

Contribución de los jesuitas a la ciencia en los siglos XVI al XVIII

Agustín Udías Vallina

Arbor CLXVII, 657 (Septiembre 2000), 207-228 pp.

Introducción

Poco tiempo después de que la Compañía de Jesús fuese fundada en 1540 por San Ignacio de Loyola, se estableció en Messina en 1548 su primer colegio y algo más tarde en 1551, el Collegio Romano, que serviría de modelo a los numerosos colegios jesuitas, cerca de 850 en Europa, que existían a finales del siglo XVIII. El método de enseñanza en estos colegios se basaba en el empleado en la Universidad de París en la que habían estudiado San Ignacio y sus primeros compañeros entre 1525 y 1536. Este método, llamado «modo parisiense» se convirtió, una vez adaptado por los jesuitas, en el «orden romano» que cristalizó en la «Ratio Studiorum», publicada primero en 1586 y en forma definitiva en 1599 y que sirvió de guía a la enseñanza en todos los colegios. En ella se regula la enseñanza de los colegios y entre las disciplinas se establece la enseñanza de las matemáticas, que comprendía además la astronomía, mecánica y óptica. Esta enseñanza era obligatoria para todos los colegios en los que hubiera filosofía.

Durante este mismo tiempo comienza el desarrollo de la ciencia moderna. En 1543, el mismo año de su muerte, se publica la obra de Copérnico, «De revolutionibus» que establece por primera vez el sistema astronómico heliocéntrico. Entre 1576 y 1601 Tycho Brahe llevó a cabo sus observaciones astronómicas y desterró las ideas aristotélicas de la inmutabilidad de los cielos y las esferas cristalinas. Basándose en estas observaciones Kepler propuso sus tres leyes del movimiento de los planetas y publicó su «Astronomía Nova» en 1609. En 1610 y 1638 se publicaron las dos obras más importantes de Galileo, el «Discurso» y «Los diálogos». En 1637 Descartes publica su «Discurso del Método» con los apéndices de geometría y óptica y en 1644 los

«Principios de Filosofía» con su sistema del mundo. Finalmente en 1687, Newton publicó «Principia Mathematica» y en 1704 la «Optica». De esta forma entre 1534 y 1704 se establecen los fundamentos de la ciencia moderna, sobre todo en astronomía, mecánica y óptica. En ellos se abandona definitivamente la ciencia medieval, basada en la física aristotélica y el sistema geocéntrico, y se introduce definitivamente en el método científico, el análisis matemático y su fundamento en el experimento y la observación.

Dada esta simultaneidad entre la labor de los primeros profesores jesuitas y el comienzo de la ciencia moderna, cabe preguntarse si hubo alguna relación entre ellos. Una pregunta parecida, ¿Han sido los jesuitas pioneros de la ciencia? se hace el historiador de la ciencia Pierre Thuiller¹. Después de analizar el papel de los científicos jesuitas en los siglos XVI y XVII, reconoce que su papel fue muy importante en la introducción de las disciplinas matemáticas en la ciencia. Este es uno de los fundamentos de la ciencia moderna que desde los trabajos de Galileo se expresa en el lenguaje matemático. Concluye Thuiller que aunque los jesuitas no inventaron la ciencia moderna sí contribuyeron a su desarrollo y trataron de darle una adecuada teoría de la ciencia, al insistir en el uso de las matemáticas, considerándola como verdadera ciencia y examinar su relación con los experimentos².

No cabe duda, como veremos mas adelante que los colegios jesuitas dieron desde el principio una gran importancia a la enseñanza de las matemáticas y su aplicación a las ciencias y los jesuitas científicos de esta época contribuyeron de forma considerable al desarrollo de la ciencia moderna. Los jesuitas de entonces comprendieron que era muy necesario su presencia y trabajo en el campo de las nuevas ciencias, como parte de su trabajo apostólico y aún ahora siguen considerándolo como uno de los ministerios de la Compañía más importantes. De esta manera se formó la tradición científica jesuita y difícilmente se puede encontrar en la Iglesia otra institución con una tradición científica similar³. La historia de la contribución de los jesuitas a la ciencia entre los siglos XVI y XVIII es muy extensa y ha sido tratada por varios autores, aunque falta todavía un estudio completo⁴. Aquí nos limitaremos a presentar solo algunos aspectos de esta contribución, a saber, el desarrollo de las matemáticas y la astronomía, los comienzos de la física matemática, la creación de observatorios y las relaciones entre los jesuitas y Galileo, Kepler, Descartes y Newton.

Matemáticos y astrónomos

El primer profesor de matemáticas del Colegio Romano fue el español Baltasar Torres (1481-1561), pero la figura clave fue Christopher Cla-

vius⁵ (1537-1612) que se incorporó como profesor en 1564. Su larga carrera docente de casi cincuenta años marca profundamente el estudio de las ciencias en los colegios jesuitas. Clavius contribuyó a la redacción de la *Ratio Studiorum* insistiendo en que en el programa de estudios se diera la misma relevancia a las asignaturas de ciencias que a las demás. Advierte la importancia que las matemáticas están empezando a tener en los estudios de su época y comenta que «sería muy triste que la Compañía quedase rezagada». Para Clavius la filosofía natural, lo que hoy llamamos ciencias naturales, quedará manca e imperfecta sin la ayuda de las matemáticas, insiste en que haya a lo menos dos profesores de matemáticas en cada colegio y en que se creen academias de matemáticas para los alumnos más aventajados⁶. Aunque suele ser más conocido por su participación en la reforma del calendario promovida por Gregorio XIII en 1582⁷, su labor más importante fue la docente y de esta forma fue reconocido como maestro de maestros por los profesores jesuitas de los siglos XVII y XVIII. Su fama como matemático le llevó a ser llamado el Euclides de su siglo. De sus numerosas publicaciones destacan su publicación con comentarios de los «Elementos» de Euclides (1574), su «Algebra» (1608) y sobre todo su «Comentario al Libro de la Esfera de Sacrobosco». Este último libro se publicó por primera vez en 1570 y es un comentario muy extenso al manual de astronomía de Juan de Sacrobosco del siglo XIII. En vida de Clavius este libro tuvo seis ediciones, la última en 1611, en las que su autor fue introduciendo referencias y comentarios a las nuevas teorías y observaciones astronómicas. En la edición de 1581 hace la primera mención y crítica de Copérnico, al que reconoce como el restaurador egregio de la astronomía (*astronomiae restitutor egregius*). En la última edición de 1611 analiza los descubrimientos de Galileo y, aunque se mantuvo siempre dentro del sistema geocéntrico, en ella comenta que los nuevos descubrimientos están exigiendo una reforma del sistema astronómico⁸.

