



# GALILEO GALILEI

José E. Marquina

Hoy nos encontramos frente a evidencias que apuntan hacia un nuevo modelo del universo. Sin embargo, el método desarrollado por Galileo Galilei en el siglo XVII, y cuyos descubrimientos quedaron plasmados en su *Sidereus nuncius*, sigue siendo el mismo que permitirá el desarrollo de dicho modelo.

Vincenzo Galilei nació en 1520 en Santa María del Monte, cerca de Florencia. Fue un afamado laudista, compositor y teórico musical, que contribuyó de manera significativa a la evolución de la música del siglo XVI. Entre sus obras se hallan el *Dialogo della musica antica e della moderna* y el *Discorso intorno all' Opera di Messer Gioseffo Zarlino da Chioggia*. En la primera de ellas, Vincenzo Galilei escribe:

“Me parece que quienes confían sin más en la autoridad como prueba de una cosa cualquiera y no tratan de aducir alguna razón válida, proceden de forma ridícula... Yo deseo... que se me permita plantear cuestiones libremente, así como responder sin ningún tipo de adulación, pues esto es lo que verdaderamente conviene a quienes buscan la verdad de las cosas.”

El 15 de febrero de 1564 nació, en Pisa, su primer hijo, al que puso por nombre Galileo. La familia Galilei vivió los siguientes diez años en Pisa; más tarde se trasladaría a Florencia.

En 1581 Galileo se matriculó en la Universidad de Pisa, en la carrera de Medicina, la cual abandonó en 1585 sin haber obtenido ningún título. Entre 1585 y 1589 se dedicó a diversas actividades, enriqueciendo sus conocimientos en diversas áreas, predominantemente matemáticas, filosofía y literatura.

De 1588 son sus curiosas *Lezioni circa la figura, sito e grandezza dell' Inferno di Dante*, escrito en el cual Galileo defiende las tesis de Manetti acerca de la topografía

del infierno narrado por Dante. En 1589 regresó a la Universidad de Pisa, pero ahora como catedrático de matemáticas. En aquella época ésta no era una cátedra importante y su salario era de tan sólo 60 escudos anuales, mientras que, por ejemplo, Girolamo Mercuriales, catedrático de medicina, percibía 2 mil. De la época de Pisa es la leyenda de cómo Galileo refutó a Aristóteles lanzando objetos desde lo alto de la famosa torre inclinada, leyenda que, sin embargo, es absolutamente falsa.

En 1591 murió Vincenzo, y la responsabilidad de cuidar de la familia recayó sobre los hombros de Galileo, quien tuvo que ingeniár-



En julio de 1609 Galileo respondió a la confianza de Sarpi presentando un telescopio de nueve aumentos, tres veces más potente que el que había ofrecido el extranjero. Para fines de 1609 había construido uno de 30 aumentos, que era el límite del diseño de entonces. Este telescopio pasó a ser conocido como telescopio de Galileo.

selas para conseguir un trabajo mejor remunerado y sobre todo con un futuro más halagador. Lo consiguió en 1592, al obtener la cátedra de matemáticas en Padua.

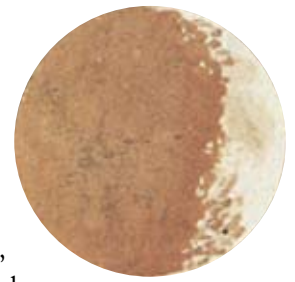
Galileo trabajó ahí durante 18 años, que fueron, a decir del propio Galileo, los mejores de su vida. En ellos Galileo construyó su física, se unió a Marina Gamba y tuvo tres hijos: Virginia, que nació en 1600; Livia, en 1601, y Vincenzo en 1606; los tres fueron presentados en la pila bautismal con el apellido Gamba.

