

GALILEO GALILEI: UN HOMBRE CONTRA LA OSCURIDAD.

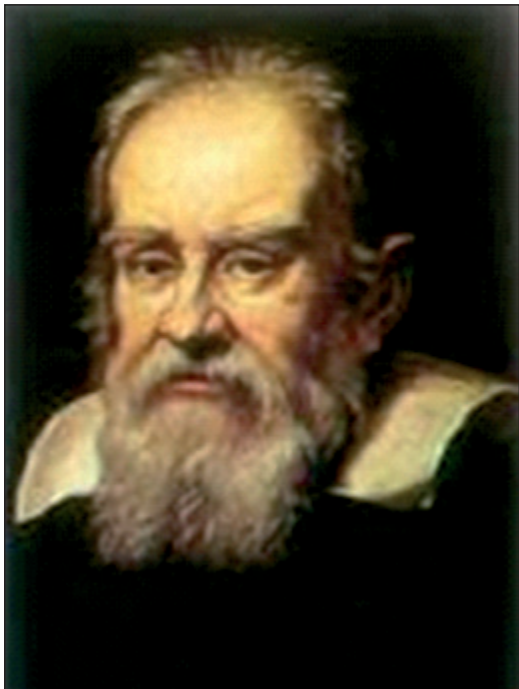
FERNANDO BOMBAL GORDÓN *.

* Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Valverde 22, 28004 Madrid. Facultad de Matemáticas. Universidad Complutense. 28040 Madrid.

Prefiero descubrir un solo hecho, por pequeño que sea,
a discutir largamente los grandes temas sin descubrir nada en absoluto.

GALILEO GALILEI.

Galileo Galilei (1564-1642) es probablemente el personaje que mejor evoca el proceso de cambio y evolución que marca la transición de la concepción medieval del mundo al nacimiento de la Ciencia moderna en el Occidente europeo.



Galileo Galilei pintado por Sustermans Justus en 1636.

Es, sin duda, uno de los mayores talentos y creadores de nuestra cultura y uno de los científicos más famosos de todos los tiempos. Sus palabras:.

“La filosofía está escrita en ese grandísimo libro —me refiero al Universo— que tenemos abierto ante los ojos, pero no se puede comprender si antes no se aprende el idioma y a interpretar los caracteres en que está escrito. Está escrito en el lenguaje de las matemáticas y sus caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas, sin las cuales es imposible entender una sola palabra. Sin ese lenguaje, navegamos en un oscuro laberinto”.

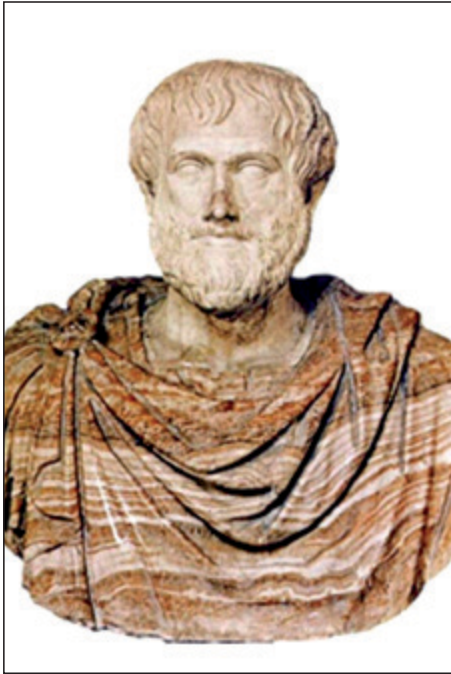
incluidas en su obra *Il Saggiatore* (*El Ensayador*, 1623; una polémica dirigida contra la dialéctica de los jesuitas) se consideran como la declaración fundacional del método científico.

La defensa a ultranza de sus ideas sobre el diseño racional de la Naturaleza, le hizo enfrentarse al oscurantismo de su tiempo y le han convertido en el paradigma de la libertad de pensamiento.

De sus descubrimientos, sus ideas y su vida en la apasionante Italia de la época trata esta Conferencia. Deliberadamente hemos intentado evitar en lo posible los detalles más técnicos, que el lector interesado puede consultar, por ejemplo en la excelente monografía [Dr1].

EL “ESTADO DEL ARTE” EN TIEMPOS DE GALILEO

Cuando nace **Galileo** (tres días antes de la muerte de **Miguel Ángel** y el mismo año en que nació **William Shakespeare** y murió **Andrés Vesalio**) pervive todavía



Busto de Aristóteles

en Europa la visión medieval del mundo, bajo el férreo control de la Iglesia Católica. Por supuesto, en todo lo concerniente al mundo sobrenatural, la autoridad última recaía en la Revelación divina, plasmada en las Sagradas Escrituras y en sus intérpretes. En el caso del conocimiento de la Naturaleza, a partir de **Tomás de Aquino** (1225-1274), el poderoso pensamiento de **Aristóteles** (384-322 a. C.) se había constituido en la autoridad suprema. Las ciencias naturales y la medicina que se enseñaban en las Universidades consistían fundamentalmente en la exposición de la concepción de la Naturaleza por parte de Aristóteles, es decir, su *Física*. Los estudiantes de medicina, además, debían aprender los escritos de **Hipócrates** (460 -377 a.C.) y, sobre todo **Galeno** (129-199), sin tener apenas la oportunidad de contemplar directamente un cuerpo humano. Los estudios de Filosofía ocupaban un lugar destacado frente a los demás, y consistían en una mezcla de la teología cristiana y la filosofía aristotélica.

La concepción aristotélica del cosmos y la naturaleza está recogida en los cuatro libros *Sobre el Cielo* y en los ocho libros de la *Física*. Para Aristóteles el Universo, que es finito y eterno, está dividido en dos mundos: el sublunar y el supralunar, cada uno con características bien distintas:

El mundo sublunar, (donde tienen lugar todos los fenómenos mutables que podemos observar, sometido al cambio y al movimiento), está formado por una mezcla de cuatro sustancias elementales: tierra, agua, aire y fuego.

Estas sustancias tienen en distinto grado las cualidades de *pesantez* (tierra y agua) y *ligereza* (aire y fuego). Según la proporción en que se encuentren esos cuatro elementos, un cuerpo será más pesado o más ligero. Por *naturaleza*, los cuerpos pesados tienden a situarse *abajo* (tanto más rápido cuanto más pesan), mientras que los ligeros tienden a dirigirse *arriba*. Estos son conceptos absolutos, y no relativos. En consecuencia, la Tierra, por ser pesada, sólo podía ocupar la posición central del Universo (si no estuviera en el centro, inmediatamente se desplazaría con un movimiento rectilíneo hasta el centro). Cuando un cuerpo alcanza el lugar que le corresponde por su naturaleza, permanece en él en reposo. Sólo por *violencia* puede cambiar de lugar. Así, el movimiento es un proceso de cambio e interacción del objeto que se desplaza y el medio a través del cual se mueve. El agente que ocasiona el movimiento “forzado” a un móvil (por ejemplo, el arco a una flecha o la mano a una piedra) debe transferir una cierta cualidad al aire en contacto con él, que a su vez transmite ese *poder de ser un moviente* al siguiente estrato del aire, y así sucesivamente, conservando el móvil en movimiento hasta que la resistencia del medio la hace decaer progresivamente.

Por el contrario, el mundo supralunar o celeste está constituido por una sola sustancia: el *éter* o *quintaesencia*, incorruptible, inmutable y eterna. La Tierra, que es una esfera inmóvil, se encuentra en el centro del universo y, alrededor de ella, incrustados en esferas concéntricas transparentes, giran los demás astros y planetas, arrastrados por el giro de las esferas en que se encuentran. Los cuerpos celestes no son graves, no pesan y, por *naturaleza* se desplazan con un movimiento circular, uniforme y eterno. Tras la última de las esferas, la de las estrellas fijas, no hay nada, ni siquiera espacio vacío, cuya realidad física niega Aristóteles.

Esta interpretación cosmológica del Universo debe conciliarse con los problemas astronómicos derivados de las observaciones y de las necesidades de medir el tiempo y confeccionar calendarios por razones prácticas,

ligadas a la agricultura (determinación de las épocas de siembra y recolección, etc.), ganadería, navegación y, por supuesto, la religión (cálculo de las fechas de las festividades religiosas). Los griegos también fueron los primeros en imponer un orden racional a los datos empíricos, creando la *astronomía geométrica*, como una parte de las matemáticas (Y no de la Física!), construyendo *modelos* matemáticos que permitieran explicar los movimientos aparentes observados en el cielo en términos de movimientos circulares uniformes¹ y sobre los que se pudiera calcular y predecir. De esta forma, la Astronomía se convierte en la primera disciplina matematizada de la ciencia natural, aunque por supuesto su razón de ser era construir herramientas para conseguir los objetivos previstos, y no *explicar* la naturaleza del Universo. Se trataba, simplemente, de *salvar las apariencias*.

Aristóteles, como muchos de sus contemporáneos, estaba fascinado por la potencia del método lógico-deductivo, que él mismo contribuyó a fundamentar, absolutamente convencido de su capacidad para obtener resultados verdaderos a partir de principios verdaderos. Por ello, una vez fijadas unas *verdades autoevidentes* de partida (obtenidas usualmente por la observación y la inducción), los resultados obtenidos serán ciertos sin ninguna duda y, por tanto, no hace falta confrontarlos con la realidad. Ciertamente, Aristóteles no explicitó este argumento, y muchas veces (aunque no siempre) intentó justificar sus deducciones apelando a hechos observables concretos. Pero la enorme influencia de Aristóteles en los pensadores posteriores hizo que en muchos casos desdeñaran comprobar sus deducciones por la experimentación. Sólo así se puede explicar la gran cantidad de teorías absurdas sobre distintos aspectos de la realidad, discutidas y aceptadas en los siglos posteriores que, con una simple observación, con más información e instrumentos de medición más precisos que los que disponía Aristóteles, hubieran quedado desechadas.

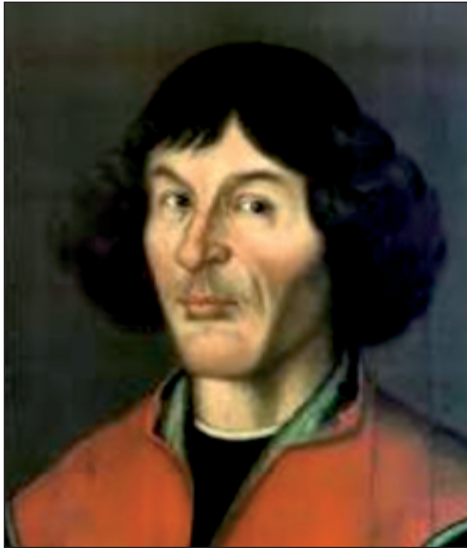
La teoría del movimiento de Aristóteles es, posiblemente, la que suscitó más dudas. Uno de los primeros críticos durante la Edad Media fue el teólogo bizantino **Juan Filópono** (490-566). Distintos pensadores árabes se unieron también a estas las críticas, entre ellos **al Biruni** (973-1048) y, sobre todo, **al Baghdaadi** (1080-1165) quien rechazó (a partir de datos observables) la afirmación aristotélica de que una fuerza constante produciría un movimiento uniforme. Ya en el siglo XIV, el filósofo escolástico francés **Jean Buridan** (1300-1358), desarrolló la teoría del *ímpetus* como alternativa a la de Aristóteles, que sostiene que el agente transfiere al móvil (y no al aire) una fuerza motriz o *ímpetus* que le hace moverse, hasta que la resistencia del medio la agota. Por supuesto, según esta descripción, el movimiento forzado no puede tener lugar en el vacío.

Mucho más difícil de aceptar son las alternativas al modelo geocéntrico del cosmos de Ptolomeo, con una Tierra inmóvil en su centro, fundamentado en la cosmología aristotélica por un lado, y en la interpretación cristiana del Hombre como centro del Universo creado por Dios, y avalado por numerosas citas literales de las Sagradas Escrituras².

De ahí que cuando el iniciador de la nueva Astronomía, **Nicolás Copérnico** (1474-1543) publica su obra *De Revolutionibus orbium caelestium*, en el que propone un nuevo modelo del cosmos, lo hace prácticamente a título póstumo (la obra apareció sólo unos días antes de la muerte de su autor, quien parece fue cautamente retrasando su publicación por las posibles repercusiones) y, además, acompañada de un prólogo (parece ser que añadido sin permiso explícito del autor) del pastor luterano **Andreas Osiander** en el que se explicita que las hipótesis que aparecen en el libro para explicar las observaciones no tienen por qué ser verdaderas, ni siquiera verosímiles, sino simplemente sencillas y convenientes para el cálculo. Su objetivo,

¹ La geometrización de la Astronomía se llevó a cabo en la *Academia* fundada por **Platón** en el 387 a. C. El primer modelo se debe a **Eudoxo de Cnido** (408-355 a. C.), el llamado *modelo de las esferas*, asumido por Aristóteles, con la importante matización de que éste supuso que las esferas no eran un artificio geométrico, sino que realmente existían. El modelo que más perduró es el expuesto por el gran astrónomo **Claudio Ptolomeo** (~100-~170) en su *Almagesto*, traducido al latín en el siglo XII.