Clavius fue el iniciador de una larga tradición de jesuitas matemáticos y astrónomos⁹. Entre ellos citaremos en primer lugar a sus sucesores en el Collegio Romano, Christoph Grienberger (1564-1636) y Orazio Grassi (1583-1654), ambos participaron como veremos en las controversias con Galileo. Grienberger, menos teórico que Clavius introdujo el sistema de montura ecuatorial para el telescopio y empezó un programa de observaciones de posiciones de estrellas, mientras que Grassi es conocido por su estudio de los cometas. Cristoph Scheiner (1573-1650), profesor en Inglostadt y más tarde en Roma, estudió las manchas del sol y su polémica con Galileo sobre la prioridad de este descubrimiento ha empañado injustamente un poco su figura. Su obra «*Rosa Ursina*» es el pri-

mer estudio completo del Sol, realizado usando el telescopio, no solo presenta la presencia de las manchas y su posición, sino otras muchas características como la rotación del Sol, que al principio no admitía, y la inclinación de su eje respecto a la eclíptica¹⁰. Su sucesor en Inglostadt, Johann B. Cysat (1588-1667) fue el primero en observar con el telescopio un cometa en 1618, y estudiar con detalle su trayectoria y estructura y a él se debe también el descubrimiento de la nebulosa de Orión y la primera observación del paso de Mercurio por el Sol en 1631.

El modelo cosmológico vigente durante toda la Edad Media era el geocéntrico «heredado de los griegos» con una mezcla de la física de Aristóteles y la astronomía de Hiparco, transmitida a través de la gran síntesis de Tolomeo. Desde el punto de vista astronómico, la posición de los planetas vista desde la Tierra se simulaba a través de unos elementos geométricos añadidos a las órbitas circulares con centro en la Tierra, como los epiciclos, la excéntrica y el ecuante. Con la publicación de la obra de Copérnico en 1543, se propone el sistema heliocéntrico con el doble movimiento de la Tierra que tenía también sus precursores griegos en la escuela Pitagórica y Aristarco. Todavía sin observaciones que decidieran a favor de uno u otro sistema, el propuesto por Copérnico fue aceptado al principio con dificultad y por algunos, solo como una hipótesis que permitía un cálculo más sencillo de las posiciones de los planetas. Hacia 1609, Galileo, ya conocido por sus innovaciones en el campo de la mecánica, dirigió el recién descubierto y todavía primitivo telescopio hacia el cielo y realizó una serie de descubrimientos, entre ellos, los satélites de Júpiter, las fases de Venus, la forma de Saturno y las montañas de la Luna, que para él demostraban definitivamente la validez del sistema de Copérnico, al que ya hacía tiempo que seguía. Por otro lado, el astrónomo danés Tycho Brahe, a partir de sus precisas observaciones, la observación de una nova y el estudio de un cometa, había desechado las esferas cristalinas celestes y la inmutabilidad de los cielos, exigida por la física de Aristóteles, y propuesto un sistema en el que los planetas giraban alrededor del Sol y éste y la Luna alrededor de la Tierra, que se mantenía quieta en el centro del universo.

La abierta defensa del copernicanismo por parte de Galileo es parte de sus problemas que veremos más adelante, al tratar sus relaciones con los jesuitas. La puesta en el Índice de la obra de Copérnico en 1616 y la condena eclesiástica de Galileo en 1633, representó un obstáculo para el apoyo del heliocentrismo por los astrónomos jesuitas. Había quedado muy claro en estas dos decisiones eclesiásticas que el movimiento de la Tierra era contrario a la letra de las Escrituras y solo podía enseñarse como una hipótesis. Por otro lado, la fuerza de la física aristotélica que se

había introducido en algunas explicaciones teológicas, requería el sistema geocéntrico. En la Congregación General V (1593-1594), bajo el General Claudio Acquaviva, un decreto establece que en filosofía los jesuitas deben atenerse a la doctrina aristotélica y no deben enseñarse doctrinas diferentes. Esta directiva es recordada por Acquaviva en una carta de 1611 y repetida todavía en las Congregaciones Generales XVI (1731) y XVII (1751). Mientras solo se hablase en términos de hipótesis, los jesuitas podían utilizar en sus cálculos cualquiera de los tres sistemas astronómicos vigentes, es decir, de Tolomeo, Tycho Brahe y Copérnico. Sin embargo, a la hora de decidirse por el que representaba la situación real, quedaba excluido el que implicase el movimiento de la Tierra, es decir, el de Copérnico, al menos hasta que no hubiese una demostración definitiva. Pesaba en primer lugar la adecuación a la Escritura, pero también la fidelidad a la doctrina aristotélica. La prohibición del Índice de todos los libros que enseñasen el movimiento de la Tierra de 1616 no se levantó parcialmente hasta 1757, por indicación de Benedicto XIV y de forma completa hasta 1835¹¹. La aceptación universal del sistema de Copérnico fue en realidad más lenta de lo que se piensa y no solo en el ámbito católico¹². Hasta principios del siglo XVIII, muchos astrónomos presentaban juntamente los sistemas de Copernico y Tycho Brahe. La mayoría de los astrónomos jesuitas, ya desde los primeros discípulos de Clavius, optaron por el sistema de Tycho Brahe¹³.

Giovanni Baptista Riccioli (1598-1671), profesor en Parma y Bolonia, cuya fama como astrónomo se extendió pronto, fue solicitado a hacer una defensa del sistema geocéntrico y publicó en 1651 los dos volúmenes del «*Almagestum Novum*» y en 1665 el suplemento «*Astronomia Reformata*». En estas obras, con una gran erudición, desarrolló los fundamentos de todas las teorías astronómicas de su tiempo. Aunque considera el sistema de Copérnico como el mas bello, el mas simple y el mejor imaginado, no puede aceptarlo y se decide por una modificación del sistema de Tycho Brahe en la que Mercurio, Venus y Marte giran alrededor del Sol, éste alrededor de la Tierra que se mantiene quieta en el centro del universo y en torno suyo giran también la Luna cercana a ella y muy alejados Júpiter y Saturno. Aunque algunos han querido ver en Riccioli un copernicano secreto, no creo que esto se ajuste a la realidad, ya que en él pesaba mucho la fuerza de la interpretación literal de la Escritura, la prohibición eclesiástica y los postulados de la física aristotélica. La obra de Riccioli tuvo una gran aceptación y fue utilizada en los colegios jesuitas como sustituto de la de Clavius, hasta finales del siglo XVIII.