Estando en Padua Galileo leyó el *Mysterium cosmographicum* de Kepler y entró en contacto epistolar con él, gracias a lo cual sabemos que ya para 1597 Galileo asegura haber adoptado la doctrina de Copérnico y tener muchos argumentos en su favor, los cuales no ha dado a conocer públicamente "... temeroso de la suerte que corrió el propio Copérnico... quien, aunque adquirió fama inmortal, es para una multitud infinita de otros (que tan grande es el número de necios) objeto de burla y escarnio".

En 1609, mientras continuaba sus estudios sobre el movimiento, tuvo noticias de la invención, en los Países Bajos, de un aparato que permitía ver cerca los objetos lejanos. Dándose cuenta de la importancia del "telescopio" (nombre acuñado el 14 de abril de 1611 por el filólogo Demisani), Galileo se dio a la tarea de construir uno con sus propios medios, lo cual consiguió rápidamente. Lo presentó al Senado de Venecia para obtener apoyo económico, y se dedicó a apuntarlo al cielo.

El producto de sus observaciones celestes se plasmó en el libro *Sidereus nuncius*, publicado en marzo de 1610 y dedicado al gran duque Cosme de Médicis. En este texto se encuentran sus famosas observaciones telescópicas de la superficie lunar y su anuncio del descubrimiento de cuatro satélites de Júpiter (Ío, Europa, Ganímedes y Calixto), denominados por Galileo "astros mediceos", ya que, como asegura en su dedicatoria a Cosme de Médicis, están "... reservados a tu ínclito nombre...".

El *Sidereus nuncius* anunció una nueva era para la astronomía, ya que aunque al principio Galileo recibió duras críticas por usar el telescopio en cuestiones astronómicas, ya para abril de 1611 fue recibido de manera triunfal en Roma, donde se entrevistó con el mayor astrónomo del mundo católico, el famoso padre Clavius, quien reconoció abiertamente las virtudes del instrumento y su utilidad para la observación astronómica. Fue recibido igualmente por Pablo V y por el príncipe Federico Cesi, influyente personaje del mundo científico romano, quien lo nombró miembro de la *Accademia dei Lincei*.



## LAS LEYES FÍSICAS SE APLICAN EN LA TIERRA Y EN LOS CIELOS



Réplica de uno de los más antiguos telescopios, atribuido a Galileo, expuesto en el Observatorio Griffith de California.

El motor principal de la cosmología moderna es la concepción del universo como un sistema físico con una compleja estructura que además evoluciona. En este sentido, leyes sistemáticas capaces de ser observadas y expresadas en un lenguaje físico-matemático, son las que describen a dicho sistema. Tales premisas fueron cimentadas por **Galileo Galilei**, por lo que puede considerársele el precursor de la cosmología moderna.

Con base en las observaciones del cielo con los telescopios construidos por él mismo, Galileo describe en su célebre libro "*Sidereus Nuncius*" (*El Mensajero Sideral*, 1610) que la Vía Láctea es una estructura compuesta por innumerables estrellas asociadas en complejos sistemas. Éste es posiblemente el primer estudio científico acerca de la estructura del cosmos, del universo. Los descubrimientos de Galileo ofrecían evidencias contundentes de que la cosmología ptoloméico-aristotélica no describía la realidad. El siguiente paso, de acuerdo a sus propios preceptos, sería construir un nuevo modelo descrito por leyes físicas expresadas en el lenguaje de las matemáticas, paso que fue cabalmente dado por sucesores de su legado como Newton y Einstein. Hoy nos encontramos frente a evidencias que apuntan posiblemente a la necesidad de un nuevo modelo del universo; no obstante, el método desarrollado por Galileo sigue siendo el mismo que permitirá el desarrollo de dicho modelo.