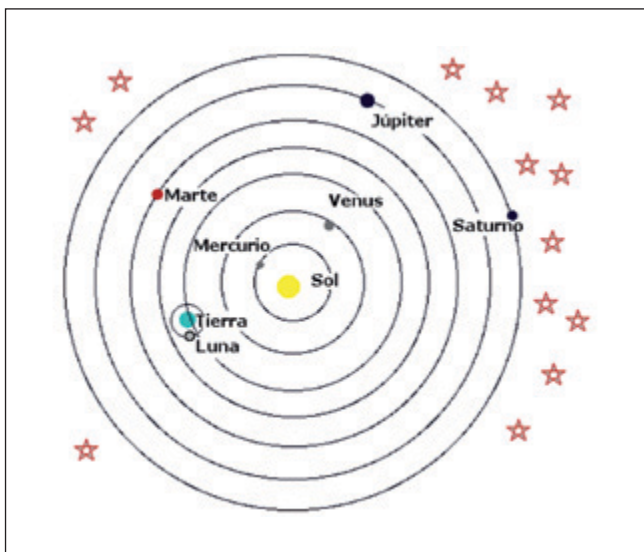
² “Y él dijo a la vista de Israel, Sol, detente sobre Gabaon; y tu, Luna, en el valle de Ayalón. Y el sol se detuvo, y la luna se paró, hasta que la gente se hubo vengado de sus enemigos. ¿No está esto escrito en el Libro de Jasher? Así, pues, el sol se detuvo en medio del cielo, y no se dio prisa en bajar durante casi un día entero” (Libro de Josué, Cap. 10).



Nicolás Copérnico.

una vez más, es *salvar las apariencias* y facilitar los cálculos. Como es bien sabido, la innovación propuesta por Copérnico se basa en las siguientes premisas:

1. El Sol (y no la Tierra) ocupa el centro del Universo.
2. La Tierra se mueve, con dos movimientos: una rotación diaria sobre su eje y una traslación (circular) anual alrededor del Sol.



Mapa de Copérnico

3. El resto de los planetas describen, como la Tierra, órbitas circulares alrededor del Sol.
4. La esfera de las estrellas está fija y marca los límites del mundo.

Desde luego, la explicación copernicana de los fenómenos observados en el cielo es más simple, más completa y más elegante que la ptolemaica, pero no necesariamente más exacta, para los medios de observación disponibles en la época.

Hemos destacado sobre todo el “*estado del arte*” en cuanto a las teorías sobre el movimiento y sobre la concepción del Universo porque es precisamente a estos dos aspectos de la Naturaleza a los que Galileo dedicó la mayor parte de su esfuerzo, contribuyendo de forma decisiva a una nueva concepción de la Ciencia. Como queda de manifiesto en la cita de *El Saggiatore* incluida al comienzo, el aporte fundamental de Galileo es el énfasis en la necesidad de *matematizar* la ciencia. Frente a las ideas imperantes en su tiempo, Galileo se opone al intento de derivar leyes físicas a partir de principios metafísicos: hay que descubrir los principios o leyes que rigen los fenómenos a partir de las observaciones y después construir *modelos matemáticos* que permitan calcular, deducir y predecir resultados, que de nuevo hay que contrastar con las observaciones.

Antes de entrar en detalles sobre las aportaciones científicas y la trayectoria vital de Galileo, digamos que en su época se producen también cambios significativos en la concepción de otras ramas de la Ciencia, como la Biología y la Medicina. El que puede considerarse iniciador de la Revolución Científica en estos campos es **Andreas Vesalio** (1514-1564), profesor de la Universidad de Padua, quien defendió la observación de la Naturaleza frente a la autoridad suprema de los textos de Galeno y otros. En sus clases de anatomía, él mismo realizaba las disecciones; consiguió que la corte criminal de Padua le enviara los cadáveres de los ajusticiados, con lo que progresó rápidamente en sus estudios.

En En 1543, cuando Vesalio tenía apenas 28 años de edad, apareció su monumental libro “*De Humani Corporis Fabrica*” (“Sobre la estructura del cuerpo humano”), ilustrado profusamente con bellísimas imágenes que todavía hoy siguen siendo una de las cumbres de la ilustración del conocimiento científico.



Andreas Vesalio.

En el prólogo de su libro, Vesalio describe la situación de la medicina de su tiempo y critica a los médicos que han descuidado el estudio de la anatomía, a los profesores que no hacen disecciones personalmente, y a los que se someten por completo a las enseñanzas de Galeno.

El personaje equivalente a Galileo en estos campos (y contemporáneo suyo) es sin duda **William Harvey** (1578-1657), quien estudió medicina en Cambridge y pasó 3 años en Padua para completar su educación.

Fue miembro del Colegio Real de Médicos y después médico personal del rey Jacobo I.

Su libro *Excercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalis*, publicado en Frankfurt en 1628, impresiona por su manejo de datos cuantitativos en apoyo de sus hipótesis y por estricta dependencia de los resultados de observaciones experimentales. Harvey rehúsa especular sobre temas grandiosos como la naturaleza de la vida o el origen del calor animal; él se pregunta cómo se mueven las arterias y qué significa su movimiento, cómo se mueven las aurículas y cuál es el significado de tal fenómeno, y

así sucesivamente. Y finalmente, integra sus resultados en una sola conclusión³:

Por lo tanto, es necesario concluir que la sangre de los animales circula y que se encuentra en un estado de movimiento incesante, que éste es el acto o función del corazón, que realiza por medio de su pulso, y que es la única función y meta del movimiento y del pulso del corazón.

La comparación de los dos personajes (Galileo y Harvey) es singularmente reveladora, pues los dos investigadores, trabajando en áreas muy diferentes de la ciencia, coincidieron en dos aspectos fundamentales del método científico la importancia del análisis matemático de los fenómenos naturales, y el insustituible valor de los experimentos en el estudio de la realidad.

Finalmente, debiéramos citar al filósofo, político y escritor inglés **Francis Bacon** (1561-1626), defensor del empirismo como método de estudio científico. Su obra *Novum Organum* defendía la importancia de una observación y experimentación precisa sobre la que fundamentar el método científico, junto con la exclusión del estudio de las causas finales que sólo conducía



William Harvey

³ El aragonés **Miguel Servet** (~1509-1553) había publicado en el Libro V de su *Christianismi Restituto* (1546) la primera exposición conocida en Europa de la circulación pulmonar o menor. Según Servet, la sangre es transferida por la arteria pulmonar a la vena pulmonar a través de los pulmones, en cuyo curso se torna de color rojo y se libera “de los vapores fuliginosos por el acto de la espiración”. Servet sostenía que la sangre era la sede del alma que, gracias ella, podía estar diseminada por todo el cuerpo, pudiendo asumir así el hombre su condición divina.

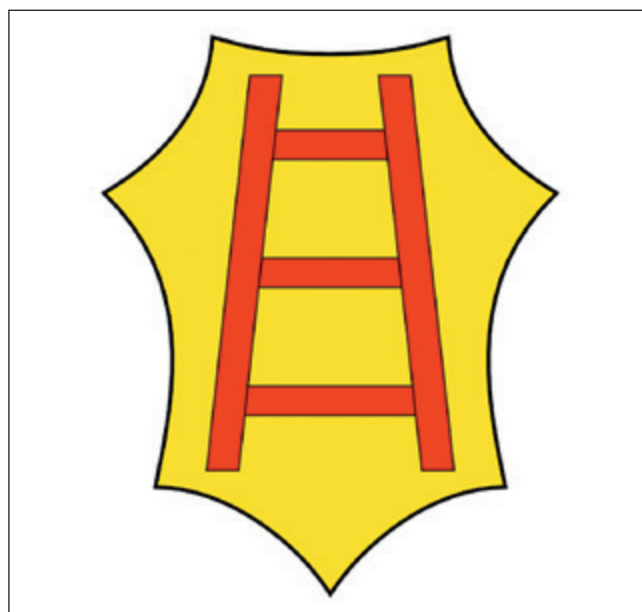
a disputas verbales irrelevantes. Bacon no es realmente un científico, sino un filósofo de la ciencia aunque, en contraste con Galileo, su concepción de la ciencia era más bien cualitativa, sin pretender dar a los datos un tratamiento matemático sistemático.

PRIMEROS AÑOS.

Galileo Galilei nació el 15 de febrero de 1564 en Pisa. Su padre, **Vincenzo Galilei** (1520-1591) era florentino y se había trasladado a Pisa donde vivía dando clases de música y trabajando en negocios de tejidos, en la familia de la que después fue su mujer, **Giulia Ammanati** (1538-1620), con la que se casó en 1562. La familia Galileo había tomado su apellido a partir del nombre de uno de sus más preclaros miembros: el famoso médico **Galileo Buonaiuti**, que ejerció la medicina en Florencia a comienzos del siglo XV. Sin embargo, conservaron el escudo de armas de los antepasados de Buonaiuti: una escalera roja sobre un escudo en oro.

De la madre de Galileo se tienen pocos datos. Se sabe que tenía un carácter muy fuerte y que sobrevivió a su esposo aproximadamente 30 años. Su padre, Vincenzo trató de transmitir a su hijo la pasión por la música: le enseñó a cantar y a tocar varios instrumentos. También escribió un libro *–Diálogo sobre la música antigua y moderna–* manteniendo que debía darse más importancia a la armonía del sonido que a las estrictas relaciones numéricas entre las notas, lo que provocó un enfrentamiento con su antiguo profesor de Música. En él se incluyen palabras muy duras contra los criterios de autoridad al uso, sin basarse en la percepción sensible⁴. El joven Galileo seguro que tomó buena nota de la actitud de su padre.

Vincenzo decidió trasladarse con su mujer a Florencia en 1572, dejando a Galileo temporalmente al cuidado de unos parientes hasta los diez años de edad. En 1574, Galileo atravesó Toscana para reunirse con



Escudo de armas de los Galilei.

sus padres. Al poco tiempo, fue enviado al monasterio de Santa María de Vallombrosa, cerca de Florencia, para recibir educación y donde parece que llegó a ser novicio. Pero su padre difícilmente hubiera podido pagar los gastos de los estudios religiosos de su hijo y, además, quería que su hijo siguiera los pasos de su famoso antepasado y fuera médico (profesión respetable y que proporcionaba un alto nivel de ingresos).

Y así, en el otoño de 1581, Galileo marchó a Pisa, a casa de un buen amigo de la familia, para iniciar sus estudios de medicina. Es a comienzos de 1583 cuando se va a producir un encuentro que cambiaría la vida de Galileo⁵: Era costumbre que la corte Toscana trasladara su residencia de Florencia a Pisa entre Navidad y Pascua, y con ella viajaba el matemático de la corte, **Ostilio Ricci** (1540-1603), conocido del padre de Galileo. Un día en que éste fue a hacer una visita de cortesía al amigo de su padre, le encontró dando una

⁴ “Me parece que aquellos que recurren simplemente a la fuerza de la autoridad con el fin de demostrar cualquier afirmación sin aducir ningún otro argumento para fundamentarla actúan de un modo verdaderamente absurdo”. (Citado en [So; p. 27]).

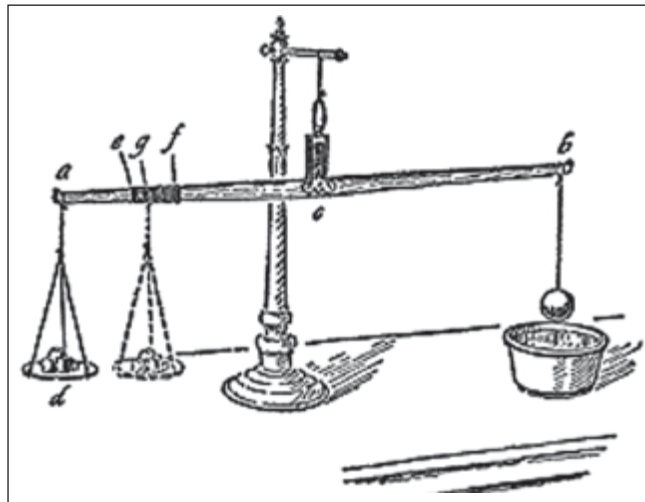
⁵ “El encuentro está referido por los dos primeros biógrafos de Galileo, **Vincenzo Viviani** y **Niccolò Gherardini**. También es Viviani quien recoge la historia de cómo el joven Galileo, mientras asistía a una misa en la catedral de Pisa, se percató, utilizando los latidos de su propio corazón como cronómetro, de que la duración de cada oscilación de una lámpara que colgaba del techo era siempre la misma, independientemente de la amplitud de la oscilación, algo en lo que nadie antes de él había reparado y abría la posibilidad de usar un péndulo para medir el tiempo.

conferencia sobre los *Elementos* de Euclides a algunos miembros de la corte, y se puso a escucharle. Galileo quedó fascinado y, como relató más tarde, acudió en las fechas siguientes a escuchar nuevas conferencias del maestro. Comenzó a estudiar a Euclides por su cuenta y pronto empezó a plantearse una serie de cuestiones, que consultó con Ricci. Éste pronto se percató del talento para las matemáticas del joven Galileo y le ofreció su ayuda y su guía. Así fue como Galileo conoció los trabajos de **Arquímedes** (probablemente a través de una selección de sus textos publicados por Tartaglia, es decir, **Niccolo Fontana** (1499-1557) en 1543), a quien otorgó los sobrenombres de *el divino* y *el inimitable*, y empezó a concentrarse cada vez más en los estudios de matemáticas. Ricci comentó al padre de Galileo que su hijo prefería las matemáticas a la medicina, y se ofreció a guiarle en su formación, pero Vincenzo se negó: “hay muchos empleos para médicos y muy pocos para matemáticos”, parece que dijo a Ricci.