No deja de ser lamentable que las decisiones eclesiásticas sobre el movimiento de la Tierra situaran a los astrónomos jesuitas de esta épo-

ca, en cierta manera, en la vía muerta del geocentrismo. Es difícil de decidir hasta que punto los astrónomos jesuitas aceptaron personalmente el sistema de Copérnico, pero debido a la prohibición eclesiástica no se pronunciaron sobre ello, ya que no hay testimonios directos de ello. Uno indirecto es la carta del mecenas Nicolas Fabri de Peiresc a Pierre Gassendi de 1633, en la que le cuenta que el P. Kircher había dicho que tanto el P. Malapert como el P. Clavius no desaprobaban la opinión de Copérnico ni se alejaban de ella y que el P. Scheiner y el mismo Kircher no se conformaban a la doctrina aristotélica, sino es a la fuerza y por obediencia¹⁴. Es difícil juzgar la veracidad de esta afirmación que pondría en tela de juicio la honradez intelectual de los jesuitas. Ya hemos dicho que en el caso de Clavius, y muy probablemente de Scheiner también, nunca hubo ningún intento de apartarse del geocentrismo, que seguía siendo la opinión general de los astrónomos hasta bastante más tarde.

El número total de profesores jesuitas de matemáticas en Europa es difícil de calcular. Entre 1600 y 1773, en Francia, en 29 colegios hubo unos 620 y en Alemania (Alemania, Austria, Bélgica, Holanda y República Checa) en 42 colegios unos 900, aunque algunos lo fueron por poco tiempo¹⁵. Es difícil dar nombres, sin dejar muchos otros sin mencionar, pero nos limitaremos a los que nos parecen más representativos. Además de los ya mencionados y los que aparecerán más adelante por contribuciones de otro tipo, brevemente podemos citar a los que destacan por su obra puramente matemática. Grégoire de Saint-Vicent (1584-1667) tuvo una gran producción de textos aunque su labor quedó ensombrecida por haber creído que había encontrado la solución al problema de la cuadratura del círculo. Claude Richard (1588-1664) fue profesor en el Colegio Imperial de Madrid durante 28 años y preparó textos de comentarios a los libros clásicos como los de Euclides y Apolonio. Una mención especial merece Girolamo Sacheri (1677-1733) profesor en las Universidades de Pavía y Milan, precursor de las geometrías no euclídeas que desarrolló con extraordinario rigor. Giuseppe Asclepi (1706-1776) en Roma y Vincenzo Ricatti (1707-1775) en Bolonia fueron autores de varias obras de matemáticas y astronomía. Entre los españoles destacan los profesores del Colegio Imperial de Madrid, José Zaragoza (1627-1679) que publicó varias obras entre ellas «Esfera común, celeste y terráquea» (1674) y «Geometriae magnae in minimis» (1674) donde expone un método sobre la determinación del centro de gravedad de las figuras y Tomás Cerdá (1715-1791) uno de los primeros que introdujo la física y el cálculo diferencial e integral newtonianos en España.

La física matemática

Uno de los aspectos más importantes del inicio de la ciencia moderna es la introducción del uso del lenguaje matemático y del fundamento en la experimentación, con el consecuente abandono del análisis cualitativo y el comentario de textos, que caracterizaba a la física aristotélica medieval. Aunque desde el siglo XIV se empiezan a aplicar las matemáticas a la física, es a partir del siglo XVI que este tipo de análisis se generaliza. Galileo es uno de los grandes propulsores de este cambio, que daba origen a lo que él llamó la nueva ciencia, y que refleja el hecho, como él lo formuló, de que la naturaleza está expresada en el lenguaje geométrico. Los jesuitas empiezan sus colegios precisamente en el tiempo en el que se empieza a dar este cambio fundamental sobre todo en la física. La contribución de los jesuitas a este proceso ha suscitado recientemente un gran interés¹⁶. Así como en los pioneros de la nueva ciencia como Galileo, Kepler, Descartes y Pascal, por solo citar unos pocos, el proceso implicaba un abandono total de la física aristotélica, en los jesuitas se da una solución de compromiso, en la que ésta se mantiene con el nombre de física, pero se separa de lo que ellos llamaban matemática aplicada, en la que se incluía la astronomía, óptica, mecánica y aplicaciones a otros fenómenos como los eléctricos y magnéticos. Hoy llamaríamos de alguna manera a la primera filosofía de la naturaleza y a la segunda física matemática o simplemente física.

Los matemáticos jesuitas establecen claramente esta distinción que les separa de los físicos, hoy diríamos filósofos de la naturaleza. En sus disciplinas matemáticas consideran solamente los aspectos cuantitativos de los fenómenos físicos, dejando las causas físicas y la naturaleza esencial de estos procesos a los físicos. Esta distinción les permitía proponer experimentos que interferían con los procesos naturales, utilizar instrumentos y prescindir de la estricta distinción entre lo natural y artificial que es parte del análisis aristotélico¹⁷. Por otro lado, esta era una solución pragmática que les permitió dedicarse a la naciente física matemática, sin negar la física aristotélica que estaba tan ligada con algunas interpretaciones teológicas y que las autoridades de la orden insistían en su mantenimiento, como hemos visto. También les permitía no entrar en los problemas espinosos sobre la realidad física o las causas esenciales que dejaban a los físicos.

Los matemáticos jesuitas entraron también desde el principio, en el problema de la justificación del uso de la matemática en la física y si ésta constituía una verdadera ciencia en el sentido aristotélico, es decir, si a través de ella se llegaba a demostraciones ciertas. Muchos filósofos ne-

gaban esta condición, relegando la matemática y sus aplicaciones a la física a una especie de ciencia de segunda clase. Clavius trata ya el problema en su obra «De sphaera» defendiendo el carácter estricto de ciencia de la matemática, pero el que desarrolla más él problema es Giuseppe Biancani (1566-1642), profesor en el colegio de Parma, en su obra «De mathematicarum natura dissertatio» (1615) y su aplicación a la astronomía en «Sphaera Mundi» (1620)¹⁸. Biancani distingue entre fenómeno y observación, el primero evidente a todos en la experiencia ordinaria y el segundo obtenido a través de instrumentos y experimentos concretos. Lo mismo hace Scheiner en su obra «Oculus» (1619) en cuyo prefacio expone que la óptica, que puede ser llamada verdadera y propiamente una ciencia, tiene mucho en común pero se distingue de la física¹⁹. Uno de los aspectos más interesantes de estas ideas era la forma en que los enunciados de la física matemática eran justificados por las observaciones y experimentos. No solo la matemática aplicada era verdadera ciencia, sino que su valor demostrativo era superior al de la entonces denominada física.