VLADIMIR ÁVILA

## Y ENTONCES... ¿CÓMO EXPLICAR LA APARICIÓN DE UNA ESTRELLA NUEVA Y MUY BRILLANTE EN EL CIELO?

Durante su estancia en la Universidad de Padua, Galileo comenzó a estudiar seriamente astronomía. Su primera contribución astronómica ocurre en 1604, y se relaciona con la aparición, a simple vista, de una “estrella nueva” en el cielo. Esto suele suceder cuando estalla una supernova, que aparece como una estrella muy brillante durante unos cuantos días. Galileo interpretó esta observación en términos de la formación de una estrella nueva, lo cual constituía en su época todo un descubrimiento, puesto que evidenciaba que los cielos, hasta entonces “inmutables”, según las ideas de Aristóteles, sufrían cambios.

Galileo postuló que este objeto estaba más lejos que los planetas, y trató (sin éxito) de comprobarlo mediante la determinación de su distancia aplicando la matemática del paralaje. Posteriormente, este método probó su eficacia cuando Friedrich Bessel (1784-1846) logró medir por primera vez la distancia a la estrella 61 Cygni usando el heliómetro, instrumento creado por él mismo. En 1609, cuatro años después de la observación de la supernova y como consecuencia del descubrimiento de las lentes en Holanda, Galileo construye su primer telescopio, y a partir de ese momento comienza a realizar observaciones en el cielo nocturno, además de continuar implementando mejoras a su nuevo instrumento.

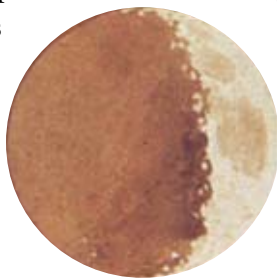
ERIKA BENÍTEZ

Para estas fechas, Galileo ya se había mudado a Florencia, pues había sido nombrado “gran matemático y filósofo de la corte de los Médicis”, y desde ahí continuó sus observaciones telescópicas, que reportaba en forma de anagramas y según las cuales Saturno tenía dos satélites (en realidad se trataba de los anillos) y Venus presentaba fases como la Luna. Igualmente, en 1613 publicó, bajo los auspicios de la *Accademia dei Lincei*, su libro *Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari*, en el que defiende el “... gran sistema copernicano, a favor de cuya revelación universal soplan ahora propicias brisas que nos disipan todo temor de nubarrones o vientos cruzados”.

En diciembre de este mismo año ocurrió un evento que tendría particular importancia en la historia del copernicanismo. En un

desayuno con la duquesa Cristina de Lorena, madre de Cosme, el padre Castelli, amigo de Galileo, se enfrascó en una discusión con el doctor Boscaglia, profesor de filosofía, sobre los problemas teológicos que conlleva el aceptar el heliocentrismo, con el consecuente movimiento de la Tierra. Cuando Castelli le escribió a Galileo contándole esta anécdota, éste empezó, inmediatamente, la redacción de una *Lettera a Castelli*, que para 1615 se había convertido en la *Lettera a Madama Cristina de Lorena, Granduchessa di Toscana*, en la que Galileo decía, entre otras cosas, que “...es costumbre de las Escrituras decir muchas cosas que son diferentes de la verdad absoluta...” y que a “... las conclusiones físicas, las cuales han demostrado ser verdaderas, no se les debe dar un lugar más bajo que a los pasajes escriturales, sino que uno debe aclarar cómo dichos pasajes no son contradictorios con tales conclusiones...”.

Pareciera que Galileo desconocía que en el Concilio de Trento (1545-1563) se había prohibido, explícitamente, la interpretación libre de las Escrituras, aunque en la propia carta Galileo mostraba su conocimiento de tal prohibición. Pero

