas recomendadas

- Koestler, A. (1981), *Los sonámbulos*, México, Conacyt.
- Koestler, A. (1987), *Kepler*, Barcelona, Salvat.
- Lear, J. (2005), “Estudio introductorio”, en *El sueño de Kepler*, México, DGDC-UNAM.
- Reston Jr., J. (1996), *Galileo. El genio y el hombre*, Barcelona, Ediciones B.
- Vaquero, J. M. (2003), *La nueva física*, España, Nivola.
- Whitehead, A. N. (1953), *Science and the Modern World*, Cambridge, Cambridge University Press.