El campo de la física matemática en el que los jesuitas destacaron más es, sin duda, el de la óptica. En él se debe destacar a Francisco de Aguilón (1567-1617)²⁰ de padres españoles nacido en Bruselas y profesor en el colegio de Amberes. Su obra «Opticorum Libri Sex» (1613) incluye ilustraciones de Rubens y destaca por su teoría de los colores y la visión binocular. El autor más importante, sin embargo, es Francesco Maria Grimaldi (1613-1663), profesor en el colegio de Bolonia. Su obra «Physico-mathesis de lumine, coloribus et iride» (1665) fue publicada después de su temprana muerte por su antiguo maestro Riccioli, lo mismo que uno de los primeros mapas de la Luna en el que colaboró con su maestro²¹. La óptica de Grimaldi trata prácticamente todos los aspectos sobre la luz y su propagación. Los dos temas en los que fue un verdadero innovador fueron el estudio de las interferencias de la luz y sobre todo la difracción, de la que fue el primero en tratarla y a la que dio su nombre. Newton le cita varias veces en especial en su *Optica* en la que trata el mismo fenómeno de la difracción sin utilizar este nombre²². Otros jesuitas notables por sus trabajos en óptica son los franceses Ignace Gaston Pardies (1636-1673), autor de una obra popular de geometría «*Elements de Geometrie*», que dejó sin terminar su «*Trait, complet d'optique*». Pardies mantuvo una controversia con Newton sobre la teoría de los colores, como veremos más adelante y mantuvo relación con Huyghens. Pierre Ango (1640-1694) publicó en 1682 su «*Optique*» en la que utilizó partes de la obra de Pardies y en la que trató también la acústica, considerando el sonido como vibraciones y oscilaciones del aire. Finalmente el italiano

Tomasso Zuchi (1586-1670) en su «*Optica philosophica experimentalis*» (1656) propone diversas soluciones para mejorar el telescopio entre ellas sugiere la utilización de espejos²³.

Otro campo en el que participaron numerosos jesuitas de esta época es el estudio del magnetismo²⁴. El primero fue Leonardo Grazoni (1567-1592) quien hizo experimentos con imanes, su obra quedó inédita, aunque fue utilizada por Cabeo. Athanasius Kircher²⁵ (1601-1608), profesor de matemáticas en el Collegio Romano y autor polifacético que trató numerosos temas además del magnetismo como la óptica, musicología e intentó descifrar la escritura jeroglífica, influyó en las ideas sobre el interior de la Tierra durante los siglos XVII y XVIII, con su obra «*Mundus Subterraneus*», publicada en 1664²⁶. En esta obra describe el interior de la tierra con una serie de conductos de fuego que conectan los volcanes con un fuego central y a los que son debidos las erupciones y los terremotos. En su obra «*Ars Magnetica*» (1653) describe extensamente las propiedades magnéticas y recoge numerosas observaciones de medidas de la declinación magnética, realizadas por misioneros jesuitas en su viajes a oriente y occidente. Más interesado en el aspecto físico fue Niccolo Cabeo (1586-1650) en su «*Philosophia magnetica*» (1629) quien aunque insiste en que está haciendo física y no matemáticas, utiliza en sus demostraciones argumentos geométricos.

Una obra completa de física es la de Honoré Fabri (1607-1688), profesor del colegio de Avignon, «*Physica, id est, scientia rerum corporearum*» (1669) que se aparta en muchos aspectos del aristotelismo y adopta en muchos casos un corpuscularismo que le acerca a Descartes y Gassendi. Mas tarde, ya en el siglo XVIII, la figura mas relevante es Roger Josep Boscovic²⁷ (1711-1787) que adoptó la física newtoniana y propuso, en su obra mas importante «*Philosophiae Naturalis Theoria*» (1758), una teoría atómica en la que los átomos son centros de fuerzas sin dimensiones. Además de las fuerzas de atracción gravitacional entre los átomos postula una de repulsión que solo actúan cerca de los átomos, reduciendo todas la fuerzas de la naturaleza a una sola ley. Cerca de los átomos las fuerzas de repulsión y atracción alternan y lejos de ellos se anulan las de repulsión, quedando solo las de atracción que se rigen por la ley newtoniana del inverso del cuadrado de la distancia. Boscovic realizó además varios trabajos de geodesia y astronomía. En 1751 realizó junto con Christopher Maire (1697-1767) la medida de un grado de latitud entre Roma y Rimini y en su obra «*Dissertatio de telluris figura*» sugiere que la forma de la tierra puede depender de la longitud. En 1765 fue elegido miembro de la Royal Society de Londres. Su influencia en el siglo XIX fue importante y de él dijo Mendeleev, «Boscovic es, junto con

Copérnico, el orgullo de los pueblos eslavos; puede ser considerado como el fundador del atomismo moderno»²⁸.

El establecimiento de observatorios

El desarrollo de la astronomía requiere la instalación de lugares estables de observación lo que motiva la creación de los primeros observatorios. De los mas antiguos en Europa es el instalado por Tycho Brahe en Uraniborg en 1580. Los dos primeros mas importantes son el de París en 1667 y el de Greenwich en 1676. Los jesuitas iniciaron sus observaciones astronómicas en el Collegio Romano, ya en los tiempos de Clavius y Grienberger, pero no se llegó nunca a instalar en él del todo un verdadero observatorio. En otros muchos colegios jesuitas de Europa se instalaron observatorios, que en el momento de la supresión de la Compañía en 1773, llegaban al número de 32²⁹. La historia de estos observatorios no está todavía escrita mas que parcialmente³⁰. J.J. Lalande³¹, en 1803, en una relación de observatorios astronómicos cita los fundados en los colegios de la Compañía en Lyon, Marsella, Avignon (Francia), Manhein (Alemania), Viena, Graz (Austria), Tyrnan (Hungría), Praga (Rep. Checa), Vilna (Lituania), Roma y Milán (Italia) dando información sobre sus directores y el trabajo realizado en ellos. Otros observatorios de menor importancia existieron en los colegios de Florencia, Nápoles, Parma, Venecia, Siena, Brescia (Italia), Lisboa, Coimbra (Portugal), Lemberg, Pont-à-Mousson (Francia), Schwetzingen, Ausburg, Wurzburg, Ingolstadt, (Alemania) Breslau, Posen (Polonia), Olmutz (Rep. Checa)³².