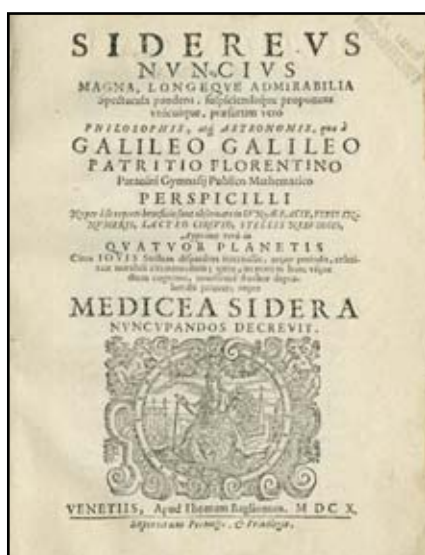






argumentaba que el mandato conciliar se refería a “... aquellas proposiciones que son artículo de fe o involucran a la moral...” y que “... el movimiento o reposo de la Tierra o del Sol no son artículo de fe y no están en contra de la moral...”, con lo que no sólo se consideraba en libertad para interpretar las Escrituras, sino que además, explicaba cómo debían interpretarse los acuerdos del Concilio de Trento. Como remate, Galileo terminaba el escrito explicando, desde un punto de vista copernicano, el milagro de Josué, que era el ejemplo principal para quienes aducían que el planteamiento heliocéntrico era contrario a las Escrituras. En este caso, llama la atención que, aunque el planteamiento de Galileo era que las Escrituras no debían interpretarse de manera textual, su explicación de dicho milagro se apegaba al sentido literal del texto.

El resultado de las cartas, que circularon profusamente, fue que Galileo fuera acusado ante el Tribunal del Santo Oficio. Aunque los procedimientos se realizaron secretamente, sin la participación de Galileo, sus amigos romanos lo mantenían al tanto de los rumores y las advertencias que de manera indirecta hacían



personajes tan relevantes como el cardenal Bellarmino, que era el más influyente teólogo del catolicismo y consultor del Santo Oficio. En una carta del 12 de abril de 1615 al padre Foscarini, autor de un libro que pretendía reconciliar la astronomía copernicana con la Biblia, Bellarmino decía: “... me parece que vuestra reverencia y el señor Galileo obráis prudentemente cuando os contentáis con hablar de manera hipotética y no absoluta...”, para más adelante señalar que “...de contarse con una prueba real de que el Sol está en el centro del Universo, y la Tierra en la tercera esfera... deberíamos proceder en tal caso con gran circunspección para explicar pasajes de las Escrituras que parecen enseñar lo contrario... Pero no creo que exista tal prueba, puesto que nadie me la ha mostrado.... Y, en caso de duda, no puede uno abandonar las Sagradas Escrituras tal como las expusieron los Santos Padres...”.

Para diciembre de 1615, Galileo decidió ir a Roma a defender, de viva voz, sus planteamientos. Como no le fue fácil entrevistarse con altos cargos eclesiásticos, debió contentarse con tratar con intermediarios, razón por la cual en enero de 1616 le envió al cardenal Orsini la que consideraba la prueba definitiva del movimiento de la Tierra: su teoría de las mareas.

El 24 de febrero de 1616, el veredicto del Santo Oficio señala que la proposición relativa al heliocentrismo es “... necia y absurda... desde el punto de vista filosófico, a la vez que formalmente herética...”, y que la relativa al movimiento de la Tierra “... merece idéntica censura... desde el punto de vista filosófico, mientras que desde el punto de vista teológico es cuando menos errónea por lo que respecta a la fe”.

Tras este dictamen, el Papa le solicitó a Bellarmino que notificase a Galileo la prohibición de seguir sosteniendo y defendiendo las proposiciones censuradas, y que en caso de que no estuviese dispuesto a acatar la decisión, el comisario general de la Inquisición le ordenaría que no sostuviese, defendiese ni enseñase dichas proposiciones, pues de lo contrario la Inquisición procedería en su contra. Llama la atención que en la primera parte del encargo del Papa a Bellarmino no se habla de la prohibición de enseñar, mientras que en la segunda, en la que aparece el comisario general de la Inquisición, la prohibición sí dice, explícitamente, “enseñar”.