Cuando Galileo regresa a Pisa en el otoño de 1583, dedica todo su tiempo a las matemáticas y la filosofía, desatendiendo sus estudios de medicina. A comienzos de 1584 Vincenzo recibe un aviso de su amigo, advirtiéndole de las reiteradas ausencias de su hijo a las clases de medicina, y se dirige con premura a Pisa. El encuentro con su hijo debió ser tenso y difícil: Galileo le confiesa que no le interesa la medicina y que prefiere las matemáticas y la filosofía. Vincenzo le amenazó con suspender la ayuda económica, aunque Galileo le suplicó le permitiera continuar un año más en la Universidad. Finalmente, tras cuatro años de estudios, Galileo abandonó Pisa en 1585, sin haber obtenido un título académico.

De vuelta a Florencia con sus padres, se dedicó a dar clases de matemáticas y continuar su formación en esta disciplina. De esa época es su primera publicación: *La Bilancetta*⁶ (La balancita) (1586), en donde describe con precisión una balanza hidrostática y un ingenioso método para determinar con gran precisión la proporción de una aleación de dos metales, basándose en la ley de la palanca de Arquímedes. Por esa época empieza ya a preocuparse por el estudio del movimiento y empieza a escribir un tratado, en forma de diálogo, antecedente de su obra *De Motu*, sobre la que volveremos más adelante.

Convencido de su vocación como matemático, empieza a publicar algún trabajo sobre centros de gravedad e incluso pronuncia una conferencia en la Academia Florentina sobre la topografía del infierno de Dante. Su talento empieza a ser reconocido por algunos distinguidos matemáticos, en particular el Marqués **Guidobaldo dal Monte** de Pesaro.



En 1587 Galileo optó a desempeñar la Cátedra de Matemáticas de Bolonia, que había quedado vacante, pero no tuvo éxito. Finalmente, en 1589, gracias en parte a la intercesión de Dal Monte, Galileo consiguió un puesto de profesor en la Universidad de Pisa, y así volvió de nuevo a la ciudad que le vio nacer. Su salario (60 florines al año) era la mitad del que habían tenido sus predecesores, y mucho menor del de los profesores de Filosofía o Medicina. Y su relación con sus colegas no fue siempre satisfactoria. Por ejemplo, publicó un poema satírico ridiculizando un decreto de la universidad que obligaba a los profesores a utilizar la toga, incluso en su vida cotidiana.

Es durante su estancia en Pisa cuando Galileo empieza a abordar seriamente el problema del movimiento. Allí completa su obra *De Motu*, en la que recoge sus investigaciones sobre el fenómeno puro de la caída de los cuerpos. Es probable que Galileo conociera la obra pionera de Tartaglia sobre la flotación de los cuerpos, quizá a través del texto de su discípulo **Giovanni Battista Benedetti** (1530-1590), cuyo título *Demostración*

⁶ El texto original y una traducción al inglés puede verse en <http://www.math.nyu.edu/~%20corres/Archimedes/Crown/bilancetta.html>.

contra Aristóteles y todos los filósofos es lo suficientemente expresivo. Como estos antecesores intelectuales, Galileo no podía aceptar la tesis aristotélica de que los cuerpos pesados caen tanto más deprisa cuanto mayor es su peso: una bala de cañón de cinco kilos, por ejemplo, caería diez veces más deprisa que una bala de mosquete de medio kilo. Galileo consideraba absurdo esta afirmación (aceptada, por otro lado, por la mayoría de los filósofos de su época) y trató de comprobarla mediante sus famosos experimentos⁷.

Galileo investigó también la caída de cuerpos en un plano inclinado, estableciendo las relaciones entre las trayectorias y velocidades con la inclinación del plano; inicia el estudio matemático del movimiento de los proyectiles, etc. Sin duda, no le satisficieron plenamente los resultados obtenidos, por lo que no se decidió a publicar *De Motu*, aunque en su obra cumbre sobre el movimiento, los *Discorsi*, hay continuas referencias a ella. Lo importante es que de esta forma, mediante la combinación de la observación, la medida y la demostración matemática, Galileo fundó el método cuantitativo propio y consustancial de la ciencia moderna, sustituyendo así las ideas aristotélicas de las “*cualidades naturales*”.

En 1591 muere Vincenzo, el padre de Galileo y éste, como hijo mayor, debe asumir las obligaciones de cabeza de familia, lo que hace con entusiasmo y generosidad: paga la dote matrimonial de su hermana Virginia, mantiene a su madre y a su hermano Michelangelo y sufraga los gastos de su hermana Livia hasta su matrimonio, pero esto le lleva a una situación económica insostenible. Nuevamente es Guidobaldo dal Monte quien viene en su ayuda: la cátedra de matemáticas de la Universidad de Padua, una de las más prestigiosas de la República de Venecia (e incluso de toda Europa) había quedado vacante. El hermano de dal Monte, que era cardenal en Venecia, presentó a Galileo como candidato más idóneo y, tras unas bre-

ves negociaciones, éste fue designado profesor de la Universidad de Padua, con un salario de 180 florines anuales. A sus veintiocho años, había alcanzado así un gran éxito en su carrera académica.

EN PADUA: “LOS 18 MEJORES AÑOS DE MI VIDA”.

A finales del siglo XVI, la Universidad de Padua gozaba de renombre mundial y era considerada la más moderna y liberal de todas las universidades italianas. A ella acudían estudiantes de toda Europa, que eran aceptados de buen grado (a diferencia de otras universidades italianas). Incluso los protestantes, en tanto no hiciera exhibición pública de sus creencias, eran admitidos sin problemas en Padua.



Es a esta Universidad a la que se incorpora Galileo, impartiendo su lección inaugural el 7 de diciembre de 1592. Sus primeros cursos versaron sobre las obras de Euclides y la Astronomía de Ptolomeo, y también comenzó a asesorar a los constructores de barcos del Arsenal de Venecia. En 1593 escribió –en italiano– su *Trattato di Mechaniche*⁸, que puede considerarse como

⁷ Aunque se ha considerado siempre como una leyenda el famoso experimento de la Torre Inclinada de Pisa, el caso es que éste figura recogido por su biógrafo Viviani, quien asegura transmitir fielmente lo que el propio Galileo le contó en su retiro de Arcetri, poco antes de su muerte. De hecho, parece ser que la bola más grande tocó el suelo ligeramente antes que la pequeña, pero “...Aristóteles dice que una bala de cien kilos que cae desde una altura de cien brazas, golpea el suelo antes de que una bala de medio kilo haya caído una altura de una braza. Yo digo que llegan al mismo tiempo. Al hacer la prueba, habéis visto que la grande gana la carrera a la pequeña por cinco centímetros. Y ahora, mientras guardáis silencio sobre la gran equivocación de Aristóteles, habláis solo de mi pequeño error y queréis esconder sus 99 brazas en mis 5 centímetros.” (citado en [So; p. 30]; véase también [Dr; p. 414 y siguientes]).

⁸ Puede verse la versión italiana en http://it.wikisource.org/wiki/Le_mecaniche

el primer texto moderno de mecánica, en el que se recogen y formulan matemáticamente los principios generales que rigen los efectos de las máquinas (principalmente, las leyes de la palanca y sus aplicaciones). Como subproducto, elaboró también un tratado sobre fortificaciones e inventó un dispositivo para elevar agua y realizar regadíos. Y, por supuesto, continuó con los estudios sobre el movimiento que había iniciado en Pisa.

En esta época, Galileo entabla un intercambio epistolar con el gran astrónomo alemán **Johannes Kepler** (1571-1630), al que en una carta fechada el 4 de agosto de 1597, confiesa.

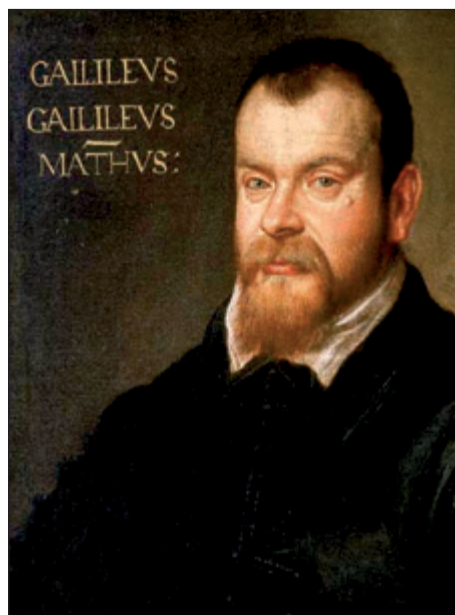
Prometo leer enteramente tu obra [...] desde hace ya varios años me he convertido a la doctrina de Copérnico, gracias a la cual he podido descubrir las causas de un gran número de fenómenos naturales que [...] la hipótesis generalmente aceptada no es capaz de explicar. En torno a esta materia, he escrito muchas consideraciones, razonamientos y refutaciones que hasta ahora no me he atrevido a publicar.

No se puede reprochar a Galileo, italiano y católico, que no quisiera poner en peligro su cátedra e incluso su vida, por el copernicanismo en esos momentos.

Galileo hizo buenos amigos entre la élite cultural de Padua. Su prestigio científico creciente y la brillantez como conferenciante hicieron que en 1599 la Universidad le confirmara en su cátedra por otros seis años, aumentando su salario a 320 florines anuales. Pero ya dos años antes, a raíz de sus trabajos sobre fortificaciones,



Compás geométrico-militar.



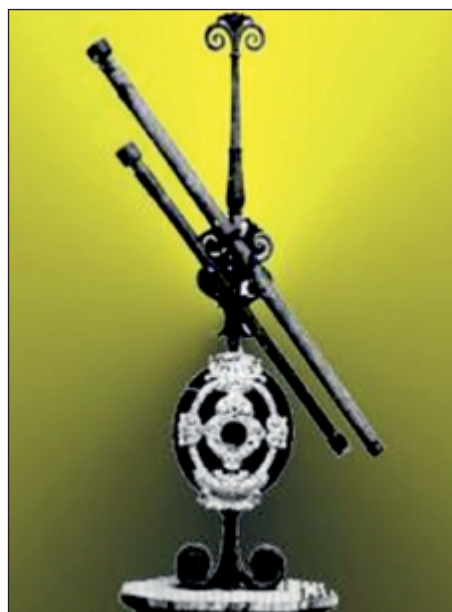
Galileo a los 42 años.

Galileo había encontrado una fuente suplementaria de ingresos: inventó su primer instrumento científico comercial, el *compas geométrico militar*, un precursor de la regla de cálculo que, tras varias modificaciones permitía, incluso sin tener conocimientos matemáticos, calcular ángulos, obtener raíces cuadradas y cúbicas, calcular el interés compuesto o determinar la carga adecuada para un cañón. Su éxito fue tan grande que en 1603 tuvo que contratar a un amanuense para que hiciera las copias necesarias del manual de instrucciones que se vendía con el aparato y, 3 años más tarde, decidió publicarlo a sus expensas, convirtiéndose así la primera obra impresa de Galileo. En el prólogo, Galileo cita con orgullo a algunas de las personalidades a las que había adiestrado personalmente: el príncipe **Johan Friedrich de Holstein**, el conde de **Oldenburg**, el archiduque **Fernando de Austria**, el duque **Philip de Hesse**, etc., lo que muestra el prestigio personal alcanzado por Galileo durante su estancia en Padua. Con mucha astucia, dedicó el folleto al futuro Gran Duque de Toscana **Cosme de Médicis**, que había sido estudiante particular de Galileo. De esta forma, Galileo iba preparando el camino para optar al cargo de matemático de la corte toscana.