El comienzo de estos observatorios es difícil de establecer. Al principio se realizaban observaciones astronómicas en los colegios con pequeños telescopios. De algunos que se establecieron mas formalmente tenemos la fecha de fundación como el de Marsella (1702), Lyon (1704), Lisboa (1722), Praga (1751), Viena (1753), Würzburg (1757) y Parma (1757). En muchos de estos observatorios, además de observaciones astronómicas, se llevaban a cabo también observaciones meteorológicas, como de temperatura, presión atmosférica y humedad. Entre los directores de estos observatorios conviene destacar a Maximilian Hell (1720-1792) en Viena, quien publicó durante varios años sus efemérides astronómicas y realizó una expedición científica a Laponia. Josef Stepling (1716-1778) en Praga, Esprit Pezenas (1692-1776) en Marsella y Laurent Beraud (1702-1772) en Lyon, realizaron, además de observaciones astronómicas sistemáticas, observaciones meteorológicas. Con la supresión de la Compañía en 1773, se interrumpió esta naciente labor científica y

todos ellos o bien pasaron a otras manos, juntamente con los colegios, o como pasó con la mayoría, dejaron de funcionar y quedaron abandonados. Algunos como el de Viena y Praga fueron él comienzo de los observatorios estatales.

Un párrafo aparte merece la labor de los astrónomos jesuitas en China y la India. Matteo Ricci (1522-1610) primer jesuita que penetró en el Imperio Chino cayó en la cuenta de las deficiencias de la astronomía china y de su complicado calendario luni-solar que había acumulado muchos errores³³. Ricci tradujo al chino varias obras de Clavius y echó las bases del trabajo astronómico de sus sucesores. Johann A. Schall von Bell (1592-1666) llevó a cabo la reforma del calendario y fue nombrado por el Emperador director del Observatorio Imperial de Beijing en 1644, con la dignidad de mandarín de primera clase. Desde esta fecha hasta la supresión de la Compañía, los jesuitas mantienen esta posición. Entre ellos destaca Ferdinand Verbiest (1623-1688) que construyó nuevos aparatos de observación para el observatorio y numerosas obras de astronomía en chino entre ellas «Astronomia perpetua Imperatoris Kam Hi» (1683). Verbiest mantuvo durante su vida una posición de gran prestigio en la corte imperial del emperador manchú Kangxi. El último director fue Augustin von Hallerstein (1703-1774) que introdujo los métodos newtonianos para los cálculos astronómicos y mantuvo correspondencia con la Royal Society de Londres y la Academia Imperial de San Petersburgo. Aún después de la supresión, antiguos jesuitas continuaron esta labor hasta 1805.

El trabajo astronómico de los jesuitas en la India es menos conocido, pero no por eso menos importante³⁴. En Chardernagore los jesuitas, bajo la dirección de Claude Stanislaus Boudier (1686-1757), comenzaron en 1730 a hacer observaciones astronómicas, en especial del Sol, con telescopios traídos de Francia, mientras otro grupo lo hacía en Pondicherry. Cuando el rajá de Amber, Sawai Jai Singh, inicia su programa de observaciones astronómicas en 1720, fundando varios observatorios, el más importante en Jaipur, varios jesuitas colaboran en él, entre ellos Boudier que pasó algún tiempo en Jaipur, Andre Strobl (1703-1770) y Joseph Tieffenthaler (1710-1770). La cercanía de la supresión impidió que este trabajo fructificara más. Una misión fracasada fue la enviada desde Francia y con el apoyo de Luis XIV, a petición del rey de Siam Phra Narai, en 1685 para establecer allí un observatorio. La muerte del rey en una revuelta en 1688 impidió ni siquiera el comienzo de los trabajos³⁵. En América, Buenaventura Suárez (1679-1750), instaló un pequeño observatorio astronómico en la reducción de San Cosme y San Damián, en el actual territorio de Rio Grande do Sul, entre 1701 y 1750. En 1744 pu-

blicó su «Lunario de un siglo», con las efemérides del sol y la luna para los años de 1740 a 1840, e instaló dos telescopios y dos cronómetros adquiridos en Inglaterra. Este fue el primer observatorio astronómico instalado en el continente americano³⁶.

Relaciones de los jesuitas con Galileo, Kepler, Descartes y Newton

Como final de este trabajo relataremos brevemente las relaciones que tuvieron los jesuitas con las figuras más prominentes del origen de la ciencia moderna. Entre ellas destacan las que tuvieron con Galileo, y el papel que jugaron en su condena, y a ellas dedicaremos un espacio mayor. La relación entre Galileo y los jesuitas es un tema complejo que ha recibido amplia atención, no siempre carente de animosidad en uno y otro sentido³⁷. Antes de hacer cualquier valoración atengámonos a los hechos. Galileo comenzó a adoptar el sistema de Copérnico hacia 1597, pero no se sintió convencido hasta sus observaciones con el telescopio que publicó en «Sidereus Nuncius» en 1610. Hasta 1611 sus relaciones con los jesuitas fueron buenas y se preciaba de la buena acogida que habían tenido sus descubrimientos entre los jesuitas³⁸. El momento culminante de esta buena relación es la visita de Galileo al Collegio Romano el 13 de Mayo de 1611, en la que se tuvo en su honor una sesión pública en la que Odon van Maelcote, profesor de matemáticas, pronunció el discurso de bienvenida proclamando a Galileo como digno de ser contado entre los astrónomos más célebres y aclamados de su tiempo («inter astronomos nostri temporis et celeberrimos et foelicissimos merito numerandus»). Esta buena relación se romperá pronto con sus dos controversias con Orazio Grassi y Christoph Scheiner y el papel que el Cardenal Belarmino tuvo en la inclusión del libro de Copérnico en el Índice en 1616.

En 1612 Scheiner, profesor en Inglostadt, observa las manchas del Sol que publicó bajo el pseudónimo de Apelles en tres cartas al mecenas de Ausburgo Mark Welser (*De maculis solaribus tres epistulae*). Estas cartas se publicaron y llegaron a Galileo quien creyó ver en ellas una reclamación de la prioridad del descubrimiento que en realidad le correspondía a él, pues mantenía que las había observado en 1610. En realidad, las manchas solares habían sido observadas primero por Johann Fabricius, en Wittenberg, en Diciembre de 1610 y publicado en 1611 en un opúsculo de poca difusión. Con toda justicia se ha de decir que el descubrimiento fue independiente por los tres. Scheiner desconocía las observaciones de Galileo y solo se refería a la prioridad de la publicación de sus observaciones. Galileo, sin embargo, no lo entendió así y creyó que Schei-

ner sí conocía sus observaciones. Galileo publicó sus propias observaciones en 1613 (*Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari*) donde asegura que las había observado en 1610 antes de salir de Padua, lo que es dudoso ya que su primera mención de ellas es en una carta de 1611. En el prefacio de Angelo de Filiis se vierten ciertas velada sospechas contra la sinceridad de Scheiner. Un comentario negativo de Galileo en «*Il Saggiatore*», publicado en 1623, mereció una respuesta dura por parte de Scheiner en su obra definitiva «*Rosa Ursina*», publicada en Roma entre 1626 y 1630³⁹. Las relaciones entre ambos empeoraron, con duras invectivas a Scheiner por parte de Galileo⁴⁰.