El 5 de marzo de 1616, la Congregación General del Index publicó un decreto en el que señalaba que la doctrina que plantea la inmovilidad del Sol y el movimiento de la Tierra es falsa y opuesta a las Sagradas Escrituras, por lo que “... para que esta opinión no continúe difundándose para perjuicio de la

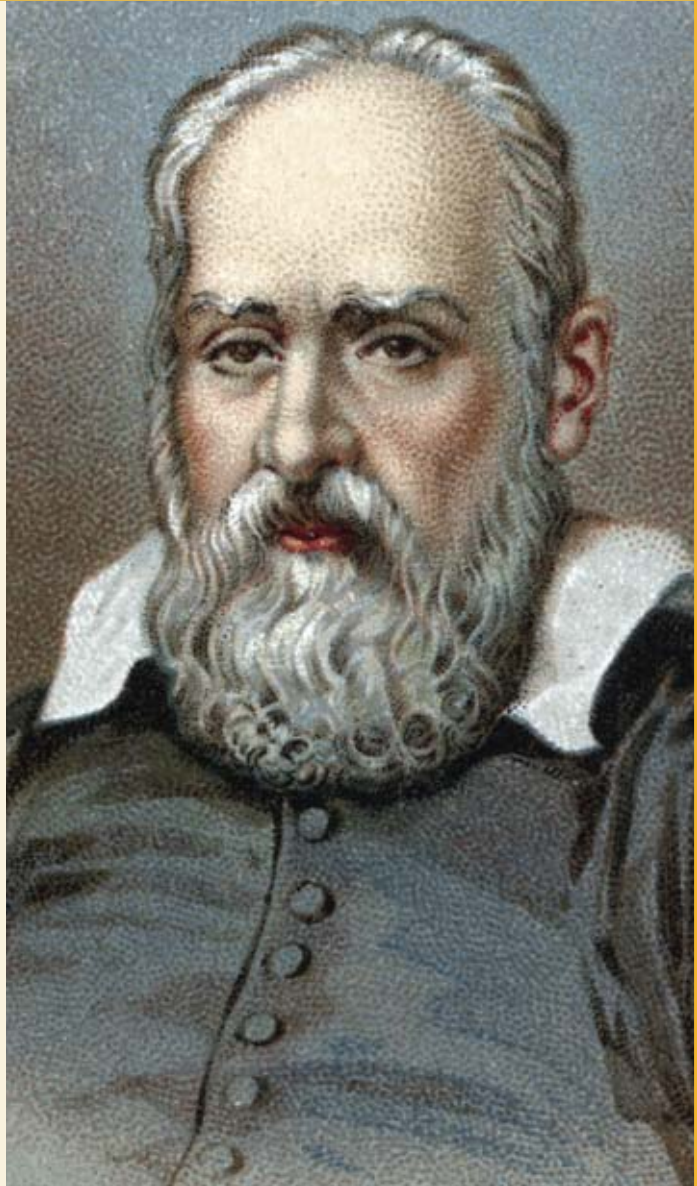
## LA TECNOLOGÍA Y LOS NUEVOS DESCUBRIMIENTOS

Galileo es considerado el padre de la astronomía observacional moderna. Su notable mejora del telescopio óptico, que fue concebido por el fabricante de lentes germano-holandés Hans Lippershey, supuso el primer salto tecnológico en la historia de la astronomía.

Gracias al incremento en la magnificación y la calidad de las imágenes obtenidas con el invento, de tres a 32 aumentos, Galileo pudo descubrir las lunas de Júpiter y el movimiento orbital a su alrededor, y descomponer la Vía Láctea en multitud de estrellas, descubrimientos revolucionarios en su época que jamás podrían haber sido realizados a simple vista y que evidenciaban que ni la Tierra ni el Sol eran el centro del universo.