Durante uno de sus frecuentes viajes a Venecia, en 1599, Galileo conoció a una bella joven de 21 años, **Marina Gamba**, con quien entabló una relación amo-

rosa que duró 12 años. Galileo hizo que Marina se trasladara a Padua, a una pequeña casa a escasos cinco minutos de la de Galileo (que, como otros profesores, solía alquilar habitaciones en su casa a estudiantes particulares, muchos de ellos de noble rango). El 13 de agosto de 1600 nació la primera de las hijas de Galileo, inscrita como “Virginia, hija de Marina de Venecia y fruto de la fornicación”. Al año siguiente nació Livia, inscrita como “hija de Marina Gamba y de..” (espacio en blanco). Cinco años más tarde, nació un tercer niño: “Vincenzio Andrea, hijo de *Madonna* Marina y de padre desconocido”. Por supuesto, todo el mundo sabía que el padre era Galileo; lo que se pretendía era señalar el origen extramatrimonial de los niños. Dada la disparidad de posición social entre Galileo y Marina, ambos asumieron esta situación, que por otra parte era habitual en la época.

En 1604 tuvo lugar un suceso que iba a contribuir a convencer aún más a Galileo de la falsedad de la cosmología aristotélica. En efecto, en octubre de 1604 estaba prevista una conjunción de Júpiter y Marte cerca de Sagitario, por lo que muchos astrónomos estaban observando esa región del cielo. Y así fue como muchos pudieron observar una nueva estrella en el cielo, la llamada *Supernova de Kepler*. El fenómeno no era nuevo, pues ya en 1572 el danés **Tycho Brahe** (1546-1601) había descubierto una nueva estrella en la constelación de Casiopea. Según la cosmología aristotélica, todos los cambios observables en el cielo debían tener lugar en el mundo sublunar, ya que el supralunar era eterno e inmutable. Pues bien, tanto la estrella de Brahe como la descubierta en 1604 no tenían paralaje apreciable para los instrumentos de la época, por lo que debían encontrarse más allá de la órbita de Júpiter. ¡La inmutabilidad aristotélica del cielo comenzaba a tambalearse! Galileo fue más allá, tratando de utilizar la nova para probar el movimiento de la tierra alrededor del sol: si éste tenía lugar, al observar la estrella desde dos puntos opuestos de la órbita de la tierra debería observarse un cambio de posición o paralaje respecto a la esfera de las estrellas fijas. Desgraciadamente, la nova fue perdiendo rápidamente luminosidad y, además, estaba mucho más lejos de lo que se suponía,



Telescopio de Galileo.

por lo que los instrumentos de la época no hubieran podido detectar estos cambios⁹.

Galileo siguió sus investigaciones sobre el movimiento de los cuerpos en caída libre. Pero en 1609 otro hecho le apartó de estos experimentos. En mayo de ese año, Galileo había recibido una carta de su amigo **Paolo Sarpi** en la que le daba noticia de un curioso instrumento óptico inventado por un holandés, que tenía la propiedad de hacer claramente visibles los objetos lejanos. Los ópticos de París los vendían en grandes cantidades, aunque no habían llegado a Italia. Galileo pronto comprendió los principios del instrumento y trató de mejorarlo, calculando la forma y disposición ideal de las lentes a partir de sus conocimientos sobre la teoría de la refracción (¡de nuevo el modelo matemático!). Con una gran habilidad manual, pulió él mismo una serie de lentes y fabricó una serie de catalejos con un poder de resolución de entre 8 y 9 aumentos. Rápidamente se dio cuenta de sus aplicaciones comerciales y militares y su amigo Sarpi organizó una demostración ante el senado de Venecia. Los senadores quedaron realmente impresionados. Tres días después, el astuto Galileo ofreció su telescopio a la *Signoria* de Venecia

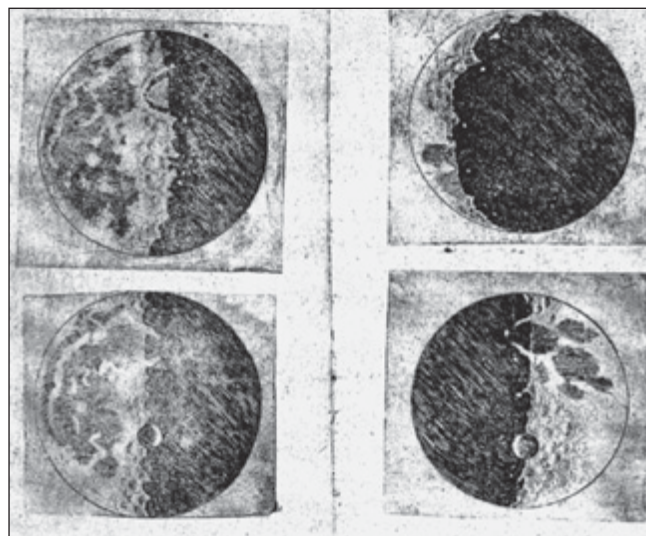
⁹ La primera medición con éxito del paralaje estelar fue realizada por **Friedrich Wilhelm Bessel** (1784-1846)-en 1838, para la estrella Cygni 61.

como regalo, acompañándolo de una carta con instrucciones para su fabricación y en la que ponderaba sus innegables virtudes. Ante un ofrecimiento tan seductor, especialmente para las aplicaciones militares tanto en tierra como en el mar, el Senado de Venecia acordó hacer vitalicio el cargo de Galileo como profesor de Padua (recuérdese que había sido renovado su contrato en 1599 por seis años más), y elevar su asignación anual a mil florines. Por supuesto, la rivalidad y la envidia de muchos de sus colegas levantó una oleada de críticas, máxime cuando muy pronto llegaron a Venecia nuevos catalejos procedentes de Francia y Holanda.

Si bien el telescopio no fue un invento de Galileo, sí lo fue el uso que éste le dio para revolucionar la Astronomía: Galileo siguió construyendo catalejos más y más potentes y a finales de 1609 dirigió su instrumento al cielo.. ¡y el mundo cambió! Su primer objetivo fue la Luna, en la que descubrió valles y montañas. Después dirigió su aparato al cielo y durante todo el invierno, a pesar del frío y las dificultades para mantener fijo el aparato, fue descubriendo una serie de nuevas maravillas: los planetas aparecen como esferas perfectamente redondas, mientras que las estrellas fijas nunca se ven delimitadas con un contorno circular. Y en el mes de enero de 1610 hizo el mayor de los descubrimientos: “*cuatro planetas nunca vistos desde el origen del mundo hasta nuestros días*” que giraban en torno al planeta Júpiter. ¡las esferas celestes de Aristóteles estaban saltando por los aires!.

Galileo plasmó sus descubrimientos en un nuevo libro titulado *Sidereus Nuncius* (“El mensajero sideral”) ([G1]), su primera publicación impresa (si exceptuamos el breve folleto de instrucciones sobre el compás militar), a los 46 años de edad. El libro, que señala el inicio de la Astronomía moderna, se convirtió en un éxito absoluto. Se vendió a la semana de su publicación y su contenido se extendió rápidamente por todo mundo: el embajador británico en Venecia remitió una copia al rey Jaime I; en Praga, el respetado Johannes Kepler leyó el ejemplar enviado al emperador Rodolfo II y, aún sin disponer de un telescopio, se apresuró a aceptar los nuevos descubrimientos, etc. Es a partir de este descubrimiento cuando Galileo se adhiere públicamente al sistema de Copérnico.

Como puede suponerse, una obra tan revolucionaria como el *Sidereus Nuncius* no podía pasar inadvertida.



Bocetos de la Luna hechos por Galileo en 1609.

De hecho, provocó una apasionada oposición y un torrente de burlas y escarnios, motivadas tanto por la ignorancia como por la envidia.

El siempre hábil Galileo dedicó su libro al joven Cosme II, de quien había sido preceptor y que había sucedido en 1609 a su padre, Ferdinando I, como gran duque de Toscana. En un prólogo lleno de alabanzas al nuevo gran duque, había designado a las cuatro nuevas estrellas que había descubierto con el nombre de “*astros cósmicos*”, aunque a instancias del joven Cosme, cambió su nombre por el de “*planetas o astros medicos*” Junto con un ejemplar del libro, Galileo envió al joven duque también un telescopio para que pudiera comprobar él mismo sus descubrimientos.

El duque expresó su agradecimiento un par de meses más tarde, nombrando a Galileo (que había manifestado en un par de ocasiones su deseo de volver a Florencia) *Primer Matemático y Filósofo del Gran Duque de Toscanay* al mismo tiempo Primer Matemático de la Universidad de Pisa, con un sueldo similar al que le habían ofrecido en Venecia: 1000 escudos florentinos al año. Este nombramiento, además, no implicaba ninguna obligación docente para Galileo.

Y así, en septiembre de 1610, Galileo abandonó definitivamente Padua para instalarse en Florencia, donde permanecería el resto de su vida. Tras de sí quedaban “*los dieciocho años más felices de mi vida*”, como recordaba desde la perspectiva que daba la edad, retirado en Arcetri.

Cuando Galileo dejó Padua para instalarse en Florencia, llevó consigo a sus dos hijas mayores, dejando a Vincenzio con Marina. Poco después, en 1613, Marina se casó con un ciudadano respetable de su mismo estatus social, Giovanni Bertoluzzi, a quien Galileo ayudó a encontrar empleo con uno de sus amigos¹⁰. La relación continuó siendo cordial: Galileo seguía enviando dinero a Marina para la manutención de Vincenzio y Bartoluzzi, por su parte, le suministraba lentes sin pulir para sus telescopios, de las famosas fábricas de vidrio de Murano, cerca de Venecia.

La naturaleza ilegítima de sus hijas impedían la posibilidad de casarlas con alguien de su misma posición social, por lo que Galileo tenía claro que lo mejor para ellas sería tomar los hábitos y dedicar su vida a la Iglesia. Todavía eran muy jóvenes (10 y 11 años de edad) para profesar, pero la débil salud de Galileo, agravada por las frías noches de observación astronómica, precipitó la decisión de aislar a sus hijas en el entorno protector de un convento, hasta que tuvieran la edad legal para hacer sus votos. Y así, tras vencer no pocas dificultades legales, Virginia y Livia tomaron los hábitos en San Mateo de Arcetri. La mayor,



Sor María Celeste

Virginia, tomó el nombre de Sor María Celeste, y mantuvo con su padre una relación entrañable durante toda su vida: planchaba su ropa, cosía sus cuellos, le enviaba mermeladas y delicadezas del convento, etc. Galileo guardaba todas las cartas de su hija, y siempre que podía atendía a sus demandas de ayuda. Muchas de esas cartas se han conservado y de ellas se puede deducir una relación afectuosa y llena de amor entre ambos. La mayor parte de esas cartas viajaron en el bolsillo de algún mensajero o en una bolsa de dulces o ropa lavada, recorriendo la pequeña distancia entre el convento de San Mateo y la casa de Galileo en Florencia. También Sor María Celeste guardaba las cartas de su padre y las releería a menudo. Cuando murió, en 1634, la madre superiora que descubrió las cartas al vaciar su celda, probablemente las enterró o quemó presa del pánico. Ningún convento se hubiera atrevido a conservar los escritos de alguien “altamente sospechoso de herejía”, como era entonces Galileo. Así pues, esta relación epistolar se ha reducido a un hermoso monólogo, en torno al que se ha construido la muy recomendable obra [So].

Vincenzio, el hijo pequeño de Galileo, fue legitimado, mediante autorización del gran duque de Toscana, en 1619. Estudió leyes y música y, tras algunos desencuentros de juventud, acompañó a su padre durante sus últimos años.

EN LA CORTE DE FLORENCIA

El 12 de septiembre de 1610 llegó Galileo a Florencia, donde permanecería hasta el final de su vida. Allí comenzó de nuevo sus observaciones astronómicas, descubriendo un hecho fundamental: la existencia de fases similares a las de la Luna en Venus. Para Galileo este hecho era la demostración más palpable de que Venus giraba en torno al sol y, en consecuencia, el modelo heliocéntrico de Copérnico era una realidad, y no una mera hipótesis de trabajo. Una vez más, se elevaron voces contra él. Alguno, que no había mirado jamás a través de un telescopio, aseguraba que lo que decía Galileo no eran más que ilusiones ópticas. Galileo replicó: *“muy atrevido debe ser el que quiere*

¹⁰ Algunos biógrafos mantienen que Galileo rompió la relación con Marina Gamba al marcharse de Padua y dejó a su hijo al cuidado de una “Marina Bertoluzzi”, que no era su madre.

contradecir, sobre cosas que nunca ha visto, a quien las ha visto miles de veces.”.