En 1618, se pudieron ver en el cielo de Italia tres cometas uno de ellos muy brillante que naturalmente acapararon la atención de todos los astrónomos. Grassi tuvo en el Collegio Romano una disertación sobre este fenómeno con el título «*De Cometæ motu, loco ac magnitudine*» en la que los situaba en la esfera celeste, dándolos la categoría de astros, siguiendo las opiniones ya propuestas por Tycho Brahe y Kepler. Galileo, que por enfermedad no había podido observarlos bien, preparó su «*Discorso sulle Comete*» que firmó su discípulo Mario Guiducci en el que sostenía, de acuerdo con la antigua opinión aristotélica, que los cometas eran exhalaciones o evaporaciones terrestres. En este caso Grassi estaba más en lo cierto y paradójicamente Galileo defendía, en este caso, la opinión aristotélica. Grassi contestó en 1619 con su obra «*Libra astronomica*», firmada con el seudónimo de Lothario Sarsi, un supuesto discípulo de suyo, en la que se dirigía directamente a Galileo y refutaba sus opiniones. Galileo llevó muy a mal esta obra que consideró como un ataque personal y su respuesta no se hizo esperar en «*Il Saggiatore*», publicado en 1623. La obra de carácter polémico dedica muchas páginas a refutar las opiniones de Sarsi, aunque sabía que detrás de este nombre estaba Grassi, usando a veces duras ironía y sarcasmos⁴¹. Grassi volvió a contestar en 1626 con su «*Ratio Ponderum Libræ ac Simbellæ*» continuando con su seudónimo de Sarssi a la que Galileo ya no contestó. Esta controversia que suscitó el carácter vehemente de Galileo acabó por enturbiar sus relaciones con los jesuitas.

A partir de 1611, la postura cada vez más abiertamente copernicana de Galileo empieza a crearle dificultades por parte de algunos círculos eclesiásticos cercanos al Santo Oficio. En este tiempo Roberto Bellarmino (1542-1621), nombrado cardenal por Clemente VIII en 1599 y arzobispo de Capua en 1602, gozaba de un gran prestigio y era miembro de varias congregaciones entre ellas la del Santo Oficio y del Índice. Profesor del Collegio Romano desde 1576 se distinguió por su defensa de la doctrina católica frente a las opiniones de los protestante. Las opiniones

de Galileo empiezan a preocuparle por su relación con la Sagrada Escritura. La carta de Galileo a Castelli sobre la relación entre la ciencia y la Escritura de 1615 le llegó a Bellarmino junto con un escrito del carmelita Paolo Foscarini que defendía el acuerdo entre la Escritura y el heliocentrismo. Bellarmino responde a ambos recomendando prudencia en el tema de la relación entre el sistema de Copérnico y la interpretación de la Escritura. Para Bellarmino, mientras no hubiese una prueba definitiva del movimiento de la Tierra, había que mantener la interpretación literal de los pasajes de la Escritura que hablan de la estabilidad de la Tierra y el movimiento del Sol, y solo cuando se diese esta prueba debería buscarse otro tipo de interpretación. Esta era una actitud prudente, pero Bellarmino entró también en el fondo de la cuestión, apoyando la doctrina filosófica que mantenía la estabilidad de la Tierra. Galileo desarrolló la carta a Castelli en un texto más largo, conocido como «Carta a la Gran Duquesa de Lorena», que hoy se considera una brillante exposición de la relación entre ciencia y religión. Bellarmino no entendió la argumentación de Galileo y siguió insistiendo en que hasta que no hubiera una demostración convincente, solo se podía hablar del sistema de Copérnico de forma hipotética.

En 1615 el Santo Oficio empieza a interesarse por la carta a Castelli, pero no encuentra en ella nada digno de objeción, aunque, al examinar el texto de Galileo sobre las manchas solares, encuentra dos proposiciones sobre el movimiento de la Tierra contrarias a la Escritura. Esto llevó a la condena de estas dos proposiciones y la puesta en el Índice de la obra de Copérnico, con la precisión de «hasta que sea corregido», y las de Foscarini y de Diego de Zúñiga en las que se defendía la congruencia entre esta doctrina y la Escritura. Sin embargo, Galileo no fue condenado y ni siquiera su nombre fue mencionado, pero el Cardenal Bellarmino le avisó el 26 de Febrero 1616 de la decisión de la Congregación del Índice y que no debía enseñar o defender en público la doctrina de Copérnico. El tenor de esta entrevista recibe diferentes interpretaciones en las que la actitud de Bellarmino es juzgada bien como muy estricta y dura o como benévola y comprensiva con Galileo⁴². Esta fue la última intervención de Bellarmino con Galileo ya que murió en 1621, mucho antes del proceso que llevó a su condena en 1633 en el que solo intervino de forma marginal un consultor jesuita Melchior Inchofer.

Pese a las disputas con Scheiner y Grassi, no se puede hablar de una oposición general a Galileo por parte de los jesuitas. Sin embargo, Galileo si lo entendió así, al menos lo da a entender en una carta a Elia Diodati un año después de su condena, en la se queja de que los jesuitas consideran su libro más pernicioso para la Iglesia que los escritos de Lutero

y Calvino, y que no eran sus ideas las que le habían declarado la guerra, sino el hecho de estar en desgracia con los jesuitas. Añade en la misma carta que un amigo suyo había oído decir a Grienberger unos días antes que «sí Galileo hubiera sabido conseguirse el afecto de los padres del Collegio Romano viviría ahora glorioso y tranquilo y podría escribir lo que le pareciera bien, aún sobre el movimiento de la Tierra»⁴³. No es muy probable que esta última frase fuese realmente pronunciada por Grienberger, quien era extremadamente prudente y que a pesar de todo mantuvo siempre una buena voluntad hacia Galileo. Es difícil juzgar ahora los comportamientos por uno y otro lado. Si que podemos lamentar que por un cúmulo de circunstancias entre las que no faltaron los malos consejeros, Galileo creyó no haber recibido el apoyo que esperaba por parte de los jesuitas, y éstos perdieron la oportunidad de haber sido con él los propulsores de la nueva astronomía.