La astronomía moderna no ha dejado de fomentar la generación de nuevas tecnologías y de explorar las ventanas observacionales abiertas por las mismas desde este primer gran paso. Nuevos y más poderosos telescopios ópticos y otros instrumentos receptores de luz nos han llevado al descubrimiento de las galaxias, su medio difuso, sus agrupaciones y cúmulos, y a darnos cuenta de que el universo está en expansión.

Otras tecnologías han posibilitado la recepción de ondas electromagnéticas que se encuentran fuera del tradicional intervalo óptico, como las ondas de radio, los rayos X, y más recientemente las ondas milimétricas. A través de ellas, en la segunda mitad del siglo XX se han abierto otras ventanas de observación con descubrimientos asombrosos, como los chorros relativistas de materia, el acrecentamiento de los hoyos negros o el fondo cósmico de radiación, reliquia de la primera gran explosión. Al igual que en la época de Galileo, se espera que la nueva tecnología que inauguramos en esta década abra nuestros ojos y nuestras mentes a nuevos horizontes del universo en el que vivimos, y que esto nos ayude a desafiar las convenciones científicas establecidas para poder comprenderlo y comprendernos mejor.



DAVID HUGHES E ITZIAR ARETXAGA

verdad católica, la Santa Congregación ha decretado que la obra *De revolutionibus orbium coelestium*, del citado Nicolás Copérnico, y *Sobre Job*, de Diego de Zúñiga, queden suspendidas hasta que se les corrija...”.

Galileo se mantuvo alejado de la astronomía hasta 1618, año en que aparecieron tres cometas. En 1619 Oratio Grassi publicó un tratado sobre los cometas en el que se acogía a las explicaciones de Tycho Brahe, el cual fue contestado por Mario Guiducci, amigo de Galileo, en una conferencia que finalmente se convirtió en el libro *Discorso delle comete*, que atacaba la posición de Grassi. Los jesuitas vieron, seguramente con razón, la mano de Galileo tras el escrito de Guiducci, y contestaron en la *Libra astronomica ac philosophica*, firmada por Lotario Sarsi Sigensano, anagrama de Oratio Grassi Salonensi. En este escrito se atacaba abiertamente a Galileo, haciendo a un lado a Guiducci, lo que provocó que Galileo empezara a redactar su respuesta, en la cual trabajó hasta 1623, año en que apareció bajo el título *Il saggliatore*, que representa, más allá

de su objetivo específico de discurrir sobre los cometas, una extraordinaria puesta en discurso de la vasta concepción metodológica galileana. Como antes de que se publicara el libro fue elegido como papa Maffeo Barberini, quien además de ser florentino era un hombre con merecida fama de intelectual, Galileo se lo dedicó.

Galileo consideró que con la llegada del nuevo papa, conocido por la posteridad como Urbano VIII, soplaban tiempos de libertad. Por esto se abocó, desde 1624 hasta 1630, a redactar la que es considerada, por diversas razones, la más famosa de sus obras: el *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, tolemaico e copernicano*. El título que Galileo había planeado era *Dialogo sulle maree*, pues seguía pensando que su teoría de las mareas era el argumento clave a favor del heliocentrismo. Después de muchas dificultades, el libro apareció publicado a principios de 1632, pero para agosto de ese año fue confiscado por la Inquisición, y el primero de octubre Galileo fue citado a comparecer, a lo largo de ese mes, en Roma.

Galileo no se presentó inmediatamente, aduciendo problemas de salud, lo cual molestó a las autoridades eclesiásticas, que en enero de 1633 le enviaron al inquisidor de Florencia una carta en la que señalaban que en la “... Congregación del Santo Oficio se ha comentado desfavorablemente que Galileo no





haya obedecido prontamente al mandato de acudir a Roma... por tanto... si no obedece en seguida se enviará ahí un Comisario con medios para detenerlo y conducirlo a las cárceles de este supremo Tribunal, ligado con hierros si es preciso...”.