Galileo decidió que ya era el momento de acudir a donde estaba la verdadera autoridad a la que tenía que convencer: Roma. El viaje fue autorizado y, generosamente, el gran duque se hizo cargo de los gastos del mismo. Galileo se puso en camino en marzo de 1611 y cuando llegó a Roma se sorprendió del caluroso recibimiento¹¹. Al día siguiente de su llegada, visitó el Colegio Romano, el centro más importante de los Jesuitas, cuyo maestro matemático era el padre **Cristopher Clavius** (1538-1612), uno de los principales responsables de la reforma del calendario en 1582 y acérrimo anticopernicano. Tanto él como sus colegas se habían procurado telescopios y habían corroborado las observaciones de Galileo, a quien expresaron un sinfín de alabanzas y muestras de admiración. De este modo, el dictamen que había solicitado sobre Galileo el máximo responsable de la Inquisición, Cardenal **Roberto Bellarmino** (1542-1621), fue en principio positivo. El problema sobre la realidad del modelo Copernicano fue sin embargo dejado de lado. En la conversación privada que mantuvieron Bellarmino y Galileo, seguro que éste creyó que podría convencer al cardenal de sus convicciones, después de aprobar sus observaciones. Mas Galileo no logró persuadir al cardenal, quien tomó nota de la apasionada defensa por parte de Galileo de sus creencias. Lo cierto es que, a pesar de todos los elogios recibidos, la Inquisición “anotó” a Galileo entre los personajes que había que seguir y controlar.

Entre tanto, siguieron los actos y celebraciones en honor de Galileo: los nuncios florentinos le prepararon una audiencia con el Papa **Pablo V** (1532-1621), quien le escuchó con afabilidad y muestras de respeto. Pocos días después, se le concedió el honor de ingresar en la famosa *Accademia dei Lincei*, primera sociedad científica del mundo, fundada en 1603 por un joven romano e idealista, **Federico Cesi** (1585-1630), poseedor de una gran fortuna y de muchos títulos nobiliarios (entre ellos, Príncipe de San Polo y San Angelo). Desde el primer momento, Cesi quiso crear un foro multidisciplinar, libre de prejuicios y del control de la Universidad o de la Iglesia, y con carácter internacional. La elección del linceo y su vista



aguda como emblema, muestra la importancia que la Academia daba a la observación de la Naturaleza. Galileo y el príncipe Cesi y congeniaron desde el primer momento, y Cesi fue, a lo largo de toda su vida, un amigo leal que apoyó siempre a Galileo en todas las ocasiones.

Antes de abandonar Roma, Galileo tuvo también la ocasión de conocer al cardenal **Maffeo Barberini** (1568-1644), más tarde papa **Urbano VIII**, pisanino como Galileo, a quien admiraba como científico y no tuvo reparo en manifestarlo en varias ocasiones. Por ejemplo, de vuelta en Florencia ambos, Galileo y Barberini, coincidieron en una cena del gran duque. Galileo se enzarzó en una polémica con un profesor de filosofía sobre la flotabilidad de los cuerpos. Éste defendía la postura aristotélica de que el hielo era más pesado que el agua, pues el frío actuaba condensando la materia. Si flotaba era por su forma ancha y aplastada que le impedía atravesar la superficie del líquido. Galileo, por el contrario, sostenía que el hielo es menos denso que el agua; la fusión hace disminuir su volumen, por lo que debe considerarse agua dilatada o rarificada, y flotaría siempre, fuera cual fuera su forma.. y lo demostró sumergiendo un trozo de hielo y soltándolo bajo el agua. El cardenal Barberini alabó con entusiasmo el ingenio de Galileo y le escribió más tarde en una carta: “*Ruego al Señor que os cuide, porque los hombres de valía como vos merecen vivir mucho más tiempo, por el bien de todos.*”.

¹¹ Su viejo amigo, el cardenal del Monte escribió a Cosme sobre el recibimiento a Galileo: “Si todavía viviéramos en la antigua Roma, creo firmemente que hubieran erigido una estatua en el Capitolio en su honor”.(Citado en [Na; p. 77]).

Este suceso fue el origen de un nuevo opúsculo de Galileo, que apareció impreso en junio de 1612, con el título *Discurso de los cuerpos que flotan en el agua*. La obra estaba escrita en italiano, en lugar del latín usual de los textos científicos, “*para que todo el mundo pudiera leerlo*”, según comentó el mismo Galileo, y contenía una dura crítica al ejército de filósofos peripatéticos que obtenían su saber de la consulta de las obras de Aristóteles, en lugar de la observación de la Naturaleza. Era una declaración de guerra, y empezaron a aparecer panfletos y manifestaciones en contra de Galileo, aunque también intervinieron muchos amigos, dándole su apoyo. Lo cierto es que Galileo siempre reconoció la grandeza como pensador de Aristóteles. Ciertamente, señaló como erróneas algunas de sus manifestaciones, pero sobre todo iba en contra de la soberbia de los filósofos y defendía la independencia de pensamiento y un nuevo método de comprender la Naturaleza. En su *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo* (el libro que le llevó a la ruina y sobre el que volveremos más adelante), pone en boca de Salviati, el personaje que suele ser portavoz de las opiniones de Galileo:

“..Alabo al que lee y escucha diligentemente a Aristóteles; sólo desprecio al que a ciegas se suscribe a cualquiera de sus preceptos y, sin buscar más razones, los toma como preceptos inviolables.”.

Galileo había continuado con sus observaciones astronómicas durante su estancia en Roma. En abril consiguió determinar el periodo de revolución de los satélites de Júpiter. Su exactitud sugirió a Galileo la utilización de los mismos como “relojes cósmicos” que podían ser utilizados para resolver el gran problema de la determinación de la longitud terrestre. En 1612 el Secretario de Estado de Toscana ofreció al gobierno español el descubrimiento de Galileo, aunque nunca se recibió una respuesta concluyente¹².

También por esa época Galileo hace un nuevo descubrimiento: la aparición de manchas solares en el sol. ¡Un nuevo golpe a la inmutabilidad de los del mundo supralunar! Galileo, tras observar cuidadosamente la

imagen del sol a través de su telescopio, proyectada sobre una hoja de papel, concluye que las manchas cambian de posición y son una evidencia clara de que el sol gira alrededor de su propio eje, ¡como Copérnico había dicho que hacía la Tierra! Una nueva prueba circunstancial de la realidad del modelo copernicano. En marzo de 1613 apareció su trabajo *Sobre las manchas solares*, recogiendo sus observaciones y conclusiones.

En 1612, recibió a través de un corresponsal, noticias de que un jesuita alemán, **Christoph Scheiner** (1575-1650) había estudiado también las manchas solares y había escrito, con el pseudónimo de **Apelles**, un manifiesto en el que argumentaba que las manchas son en realidad conjuntos de estrellas entre el Sol y la Tierra. Galileo entabló una polémica al respecto, estableciendo con precisión cada vez mayor que las manchas están sobre la superficie misma del Sol, o tan próximas que no se puede medir su altitud, y manteniendo su idea de la rotación solar. La *Accademia dei Lincei* publicará esta correspondencia el 22 de marzo de 1613 con el título de *Istoria e dimostrazioni intorno alle marchie solari e loro accidenti*.

La polémica sobre las manchas solares atrajo a nuevos adversarios, incluso entre gente que ni siquiera había leído el libro. Copérnico había muerto muchos años atrás y ahora Galileo empezó a ser tomado por —e incluso acusado de— ser el mayor defensor de la concepción copernicana del mundo. Y los oponentes a esta idea estaban dispuestos a apelar a una autoridad superior: la de la propia Biblia.

CIENCIA Y FE

La primera señal de esta nueva ofensiva contra Galileo ocurrió en noviembre de 1612: Un viejo sacerdote dominico, llamado **Lorini**, pronuncia un sermón en San Marcos de Florencia denunciando que las opiniones de “Ipérnico o como se llame” sobre el movimiento de la tierra, eran contrarias a las Sagradas Escrituras. Galileo pidió explicaciones a Lorini, y este se puso a la defensiva diciendo que su observación había estado fuera de

¹² Aunque Galileo inventó un instrumento para ello (el Celatone; una especie de casco con un telescopio adherido frente al ojo), el sistema era bastante inútil a bordo de un barco, en donde era muy difícil realizar observaciones con precisión, y eso contando con que Júpiter fuera visible y el cielo estuviera despejado. Sin embargo, el método era excelente desde Tierra y con buena visibilidad, y tuvo una gran importancia para la cartografía en la segunda mitad del siglo XVII.

lugar, ya que no tenía la menor idea de Astronomía ni de lo que el tal “Ipérnico” había dicho.

El siguiente episodio tuvo más trascendencia: Uno de los mejores discípulos de Galileo, el benedictino **Benedetto Castelli** (1577-1643) asistía con otros invitados a una velada con el Gran Duque y la Gran Duquesa madre en Pisa, y la conversación derivó sobre la astronomía y los nuevos descubrimientos. Otro de los profesores asistentes manifestó entonces su convicción de que la teoría de que la Tierra se mueve era contraria a las enseñanzas de la Biblia, apoyándose en la conocida cita del Libro de Josué, a la que ya hemos hecho referencia. La Gran Duquesa, católica fiel, empezó a hacerle preguntas al respecto a Castelli, quien intentó tranquilizarla como mejor supo. En cuanto pudo, Castelli informó a Galileo de la reunión.

Galileo se sentía bastante seguro: el Papa le había recibido, los astrónomos jesuitas estaban de su lado; es cierto que el poderoso cardenal Bellarmino se mostraba bastante escéptico, pero en contrapartida contaban con la amistad y admiración del cardenal Barberini. No obstante, tras el relato de Castelli, se mostró preocupado y decidió escribirle una carta en la que exponía sus motivos para defender a Copérnico y, al mismo tiempo, daba su opinión sobre la controversia entre la Ciencia y la Biblia: Según él se trata de un falso enfrentamiento, puesto que solo hay una verdad. Las aparentes contradicciones se deben a que la Biblia no es un tratado de Astronomía, sino adaptada a la comprensión por el pueblo llano, para ayudarle a entender las cuestiones relativas a la salvación. Y añadía: “*Las Sagradas Escrituras y la naturaleza son ambas emanaciones de la divinidad: las primeras, dictadas por el Espíritu Santo; la segunda, observante albacea de la voluntad de Dios*” La Biblia no puede equivocarse, pero sí sus intérpretes si se basan siempre en la interpretación literal de las palabras. En suma, hay que separar los ámbitos en los que son competentes la fe y la ciencia natural.

La carta de Galileo a Castelli circuló profusamente. Y la ofensiva de los celosos guardianes de la ortodoxia, continuó. En 1614, un hermano de la misma orden que Lorini, el dominico **T. Caccini** pronunció desde el púlpito de Santa María de Novella un furibundo ataque contra las ideas de Copérnico, “proclamada también por el matemático Galileo Galilei”, seguido de un ve-

hemente discurso contra las matemáticas en general (a las que llamaba *arte diabólico*) y los matemáticos, “*causantes de todas las herejías*”. El mismo Caccini envió al cardenal Secretario de la Inquisición en Roma una copia de la carta de Galileo a Castelli, junto con un escrito de denuncia sobre las “*temerarias afirmaciones contenidas en la misma*”.

La Inquisición no podía ni quería dejar pasar por alto esta denuncia. El 25 de febrero se reunió por primera vez el Tribunal para examinar la carta de Galileo a Castelli y el 20 de marzo el padre Caccini declaró ante el Santo Oficio que “*corre el rumor de que Galileo considera como verdaderas las dos siguientes frases: La Tierra se mueve como un todo con respecto a sí misma, en movimiento diario, y el Sol permanece inmóvil, frases que según mi conciencia y razón están en contradicción con las Sagradas Escrituras.*”.

El proceso había comenzado, pero de manera tan sigilosa que ni siquiera los poderosos amigos de Galileo en Roma se habían enterado de estos hechos, y tranquilizaron a Galileo. La verdad es que la afirmación de Galileo defendiendo que los científicos laicos tenían derecho a interpretar también los pasajes de las Escrituras no relacionados directamente con la fe o los dogmas, escandalizó a los cardenales romanos, incluso a los defensores de Galileo. Y así pronto llegó a Florencia la advertencia, con el sello del cardenal Bellarmino, de que Galileo sólo debía escribir como físico, matemático y astrónomo, y no inmiscuirse en los terrenos de los teólogos.

Galileo, sin embargo, no tiró la toalla y pasó a la contraofensiva, Primero dirige una carta a su amigo monseñor **Piero Dini** en la que tras declarar que “*confía la interpretación de la Biblia a aquellos que entienden infinitamente más de ello*” adjunta un trabajo sobre sus investigaciones en el que muestra precisamente la actitud contraria, tratando de justificar algunos de los parajes más polémicos de las Escrituras a la luz de sus convicciones. Después, envía al cardenal Bellarmino (y también a su amigo Dini) una versión *correcta* de su carta a Castelli, para que pueda comprobarse que no contiene ningún ataque a la fe. También, en un entorno más doméstico, escribe una *Carta a la Gran Duquesa madre Cristina de Lorena*, en la que vuelve a fijar su posición, en un lenguaje ameno y comprensible (v. [G3]), con argumentos que no difieren mucho de las

cartas a Castelli y Dini. Galileo se declara, en primer lugar, un católico convencido y un hijo fiel de la Iglesia, y pasa a detallar sus ideas sobre la relación entre la fe y la ciencia, haciendo uso de ingeniosas analogías y numerosas citas de distintos padres de la iglesia en apoyo de sus afirmaciones. Entre ellas, la famosa frase “*el Espíritu Santo nos enseña cómo se va al Cielo, no como va el cielo*”.