Por el contrario, las relaciones de los jesuitas con Kepler fueron siempre buenas, a pesar de ser éste protestante⁴⁴. En particular gozó de la simpatía de los jesuitas en Graz, Praga y Linz y a veces se hospedó en sus colegios. Paul Guldin (1577-1643), profesor de matemáticas en Viena y Graz, y Albert Curtz (1600-1671), profesor de Ingolstadt, tuvieron un trato más estrecho con él y trataron de su conversión a la Iglesia Católica⁴⁵. Con motivo de este tema Kepler mantuvo correspondencia con ambos. Kepler insistía que, para él, la Iglesia Católica (universal) es la comunidad de todos los bautizados y es una y la misma en todo tiempo. Roma, Wittenberg y Ginebra, eran para él, partes de esta Iglesia universal (católica). Esta actitud le llevó a tener dificultades con su propia Iglesia Evangélica que le negó la comunión. Kepler, hombre profundamente religioso, encontraba en la armonía del universo una expresión de la obra creadora de Dios y se consideraba a sí mismo como un sacerdote de Dios en el libro de la naturaleza. Así reconocía que había querido ser un teólogo, «pero ahora veo como por mis esfuerzos Dios es celebrado también en la astronomía» y se expresaba diciendo «no hay nada que desee investigar más perfectamente y conocer que esto: ¿puedo yo también encontrar a Dios dentro de mi mismo, al que tan fácilmente encuentro cuando contemplo el universo?»⁴⁶. En 1626 el astrónomo jesuita que trabajaba en China, Johannes Terrentius (1576-1630), le escribió una carta en la que le pedía información sobre los nuevos descubrimientos astronómicos y el cálculo de los eclipses. Terrentius se había dirigido antes en 1620 a Galileo con el que había ingresado en la Accademia dei Lincei, sobre este mismo tema, pero nunca recibió una respuesta suya, a pesar de insistir varias veces⁴⁷. Kepler recibió su petición y redactó como respuesta un opúsculo que se publicó en Europa en 1629.

También fueron buenas, en general, las relaciones de los jesuitas con Descartes que había sido alumno suyo en el colegio de La Flèche durante ocho años⁴⁸. Descartes alaba la enseñanza recibida en el colegio de los jesuitas en una carta dirigida a un amigo suyo en 1638, que estaba buscando un colegio para un hijo suyo, diciendo «en ningún sitio se estudia mejor que en los colegios de los jesuitas... Debo rendir este honor a mis maestros, diciendo que no hay lugar en el mundo donde enseñen las matemáticas mejor que en La Flèche»⁴⁹. Descartes mantuvo durante toda su vida una verdadera veneración por sus antiguos maestros y pretendió que los jesuitas adoptaran en sus colegios en Francia sus ideas sobre filosofía natural⁵⁰. La resistencia de los antiguos profesores a cambiar sus métodos tradicionales no desanimaron a Descartes que les mandaba sus escritos rogándoles que los leyesen y le indicasen sus fallos. Entre ellos destacan Etienne Noël (1581-1659) y Antoine Vatiér (1591-1659), profesores en el Colegio de La Flèche. A Descartes le dolió mucho la tesis y el discurso que pronunció Pierre Bourdin (1595-1659), profesor de matemáticas en el Colegio de París, con una crítica dura a su sistema filosófico, aunque al final hiciese las paces con él. Las ideas de Descartes influyeron mucho en el pensamiento de los jesuitas franceses del siglo XVIII, aunque no admitieran completamente su sistema. En 1754, un joven jesuita, el P. Guernard, alabó en un discurso público la obra de Descartes con las palabras: «Apareció en Francia un genio poderoso y audaz que se propuso sacudir el yugo del Príncipe de las Escuelas (Aristóteles). Este hombre nuevo vino a decir a los otros hombres que para, ser filósofo, no basta creer, es necesario también pensar»⁵¹.

Como ya hemos visto la óptica es uno de los campos de la ciencia en que se distinguieron los jesuitas. No es de extrañar que sus relaciones con Newton sean en torno a este tema. En 1672 Newton publicó su primera comunicación sobre sus experimentos con el prisma y su teoría sobre la luz y los colores. En ella proponía que la luz blanca no era simple, sino compuesta por la de todos los colores, idea que chocaba con las generalmente admitidas entonces. Pardies, joven profesor de matemáticas del Colegio de París, al que ya hemos mencionado, escribió una crítica en la que se refería a las ideas de Newton como una «extraordinaria hipótesis» y que se publicó junto con otra de Robert Hooke en las *Transactions* de la Royal Society el mismo año⁵². Newton le contestó molesto por el término «hipótesis», pero admitiendo la crítica y explicando de nuevo el contenido de sus experimentos. Pardies se dio por satisfecho con esta respuesta respondiéndole «Estoy satisfecho con la respuesta del Sr. Newton. La última dificultad que tenía sobre el experimentum crucis ha sido resuelta. Ahora entiendo por su figura lo que no entendí antes.

Cuando el experimento se hace de este modo todo queda claro y no tengo mas deseos».

Este no fue, sin embargo, el final de la controversia de Newton con los jesuitas. En 1674 Francis Line (1594-1675), profesor en el Colegio Inglés de Lieja, que había seguido la correspondencia entre Newton y Pardies interviño, mandando una carta a través del secretario de la Royal Society Henry Oldenburg que fue publicada en las Transactions, cuestionando los resultados del experimento de Newton. Newton contestó y Line insistió una vez más. Line tenía entonces cerca de 80 años y murió al año siguiente. No acabó aquí la controversia, pues un alumno inglés de Line en Lieja de nombre Gascoines escribió de nuevo repitiendo los mismos argumentos. Newton no se molestó con esta nueva intervención y contestó a la carta, insistiendo en que la repetición por parte de Line de sus experimentos no se había hecho de la misma manera. Al año siguiente la controversia fue tomada por Anthony Lucas, sucesor de Line como profesor de física en el Colegio de Lieja, quien contestó a la respuesta dada a Gascoine y mostró que el resultado de sus experimentos no coincidía del todo con los de Newton. La controversia acabó con la respuesta a esta carta por parte de Newton que ya había agotado su poca paciencia. Por otra parte Lucas fue ocupado con otras tareas al ser nombrado rector de los colegios de Watten, Lieja y más tarde del Colegio Inglés de Roma. En su obra definitiva sobre Optica, Newton cita los trabajos de Grimaldi sobre la difracción de la luz en el comienzo de la parte I del libro III «Según cuenta Grimaldo, si dejamos que un haz de luz penetre en una habitación oscura a través de un agujero pequeñísimo, las sombras de las cosas situadas en esa luz serán mayores de lo que debieran serlo si los rayos pasasen bordeando los cuerpos en línea recta»⁵³. Este es un ejemplo, de como Newton tuvo en cuenta los trabajos sobre óptica de los jesuitas, a pesar de que en aquellos años estos no eran muy bien vistos en Inglaterra.