El 20 de enero Galileo partió hacia Roma, aunque no llegó ahí sino hasta el 13 de febrero, dos días antes de su cumpleaños número 69. Se hospedó en casa de Nicolini, el embajador toscano, y recibió orden de comparecer el 12 de abril ante el Tribunal del Santo Oficio. El tiempo que medió entre el primer interrogatorio y el segundo, el 30 de ese mismo mes, Galileo estuvo en calidad de prisionero, no en las cárceles del Santo Oficio sino en las habitaciones del fiscal. En ese segundo interrogatorio, Galileo hizo una declaración en la que reconoce que su libro *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* parece defender el copernicanismo, aunque esa no era su intención. Hecha esta confesión, se le permitió regresar a casa del embajador Nicolini hasta el 10 de mayo, en que fue convocado nuevamente. En esa ocasión presentó una defensa escrita en la que terminó pidiendo clemencia.

El 21 de junio Galileo volvió a comparecer y fue sometido a un riguroso examen en el que declaró no tener ni haber tenido “...esta opinión de Copérnico desde que me fue ordenado que la abandonara; por lo demás, estoy aquí en sus manos, hagan lo que les plazca”. Al día siguiente le fue leída la senten-

cia, que sólo fue firmada por siete de los diez jueces. Establecía que Galileo fue encontrado “vehementemente sospechoso de herejía”, que era un término legal que no consistía en la sospecha de un crimen, sino que constituía una categoría específica de crimen, e incluía su prisión formal y la prohibición de su libro, además de algunas “saludables penitencias”.

Oída la sentencia, en la sala del convento de Santa María de Minerva, Galileo, de rodillas, pronunció su abjuración pública: “Yo Galileo Galilei, hijo del difunto Vincenzo Galilei, florentino, de setenta años de edad, constituido personalmente en juicio y arrodillado ante vosotros, eminentísimos y reverendísimos cardenales de la Iglesia Universal Cristiana, inquisidores generales contra la malicia herética, teniendo ante mis ojos los Santos y Sagrados Evangelios que toco con mis manos, juro que he creído siempre, que creo ahora y que, Dios mediante, creeré en el futuro todo lo que sostiene, practica y enseña la santa Iglesia Católica Apostólica Romana... Yo Galileo Galilei, supraescrito, he abjurado, jurado, pro-