Además de estas medidas, Galileo decidió viajar de nuevo a Roma, para liberar su reputación de cualquier rumor de herejía y defender sus ideas científicas. El Gran Duque Cosme le dio permiso y Galileo emprendió viaje en diciembre de 1615, armado de lo que él creía nuevos argumentos a favor de Copérnico: su explicación de los movimientos de las mareas, que Galileo atribuía al movimiento de la Tierra¹³. Durante los primeros días de 1616, en la embajada toscana de Roma, Galileo se dedicó a poner por escrito su teoría, al mismo tiempo que en distintas reuniones con la intelectualidad romana esgrimía sus argumentos con su habitual brillantez.

De todas formas, la suerte estaba ya echada. El Papa Pablo V, de 63 años, rechazó leer el manuscrito *Tratado sobre las mareas*, y decidió convocar el 19 de febrero a 11 teólogos expertos para que decidieran de una vez la ortodoxia de la doctrina copernicana, reducido a las siguientes dos proposiciones:

1. El Sol es el centro del Universo, y por consiguiente está inmóvil.
2. La Tierra no es el centro del mundo, ni está inmóvil, sino que se mueve como un todo y también gira diariamente.

Tras deliberar durante los días 23 y 24 de febrero, el veredicto unánime fue que la primera sentencia era “*insensata, absurda filosóficamente y formalmente herética, puesto que contradice numerosos textos de las Sagradas Escrituras*”. En cuanto a la segunda, también la declararon igualmente burda y absurda desde el punto de vista filosófico y, aunque no contradecía la Biblia tan radicalmente, socavaba cuanto

menos las cuestiones de fe. Galileo había perdido la batalla.

El 26 de febrero, dos oficiales de la Inquisición recogieron a Galileo para escoltarle al palacio del Cardenal Bellarmino. Allí, este le comunicó la resolución de la comisión y le instó, en nombre del Papa, a que dejara de defender la teoría heliocéntrica como un hecho cierto. El 5 de marzo se hace público el decreto en el que se declara “*falsa y contraria a las Sagradas Escrituras*” la astronomía copernicana, y se prohíbe el libro de Copérnico “*hasta que se hicieran las debidas correcciones para que esta opinión no se pueda propagar ni perjudicar la verdad católica*”. No se hace ninguna mención a la edición de las *Cartas sobre las manchas solares* de Galileo (en la que se apoyaba abiertamente la astronomía copernicana) ni se menciona su nombre, por lo que quedaba libre de cualquier tipo de censura personal. El 11 de marzo le fue concebida una audiencia privada con el Papa y en ella, según escribe Galileo al secretario de estado toscano, el Papa le dijo que “*estaba muy al tanto de la honradez y sinceridad de mi corazón y [...] que mientras él viviera, podía sentirme seguro por completo.*” (V. [So; p. 87]).

Galileo seguía siendo el científico más importante de Italia y el representante de los Médicis, pero los rumores de herejía y blasfemia continuaron. Por ello, Galileo se dirigió al cardenal Bellarmino con el ruego de que confirmara la falsedad de los rumores. El Cardenal accedió de inmediato, redactando una carta en los siguientes términos:

Nos, cardenal Roberto Bellarmino, habiendo sabido que se dice calumniosamente que el signor Galileo Galilei ha abjurado ante nosotros y que se le ha impuesto una penitencia, y habiéndonos solicitado que hagamos constar la verdad sobre esto, declaramos que el citado signor Galileo no ha abjurado ni ante nosotros ni ante otras personas [...] de ninguna opinión o doctrina mantenida por él; tampoco se le ha impuesto ningún tipo de penitencia o castigo{..} sólo se le ha notificado la declaración efectuada por los santos padres y hecha pública por la Sagrada Congregación del Índice..”(véase [So; p. 87-88]).

¹³ La teoría de Galileo es errónea. El movimiento de la Tierra influye en las mareas, pero no de manera esencial. Newton dio con la explicación correcta, por medio de su teoría de la gravitación, que obviamente Galileo desconocía.

Exonerado pues, Galileo continuó dedicado a sus estudios astronómicos y sobre el movimiento. Probablemente no llegó a comprender la gravedad de la condena. Convencido de su verdad, quizá mantuvo la esperanza de un posible reconocimiento posterior por parte de la Inquisición. Y sin duda contribuyó a ello la postura formal de Bellarmino, que siempre le trató con deferencia y respeto.

EN BELLOSGUARDO.

Desde su marcha de Pisa, Galileo tenía una salud frágil, con ataques de fiebre y reumatismo, que se fueron agravando con el tiempo. Varias veces había disfrutado de la hospitalidad de su amigo **Filippo Salviati**, en una villa que poseía a unos veinticinco kilómetros de Florencia. Cuando Salviati falleció, en 1614, Galileo empezó a plantearse el alejarse de la humedad de Florencia. En 1617 alquiló una elegante villa, llamada *Bellosguardo* (“Bella Vista”) en lo alto de una elevación al sudoeste de Florencia. Desde su privilegiada posición, rodeado de huertas y árboles frutales, podía divisar los muros del convento de San Matteo, en Arcetri, donde se encontraban sus hijas. La correspondencia con Sor María Celeste se incrementó, así como el envío de frutas, mermeladas y remedios a Galileo, y el de pequeños regalos y ayuda económica de este a su hija. No obstante, a finales de 1617 Galileo sufrió otro ataque que le tuvo postrado hasta la primavera siguiente. En agradecimiento por su curación, decidió en mayo de 1618 emprender una peregrinación al santuario de Nuestra Señora de Loreto, en la costa del Adriático¹⁴.

Por entonces, además de su hijo Vincenzo, vivían junto con Galileo dos nuevos alumnos, que ayudaban a organizar y copiar las dispersas notas de su maestro sobre el movimiento, estudios que había abandonado en 1609 por su descubrimiento del telescopio.

En 1618 había estallado en Bohemia la Guerra de los Treinta Años, que asoló gran parte de la Europa

Central. A finales de ese año se divisaron 3 pequeños cometas en el cielo, como si se quisiera confirmar la creencia popular de que estos meteoros eran anunciantes de malos presagios. Se trataba de los primeros cometas observables en la era post-telescopio. El astrónomo danés Tycho Brahe había observado ya un gran cometa en 1577 y otro en 1585, y había concluido que estaban ambos más allá de la Luna.

A comienzos de 1619 Galileo recibió un folleto de Roma que incluía una conferencia del jesuita **Orazio Grassi** (1583-1654) suministrando una serie de datos y cálculos obtenidos en el Colegio Romano y concluyendo, con Brahe, que la órbita del cometa de noviembre discurría entre el Sol y la Luna. Galileo dudaba de las estimaciones de distancias y tamaño¹⁵ del padre Grassi, y se encargó de proclamarlo a través de las conferencias que escribió para su alumno **Mario Guiducci** impartidas en la Academia Florentina. El padre Grassi se encargó de publicar una réplica: *Libra Astronomica*, escrita en latín, en la que atacaba a Galileo, tratando en varias ocasiones de provocarle y hacer que se pronunciara a favor de Copérnico. Galileo se tomó su tiempo, ocupado por otros problemas oficiales y familiares: En 1619 consiguió que el Gran Duque Cosme II, su antiguo discípulo, legitimara a su hijo Vincenzo; a principio de 1620 muere su madre, Madonna Giulia, a los 82 años; a comienzos de 1621 Galileo es elegido cónsul de la Academia Florentina y poco después muere su patrono y protector Cosme II, a quien le sucede su hijo Ferdinando II; También mueren dos importantes personajes en la vida de Galileo: el cardenal Bellarmino y el Papa Pablo V. Su sucesor, Gregorio XV, duró apenas dos años en el trono de San Pedro.

Finalmente, la respuesta de Galileo a Grassi estuvo lista en el otoño de 1622. Galileo envió el libro a su amigo, el príncipe Cesi, para que se encargara de obtener la licencia de impresión y le enviara sus comentarios. El *Imprimatur* lo dio el censor de la Inquisición con las más altas palabras de reconoci-

¹⁴ Según la tradición, allí se encontraba la residencia original de la Virgen María, que había sido trasladada milagrosamente desde Tierra Santa en 1294.

¹⁵ Los cometas no casaban muy bien en el universo de Copérnico. Si describieran órbitas en torno al Sol como los planetas, deberían poder observarse todo el año y presentar fenómenos de retrogradación como ellos. Galileo pensaba —¡como Aristóteles!— que los cometas eran reflejos de la luz del Sol en emanaciones vaporosas situadas a gran altura, y no cuerpos celestes en sí mismos. Con ese convencimiento, es claro que no podía aceptar como buenas las observaciones del padre Grassi..

miento. A punto de imprimirse el libro, tuvo lugar otro hecho fundamental: el Papa Gregorio XV había fallecido y se había entablado el proceso de elección del nuevo Papa que, tras largas deliberaciones, recayó sobre el Cardenal Maffeo Barberini, el amigo y admirador de Galileo, que tomó como nombre **Urbano VIII**. Cuando Cesi se enteró, ordenó detener la impresión del libro, y compuso una nueva portada que incorporaba las tres abejas del escudo de armas de Barberini y una nueva dedicatoria (en principio, el destinatario era monseñor **Cesarini**, amigo de Galileo y miembro de la Academia Lincea). Así, en octubre de 1623, apareció *Il Saggiatore* (“El Ensayador”, el que pesa con una balanza), dedicado al nuevo papa Urbano VIII.

La discusión sobre los cometas que aparece en *El Ensayador* se convierte en un pretexto para presentar, con agudeza y claridad, una defensa del método científico para el conocimiento de la Naturaleza. Por otra parte, también ha sido alabado por el magistral estilo de su prosa.

El nuevo Papa hizo que le leyeran el libro durante sus comidas, y expresó su aprobación y deleite. Cuando el príncipe Cesi tuvo una audiencia con el Papa, éste le recibió con estas palabras: *¿Viene Galileo?, ¿Cuándo viene?* Así que Galileo pensaba que se había dado una “*maravillosa combinación de circunstancias*”¹⁶ que podían favorecer su situación, y así compartió su entusiasmo con Sor María Celeste enviándole las cartas que se había intercambiado con el nuevo Papa a lo largo de una década (véase la carta de ésta a su padre del 10 de agosto de 1623 en [So; p. 105]). En consecuencia, decidió viajar una vez más a Roma. Galileo fue recibido con todos los honores y el Papa le concedió, en dos meses, seis largas audiencias. Es seguro que en ellas Galileo solicitó una derogación del decreto contra la doctrina copernicana, aunque, evidentemente, no obtuvo una respuesta concreta. Por lo demás, el Papa seguía tratándole con extrema amabilidad. Con regalos y bendiciones y una elogiosa carta sobre sus virtudes para el Gran Duque Ferdinando II, Galileo fue despedido amablemente por Su Santidad.

EL DIÁLOGO SOBRE LOS DOS SISTEMAS DEL MUNDO

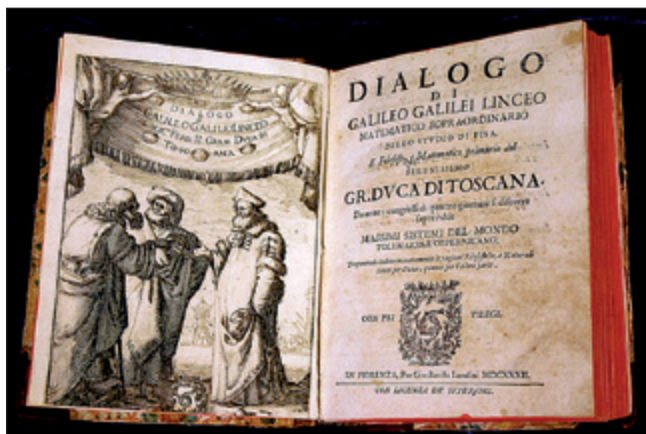
De regreso a *Bellosguardo*, Galileo se plantea cómo conseguir probar la verdad del doble movimiento de la Tierra. Pero el decreto de 1616 le prohibía presentar este movimiento como algo más allá de la pura teoría. ¡Un auténtico círculo vicioso!.

Galileo tardó seis años en presentar su siguiente batalla. Además de participar en diversas polémicas científicas y continuar sus observaciones, dedicó este tiempo a redactar un libro que, en forma de diálogo entre un grupo de amigos, presentara sus argumentos de modo irrefutablemente legítimo. Su título provisional: *Dialogo del flusso e deflusso della marea* (“Diálogo sobre el flujo y reflujo de la marea”). Retomando algunas ideas de su antiguo *Tratado sobre las mareas*, Galileo se volcó en el nuevo libro. En el prólogo, tras declarar su sumisión al magisterio eclesiástico y su fidelidad como cristiano, escribe:

“Tolomeo y Copérnico están entre esa clase de hombres que reflexionaron sobre la composición del mundo [...] Estos diálogos míos muestran las enseñanzas de estos dos hombres, a quienes considero las inteligencias más grandes que jamás nos hayan legado especulaciones tales...”

La obra está escrita en forma de una conversación entre tres hombres a lo largo de cuatro días sucesivos: **Salviati** es el científico moderno e inteligente, el personaje que expresa generalmente las ideas de Galileo. Su nombre es un homenaje a su apreciado discípulo **Filippo Salviati** (1582-1614). **Sagredo** (cuyo nombre también recuerda a un buen amigo de Galileo, **Giovanni Francesco Sagredo** (1571-1620)) es el segundo interlocutor: un hombre inteligente y receptivo que con preguntas claras y precisas contribuye al buen desarrollo de la conversación. Normalmente, se pone de lado de Salviati. El tercer interlocutor, **Simplicio** es el representante de los aristotélicos. Es un personaje pomposo y rimbombante, al que le gusta pronunciar extensas citas en latín y presenta las objeciones a la doctrina de Copérnico. Se sirve ocasionalmente de tesis de los jesuitas del Colegio Romano, por lo que no es

¹⁶ Palabras de Galileo en una carta al príncipe Cesi.



extraño que este personaje granjeara a Galileo nuevos enemigos en Roma. Además, el mismo Galileo aparece a veces como personaje secundario al que alguno de los personajes principales alude como “nuestro común amigo”¹⁷.

El libro está escrito en italiano para su mayor difusión, y su formato, casi como una obra de teatro, ofrecía también a Galileo una cierta protección al poner las ventajas de Copérnico y los defectos de Tolomeo en boca de unos personajes, el autor podía distanciarse de la discusión, como si fuera un observador imparcial.

El manuscrito estaba concluido a principios de 1630, pero la lucha para conseguir el permiso de impresión duró casi dos años. En mayo de 1630, a sus sesenta y seis años y con problemas de salud, Galileo realiza un penoso viaje a Roma para conseguir personalmente la licencia de impresión. El Papa lo recibió, con gran amabilidad, el 18 de mayo y el 26 de junio Galileo partió para Florencia con total satisfacción por lo conseguido y una autorización provisional del supervisor, padre **Riccardi**, para iniciar el proceso de edición, a cambio de algunas pequeñas correcciones.

La peste alcanzó Florencia en otoño de 1630, por lo que Galileo, junto con su hijo y nuera, se alejó como tantos otros de la ciudad para buscar seguridad en el campo.

En septiembre había obtenido la autorización del inquisidor y vicario del obispo florentinos, y Galileo se sintió en la obligación de informar al padre Riccardi sobre estas gestiones y la conveniencia de publicar el libro en Florencia. La contestación fue inmediata: el padre Riccardi quería leer previamente el manuscrito.

La respuesta no llegó a Galileo hasta mayo de 1631, a través de un escrito oficial de Riccardi al inquisidor de Florencia: ante todo, el Papa Urbano VIII deseaba que el título debía cambiarse al de *Consideraciones matemáticas acerca de la hipótesis copernicana sobre el movimiento de la Tierra*, dejando claro ya que se trataba de una suposición hipotética. Y debía indicarse en el texto “que el único fin de este trabajo es mostrar a los no católicos que en Roma se conoce perfectamente la doctrina de Copérnico y que la prohibición de la misma no es fruto de la ignorancia”. Así lo hizo Galileo, pero la verdad es que la impresión que podía sacar el lector era justamente la contraria: El pobre Simplicio es bombardeado a lo largo de los cuatro días por una serie de sagaces argumentos contra las tesis aristotélicas de la inmutabilidad de los cielos, su teoría del movimiento y argumentos a favor de los dos movimientos de la Tierra.

Finalmente, el libro apareció en febrero de 1632 con un largo título que se suele resumir como “*Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo: tolemaico y copernicano*” o, simplemente, “*Diálogo*”. El éxito fue inmediato. El libro se vendió en cuanto llegó a las librerías y las muestras de asombro y satisfacción comenzaron a llegar a Galileo de todas partes: Un colega matemático de Bolonia manifestó: “*Por dondequiera que empiezo, no puedo dejarlo*”; Castelli, el amigo y discípulo, escribe: “*aun cuando ya lo he leído de cabo a rabo con asombro y deleite infinitos, sigo leyendo partes de él a amigos para que maravillen..*”; El joven discípulo de Castelli, **Evangelista Torricelli** (1608-1647) escribió a Galileo en 1632 para decirle que se había convertido al copernicanismo gracias al *Diálogo*. Y este era exactamente el efecto que irritó profundamente a los aristotélicos en general y a los astrónomos jesuitas en particular.

¹⁷ Italo Calvino ha señalado que Salviati y Sagredo representan tan dos aspectos de la personalidad de Galileo: el razonamiento metódico y cuidadoso y la imaginación, respectivamente.

Las condiciones de salud de Galileo habían seguido empeorando, y cada vez le resultaba más penoso el viaje desde Bellosguardo al convento de San Matteo, donde se encontraba su querida hija Sor María Celeste, Así que decidió mudarse a Arcetri y, con la ayuda de su hija, consiguió alquilar una antigua villa del siglo XIV muy cerca del convento, en un lugar tan privilegiado que la apodaban *Il Gioiello* (la joyita). Allí se mudó en agosto de 1631 y fue su residencia hasta su muerte.

EL JUICIO.

Las cosas en Roma estaban cambiando. En los primeros días de agosto de 1631, el príncipe Cesi, fiel aliado de Galileo en la corte romana, había muerto. Y el Papa tenía que sortear una serie de dificultades que habían ido aumentando en los últimos tiempos. A las acusaciones (bien fundadas) de nepotismo y enriquecimiento personal, además de sus desmesurados gastos en monumentos y obras de arte para su engrandecimiento personal, había que añadir los problemas políticos surgidos a raíz de sus tibios apoyos al bando católico, liderado por España y Austria, en la guerra de los 30 años, así como su intromisión en otros problemas políticos domésticos. Así que necesitaba todo el apoyo interno posible. Y los jesuitas del Colegio Romano era una de las Instituciones más poderosas e influyentes de Roma.. Los numerosos enemigos de Galileo en Roma convencieron a Urbano VIII que el *Diálogo* un insulto al Papa, ya que era una alabanza escandalosa a Copérnico y se habían incumplido sus instrucciones.

En agosto de 1632 el Papa nombra una comisión de tres expertos para que reexaminen el texto del *Diálogo*, quienes dictaminan en septiembre que “*Galileo puede haber incumplido sus instrucciones, mediante la confirmación definitiva del movimiento de la Tierra y la inmovilidad del Sol, apartándose de este modo del terreno de las hipótesis*” (citado en [So; p. 217]). El Papa montó en cólera y el 1 de octubre de 1632 emite una orden para que Galileo se presente en Roma para responder ante el tribunal de la Inquisición. Galileo tiene casi 70 años y está enfermo, y el propio Gran Duque Ferdinando II solicita se le conceda una prórroga para realizar el viaje. Se le concede un mes y, como el viaje continúa aplazándose, el Papa toma la iniciativa, y ordena que los médicos de la Inqui-

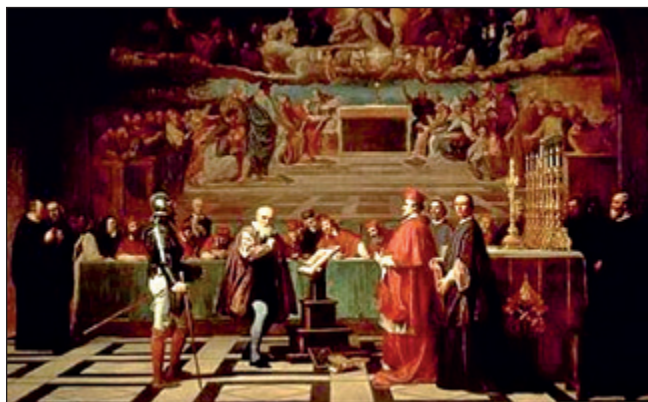
sición valoren el estado de Galileo y, si ellos creen que puede hacer el viaje y se sigue negando, lo lleven encadenado a Roma.

Así, el 20 de enero de 1633 inicia Galileo su penoso viaje a Roma, a donde llegará el 13 de febrero. Se le concede el permiso de alojarse en la residencia del embajador florentino, **Francesco Niccolini**, que lo recibe como un invitado de honor.

El primer interrogatorio tiene lugar el 12 de abril de 1633. El punto culminante de la acusación es la posible violación del decreto de marzo de 1616 contra el copernicanismo. Y salen a la luz unas actas de la reunión con el cardenal Bellarmino en la que se indican que éste conminó a Galileo personalmente que la doctrina prohibida “*no debía sostenerla como verdadera de ningún modo, ni enseñarla o defenderla, de palabra o por escrito. De no ser así, se actuaría contra él en el Santo Oficio*”. Galileo manifiesta que no recuerda se le comunicara esa orden, y se remite al escrito del cardenal Bellarmino exonerándole de cualquier culpa. Al término del interrogatorio, se decide que Galileo debe ser recluido en las habitaciones de la Inquisición.

El 27 y el 30 de abril tienen lugar dos nuevos interrogatorios, a cargo del comisario de la Inquisición **Vincenzo Maculano** (15788-1667). Galileo trata de defenderse, confesando que es cierto que en varios pasajes de su *Diálogo* los “*argumentos a favor de la falsa doctrina, que era mi intención refutar, estaban expresados de tal modo como si se hubiesen calculado más para forzar a la convicción por su fuerza que para ser fácilmente disueltos*” (v. [He; p. 146]), y ofrece completar el libro con dos jornadas más para añadir razones de peso contra la doctrina falsa y condenada. Es realmente sorprendente que Galileo creyera que los inquisidores pudieran tomarse en serio estos argumentos. Tras estas declaraciones tan faltas de entereza, Galileo obtiene el permiso para alojarse de nuevo en la embajada toscana.

Por otro lado, el sobrino del Papa, cardenal **Francesco Barberini** (1597-1679) miembro de la Academia dei Lincei y un gran admirador de Galileo, estaba haciendo todo lo posible para protegerle de la ira de su augusto tío. Y quizá fuera él quien sugiriera al comisario Maculano el nuevo curso de acción, En



Galileo ante el Santo Oficio, por Joseph-Nicolas Robert-Fleury.

efecto, Maculano conocía bien las virtudes formales del punto de vista copernicano, sabía que Galileo era un científico respetado y admirado en todo el mundo y prefería que el caso no se le fuera de las manos y terminara en tragedia. Así que decidió mantener una conversación privada con Galileo, en la que le convenció para que colaborara, salvando al máximo las apariencias. En el informe remitido al cardenal Barberini, Maculano concluye: *“El Tribunal conservará su reputación y será benévolo con el acusado. Galileo reconocerá la gracia que se le ofrece y de ello se seguirán todas las consecuencias favorables que deseamos.”* ([So; p. 244]).

Tras una nueva sesión el 10 de mayo, el 21 de junio tiene lugar un último interrogatorio. En él Galileo admitió que había presentado sus valiosas teorías con demasiada fuerza, cuando en realidad no contaba con ninguna prueba: *“Confieso que mi error ha sido el de la vanidosa ambición, ignorancia pura e imprudencia”*. A la pregunta concreta de si había mantenido, ahora o previamente, que el Sol era el centro del mundo y que la Tierra no lo era y estaba en movimiento, Galileo respondió que antes del decreto de 1616, él era indiferente y consideraba ambas opiniones, la de Ptolomeo y la de Copérnico, como abiertas a la discusión y las pruebas. Pero *“después de dicho Decreto, convencido de la prudencia de las autoridades, dejé de*

dudar, y sostuve y aún sostengo como la más verdadera e indiscutible, la opinión de Ptolomeo, es decir, la estabilidad de la Tierra y el movimiento del Sol.” [He;p. 148]. Galileo miente, pero sabía perfectamente que era su vida la que estaba en juego.

Pese a los deseos de Maculano y Francesco Barberini de que el caso terminara calladamente, con una reconvencción en privado, los enemigos de Galileo, empezando por los jesuitas y terminando por el mismo Papa, no se contentaron con eso. La sentencia pronunciada el 22 de junio declara a Galileo altamente sospechoso de herejía.

Para lograr la absolución, Galileo debe “abjurar, maldecir y renegar en nuestra presencia” de los errores cometidos. Se ordena que el *Diálogo* sea prohibido y se condena a Galileo a la reclusión formal al arbitrio del Santo Oficio. Vestido con el hábito blanco de penitente, el acusado se arrodilló y abjuró tal como se le había pedido¹⁸. Sólo siete de los diez jueces del tribunal firmaron la sentencia. Entre las ausencias, el cardenal Francesco Barberini.

El *Diálogo*, tal como figuraba en la sentencia, fue incluido en el siguiente “Índice de Libros Prohibidos”, publicado en 1664 y allí permaneció hasta la edición de 1835¹⁹.