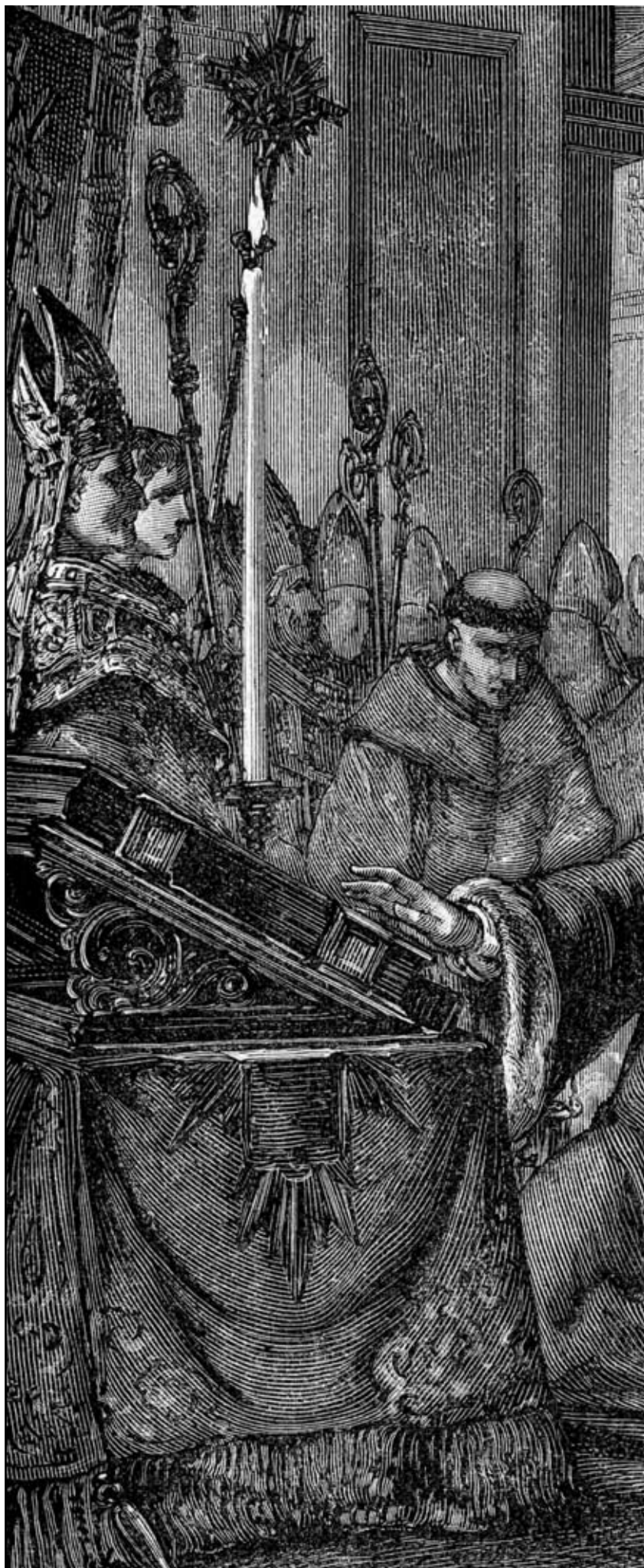


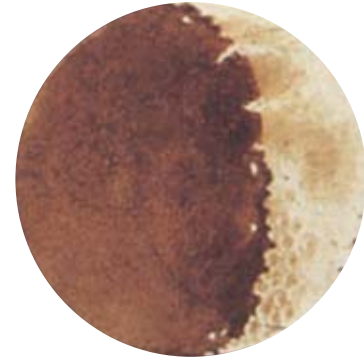
metido y me he obligado como figura más arriba; y en testimonio de la verdad he escrito la presente cédula de abjuración y la he recitado palabra por palabra en Roma, en el convento de Minerva, este 22 de junio de 1633”.

La prisión formal de la sentencia se convirtió, a partir del 30 de junio, en confinamiento en casa del Arzobispo de Siena y más tarde se le permitió a Galileo trasladarse a su villa en Arcetri, donde regresó al trabajo de la que había sido su pasión de juventud, antes de entrar en su lucha por el copernicanismo: la física terrestre.

Para 1636, Galileo tiene terminados los *Discorsi e dimostrazione matematiche intorno a due nuove scienze, attinenti alla meccanica e i movimenti locali*, en los que, en las primeras dos jornadas, se convierte en precursor de la física de materiales, y en las inmortales tercera y cuarta jornadas funda la moderna ciencia del movimiento, con la construcción de su cinemática. Fueron publicados en 1638, en Leyden.

La noche del 8 de enero de 1642, a la edad de 77 años y casi once meses, fallece Galileo en Arcetri, y sus restos son trasladados a Flo-





rencia para ser enterrados en la iglesia de la *Santa Croce* junto a los de, entre otros, Miguel Ángel.

La vida de Galileo parece resumirse en las palabras de su padre: “Yo deseo... que se me permita plantear cuestiones libremente... pues esto es lo que verdaderamente conviene a quienes buscan la verdad de las cosas”.

**José E. Marquina** es profesor titular en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Su área de investigación es la historia y filosofía de la física, en particular el análisis de modelos de cambio científico, así como los desarrollos de la física en los siglos XVI y XVII. Es licenciado en física por la UNAM, y obtuvo su doctorado en humanidades (historia y filosofía de la ciencia) en la Universidad Autónoma Metropolitana.

marquina@servidor.unam.mx