Al día siguiente, 23 de junio, el Papa permitió a Galileo trasladarse de nuevo a la embajada toscana, siempre bajo arresto domiciliario. Esta situación fue mantenida en vigor hasta la muerte de Galileo, a pesar de las múltiples peticiones de clemencia. Así pues, Galileo no recobró la libertad de movimientos por el resto de su vida. Sin embargo, gracias a la intercesión del cardenal Barberini, Galileo fue confiado a la custodia del arzobispo de Siena, que había ofrecido su propia litera para el desplazamiento. Durante su estancia en Siena, tratado con respeto y amabilidad, Galileo se fue reponiendo del duro golpe recibido y, de hecho, reanudó la escritura del libro en el que había estado trabajando durante más de 25 años: un tratado sobre el movimiento y la estructura de la materia.

¹⁸ Puede consultarse la acusación y el documento final de abjuración en [So; págs. 259-260], y también en [He; pág. 19].

¹⁹ A partir del verano de 1633 apareció un verdadero mercado negro sobre el *Diálogo*. Su precio fue creciendo constantemente. Todo el mundo lo compraba, antes de que los inquisidores agotaran las existencias. Una edición en latín apareció en Estrasburgo en 1635. En 1661 apareció una versión en inglés.

En las cartas de Sor María Celeste se nota esta mejoría emocional pues, además de las manifestaciones de cariño y ánimo que nunca faltaron, empieza a informar a Galileo de los pequeños detalles domésticos del convento y de los asuntos de la casa de Galileo en Arcetri. Pero su mayor alegría la recibió al saber que el 1 de diciembre su padre obtuvo el permiso para poder retirarse a su villa de Arcetri. Llegó allí a finales de año. Sin embargo, la alegría de la repatriación no duró mucho. Sor María Celeste enfermó gravemente de disentería en marzo de 1634 y, a pesar de todos los esfuerzos del doctor del Monasterio y de las visitas diarias de su padre, falleció el dos de abril. El golpe dejó totalmente abatido a Galileo y durante meses no encontró otro consuelo que la oración. A finales de abril, confesaba a un amigo: *“siento una tristeza y una melancolía enormes; me siento despreciable y oigo a mi querida hija que me llama”*.

Poco a poco, Galileo fue recuperando la correspondencia con otros colegas y finalmente, en el mes de agosto, volvió a trabajar sobre el manuscrito inacabado.

LOS DISCURSOS SOBRE DOS NUEVAS CIENCIAS

Las “dos ciencias” que aparecen en el libro son la dinámica (la primera presentación científica y moderna) y la parte de la estática relacionada con la resistencia de materiales (deformaciones, fracturas, etc.) Para muchos historiadores de la Ciencia, los *Discursos* constituyen la obra fundacional de la Física moderna.

De nuevo se encuentran viejos amigos Sagredo, Salviati y Simplicio, tras visitar los famosos arsenales de Venecia. Y de nuevo, como en el *Diálogo*, se reúnen durante cuatro días para hablar y comentar distintos aspectos de la Naturaleza. Los dos primeros días están dedicados a los procesos de fractura y deformación, comenzando con una discusión sobre la naturaleza de la materia. Y allí aparece la primera discusión matemática sobre el infinito: Salviati pone en evidencia que las nociones de “mayor y menor” no se pueden aplicar al infinito: asociando a cada número natural n su cuadrado n^2 , muestra que, por un lado, hay tantos números naturales como cuadrados, mientras que por el otro, el conjunto de los cuadrados es un subconjunto propio de los naturales! Salviati utiliza

también otra serie de argumentos geométricos, que parecen indicar que hay “diferentes infinitos”, pero Galileo no se atrevió a contradecir la famosa “noción común” que aparece en *Los Elementos* de Euclides de que *“el todo es mayor que la parte”*, y se contentó con decir que la mente humana no está capacitada para comprender el infinito (véase [Bo; p. 414 y sigs.]). Continúa el primer día con discusiones sobre la velocidad de la luz, la resistencia de distintos medios al movimiento, la ley del péndulo, etc., todas ellas con abundantes datos experimentales y elegantes argumentos matemáticos. El segundo día ofrece una descripción del cálculo de la resistencia a la torsión y rotura de los cuerpos. Los dos últimos días están dedicados al estudio del movimiento y de ellos, el tercer día es el considerado más importante. En él se recogen todos los resultados y conocimientos adquiridos por Galileo sobre el tema desde sus tiempos de estudiante en Pisa. Hay un esbozo de estudiar la *causa* del movimiento (que algunos han entendido como un antecedente a la noción de fuerza de gravedad), pero, sobre todo, Galileo pone claramente de manifiesto que lo que le interesa es *cómo* se produce el movimiento y no el *por qué*. La obra está plagada de ingeniosos experimentos para paliar la falta de instrumentos precisos para medir pequeñas variaciones de tiempo, que indican el incontable número de horas que Galileo dedicó, por ejemplo, a seguir la trayectoria de una bola de bronce por un plano con distintas inclinaciones, para averiguar los misterios del movimiento uniformemente acelerado. Salviati relata, por ejemplo, que.

“Para medir el tiempo empleábamos un gran depósito de agua, en cuyo fondo había una pequeña espita de pequeño diámetro por la que salía un chorro de agua que recogíamos en una vasija mientras duraba el descenso [...] Entonces pesábamos el agua recogida con una balanza muy precisa (con granos de arena); las diferencias y ratios de estos pesos nos proporcionaron las diferencias y ratios de los tiempos con tal exactitud que, aunque repetimos la operación muchas veces, no obtuvimos diferencias apreciables.”

La cuarta jornada está dedicada a los movimientos “violentos”, como los de los proyectiles. Aquí Galileo describe la descomposición de movimientos en distintas fuerzas y obtiene, por ejemplo, el resultado de que la curva descrita por una bala de cañón (sin resistencia del aire) es una parábola (y no un arco de circunferencia, como se suponía).

En el libro aparecen constantes referencias a la necesidad de matematizar la naturaleza: “*Quien quiere responder a cuestiones de la naturaleza sin ayuda de las matemáticas, emprende lo irrealizable. Se debe medir lo medible, y hacer que lo sea lo que no lo es*”. O, en otro lugar dice Sagredo: “*El poder de las demostraciones rigurosas propias de las matemáticas, me llena de asombro y satisfacción*”.

Por otro lado, se enfatiza también el valor de la ciencia y la aplicación práctica de la misma, tan opuesto a las consideraciones metafísicas causales al uso de los filósofos de la época. En fin, a partir de entonces la Física ya no sería igual.

Los *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze* aparecieron publicados en 1638, dedicado al embajador francés en Roma, el conde de Noailles, buen amigo y defensor de Galileo. En su dedicatoria, Galileo fingía sorpresa de que su manuscrito se hubiera publicado en una imprenta extranjera, puesto que “*..me había propuesto no exponer ante el público ningún otro de mis trabajos..*” ([So; pág. 326]). Para entonces, Galileo se había quedado totalmente ciego (tras haber perdido la visión del ojo derecho en 1637) y pidió permiso para recibir atención médica en Florencia. Tras un primer rechazo, consiguió al fin la autorización para trasladarse a su casa en Florencia. Cree que el final de su vida está cerca, y redacta su testamento.

EL FINAL

A finales de 1638, Galileo recibió en su casa como ayudante, recomendado por el Gran Duque Ferdinando, al joven florentino **Vincenzo Viviani** (1622-1703), que le acompañó en sus últimos años. Viviani escribía las cartas de Galileo, le leía las respuestas y se encargaba de recoger sus recuerdos sobre anteriores investigaciones científicas. Fue un notable matemático y autor de la primera biografía de Galileo.

También visitaba asiduamente a Galileo en estos últimos años su hijo Vincenzo y muy probablemente su otra hija Sor Arcángela, así como su amigo de toda la vida Benedetto Castelli. En 1641, Galileo escribió una carta a Torricelli, para que pasara unos días en su casa discutiendo “*algunas reliquias de mis pensamientos sobre matemáticas y física*”, y allí llegó en el mes de octubre. Sin embargo, Galileo empezó a sentirse peor y tuvo que guardar cama. Y ya no se levantó. El 8 de enero de 1642, Galileo murió acompañado por Torricelli, Viviani, su hijo y la esposa de éste. El párroco del lugar le administró el viático y, como no, al fondo de la habitación estaban dos representantes de la Inquisición.

El Gran Duque Ferdinando, que consideraba que Galileo era “*la inteligencia más brillante de nuestra época*” quiso enterrarlo en la nave central de la iglesia franciscana de la Santa Croce, al lado de los restos de **Michelangelo Buonarroti** y erigir en su tumba un gran mausoleo²⁰. Pero ni siquiera tras su muerte cesó la lucha de sus enemigos contra él. El Papa Urbano VIII condenó desde Roma estos intentos, considerándolos una ofensa contra él. Una vez más, Ferdinando acató los deseos del Papa e hizo enterrar a Galileo en una pequeña sala, bajo el campanario.

Pero Viviani, con una dedicación admirable, se comprometió a trasladar y tratar adecuadamente algún día los restos de su admirado maestro. Buscó (y pagó) a un escultor para que hiciera una máscara mortuoria de Galileo y, a partir de ella, un busto y siguió peleando durante toda su vida por su objetivo. Cuando murió sin hijos en 1703, dejó todas sus posesiones y la responsabilidad de restituir en su lugar a Galileo a un sobrino, que nunca llevó a cabo esta encomienda. Finalmente, las propiedades de Viviani pasaron, a través de herencias familiares, al senador florentino **Gianni Clemente de Nelli**, que tuvo la satisfacción de cumplir los deseos de su ancestro. Y así, la noche del 12 de marzo de 1737, una congregación muy distinguida se reunió para trasladar los restos de Galileo desde el pequeño cuarto bajo el campanario al monumento²¹

²⁰ Ferdinando había querido respetar los deseos de Galileo de ser enterrado cerca de su padre, cuyos restos estaban en una de las capillas privadas de la nave principal de la Iglesia..

²¹ Allí se encontraba también, en un sepulcro anejo, el cuerpo de Vincenzo Viviani, que había pedido acompañar a su maestro en su última morada.



Tumba de Galileo en la Santa Croce de Florencia.

recién construido. El grupo procedió a romper la cubierta de la tumba de Galileo (señalada por una placa puesta allí por Viviani en 1674) y extrajeron un ataúd de madera. Pero bajo él, los hombres descubrieron otra caja casi idéntica: ¡la tumba de Galileo tenía dos ataúdes y dos esqueletos!

El primer médico del Gran Duque procedió a examinar los cuerpos: sólo uno, el que estaba arriba, eran los de un anciano, con sólo cuatro dientes en la mandíbula inferior. El esqueleto del ataúd de más abajo pertenecía a una mujer, que había fallecido hacía al menos tanto tiempo como el hombre, pero mucho más joven. Al parecer, Viviani, movido por la impotencia de su fracaso, había dado a Galileo lo que pensaba que éste podía querer más que el mármol: la compañía de su hija Sor María Celeste.

Y allí continúa hoy, aunque no hay ninguna inscripción en el mausoleo de Galileo en la Santa Croce de Florencia que informe de ello.

BIBLIOGRAFÍA SUCINTA.

- [Bo] C. B. Boyer, *Historia de la Matemática*. Alianza Universidad textos n. 94. 4ª reimpresión, Alianza Editorial, Madrid 1996.
- [Dr1] S. Drake, *Galileo at work. His scientific Biography*. The University of Chicago Press, Chicago 1978.
- [Dr2] S. Drake, *Galileo*. Oxford University Press, 1980.
- [G1] Galileo Galilei, *Obras de Galileo*. Biblioteca Digital Mundial. En la dirección <http://www.wdl.org/es/search/?collection=galilean-collection> pueden consultarse los originales de diversas obras de Galileo. También en la dirección electrónica http://it.wikisource.org/wiki/Autore:alileo_Galilei se pueden leer la mayoría de las obras de Galileo (en italiano).
- [G2] _____, *Sidereus Nuncius*, Edición en español con ocasión del IV centenario de su publicación. Prólogo a cargo de Ramón Níñez Centella y José Manuel Sánchez Ron. Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (MUNCYT), 2010. Puede obtenerse una versión electrónica en http://www.muncyt.es/stfls/MUNCYT/Publicaciones/sidereus_castellano.pdf.
- [G3] _____, *Cartas Copernicanas*. Ed. Alhambra, 1986. En la dirección electrónica <http://www.biblioteca.org.ar/libros/153513.pdf> puede consultarse la versión completa.
- [G4] _____, *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo: tolomaico y copernicano*. Alianza Editorial, Madrid, 1994.
- [G5] _____, *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*. Editora Nacional, Madrid, 1976.
- [He] J. Hemleben, *Galileo*. Biblioteca Salvat. Editorial Salvat, Barcelona 1988.
- [Kl] M. Kline, *Mathematical thought from ancient to modern times*. Oxford University Press, New York, 1972.
- [Na] A. Naess, *Galileo Galilei, when the world stood still*. Springer, Berlín, 2005.
- [So] D. Sobel, *La hija de Galileo*. Editorial Debate, S. A., Barcelona, 1999.