Conclusiones

He tratado brevemente de dar una visión del papel que tuvieron los jesuitas en el inicio y primer desarrollo de la ciencia moderna en los siglos XVI al XVIII. De entre todos los campos hemos tocado solo los de la matemática, astronomía y física. Hemos visto como desde el principio, y debido sobre todo a la influencia y prestigio de Clavius, los colegios de la Compañía situaron las matemáticas en un lugar importante. Debido a la importancia que se seguía dando a la física aristotélica, los matemáticos jesuitas separaron la física estricta (aristotélica) de las ciencias matemá-

ticas (además de las matemáticas, el tratamiento matemático de la astronomía, óptica, mecánica, y otros campos de la física como el magnetismo y la electricidad). Además vindicaron para las ciencias matemáticas la categoría de ciencias en el sentido estricto aristotélico y desarrollaron una teoría sobre su justificación en la experiencia y observación. Aunque debido a la prohibición eclesiástica en 1616 del heliocentrismo, los jesuitas no pudieron públicamente defender esta teoría y adoptaron la cosmología de Tycho Brahe, que mantenía la posición central e inmóvil de la Tierra, su trabajo en astronomía no dejó de ser importante. Por otro lado, como hemos visto, su trabajo pionero en la óptica matemática ocupa un puesto destacado en la historia de esta ciencia.

Los jesuitas instalaron en el siglo XVIII en sus colegios un número importante de observatorios astronómicos en algunos de los cuales se empezaron a hacer observaciones meteorológicas sistemáticas. El trabajo en tierras de misión tuvo también un aspecto científico sobre todo en la imponente saga de los directores jesuitas del Observatorio Imperial de China durante 200 años. Los jesuitas introdujeron en China las matemáticas y astronomía occidental aunque hasta muy tarde se mantuvieron alejados del sistema heliocéntrico. Por otro lado, dieron a conocer la ciencia china en Europa y contribuyeron a este primer intercambio científico entre oriente y occidente. Aunque en menor escala también contribuyeron a la introducción en la India la astronomía occidental.

Los científicos jesuitas mantuvieron relaciones y contactos con las figuras más importantes de la ciencia moderna como Galileo, Kepler, Descartes y Newton. Su relación con Galileo fue a veces difícil, pero no fueron los causantes, como a veces se dice, de su condena. Sus relaciones con Kepler fueron siempre buenas. Descartes reconoció siempre su deuda con la educación recibida de los jesuitas y en Francia muchos jesuitas adoptaron en parte sus ideas. Newton reconoció el trabajo de los jesuitas en óptica y mantuvo una interesante controversia con ellos sobre la teoría de la luz y los colores.

Notas

¹ P. THUILLER, 1988. *D'Archimède à Einstein, les faces cachées de l'invention scientifique*. Chap. 6. *Les Jésuites ont-ils été des pionniers de la science?* Fayard, Paris.

² Este tema que examinaremos mas adelante ha recibido una considerable atención recientemente y está tratado en especial por P. DEAR, 1987. *Jesuit mathematical science and the reconstitution of experience in the early seventeenth century*. *Stud. Hist. Phil. Sci.* 18, 133-175.

³ El tema de la dedicación de los jesuitas a la ciencia en los siglos XVI al XVIII está tratado desde el punto de vista de la tesis de R.K. MERTON sobre la relación del puritanismo protestante y el desarrollo de la ciencia en Inglaterra por S. J. HARRIS, 1989. *Transposing the Merton thesis: Apostolic spirituality and the establishment of the Jesuit scientific tradition*. *Science in Context* 3, 29-65.

⁴ Información de carácter general sobre este tema se puede encontrar en C. OÑATE GUILLÉN, 1991. *Los jesuitas y la ciencia moderna (siglos XVI al XVIII)*. *Letras de Deusto* 21, 297-324. G. STEIN, 1941. *La Compagnia di Gesù e le scienze fisiche e matematiche*. *Publ. Università Cattolica del S. Cuore. S.V. Scienze Storice* 19, 1-23. D. O'CONNELL, 1956. *Jesuit men of science*. *Studies* 45, 307-318. Las referencias biográficas y bibliográficas de los científicos jesuitas están tomadas de C. SOMMERVOGEL, 1890-1909. *Bibliothèque de la Compagnie de Jésus. Bibliographie*. Bruselas, Vol I-IX.

⁵ Sobre Clavius las referencias más completas son el libro reciente, J. M. LATTIS, 1994. *Between Copernicus and Galileo. Christopher Clavius and the collapse of Ptolemaic cosmology*. The University of Chicago Press, Chicago, 293 pp. y el artículo, C. NAUX, 1983. *Le père Christophore Clavius (1537-1612) Sa vie et son oeuvre*. *Rev. de Quest. Scient.* 154, 55-67, 181-193, 325-347. Su labor docente en el Collegio Romano está tratada en J. CASANOVAS, 1984. *Il P. Clavio e la scuola di matematica e di astronomia al Collegio Romano*. *Atti del primo Convegno Internazionale di studi Ricciani*, 229-239.

⁶ Las referencias de Clavius sobre la importancia del estudio de las matemáticas están sacadas de C. OÑATE GUILLÉN (1991) o.c. p. 301-302.

⁷ U. BALDINI, 1583. *Christoph Clavius and the scientific scene in Rome*. En: G. V. COYNE, M. A. HOSKIN, O. PEDERSEN (eds.) *Gregorian Reform of the Calendar*. *Specola Vaticana*, 137-166.

⁸ El texto original es «Estando así las cosas, consideren los astrónomos de que forma se han de constituir las órbitas celestes para que se puedan salvar estos fenómenos (Quae cum ita sint, videant astronomi quo pacto orbis caelestes constituendi sint, ut haec phaenomena possint salvari)» Algunos han querido ver en esta frase una aceptación velada por parte de Clavius del sistema de Copérnico, pero es más razonable, como lo interpreta LATTIS o.c. p. 202, que Clavius consideraba, como muchos otros en su tiempo, que el sistema tolemaico en su formulación tradicional no podía mantenerse de cara a los modernos descubrimientos y que eran necesarios algunos cambios. Esta actitud fue la seguida por astrónomos jesuitas como Riccioli que aceptaron el sistema de Tycho Brahe con algunas modificaciones.

⁹ J. SCHREIBER, 1903. *Die Jesuiten des 17. und 18. Jahrhunderts und ihr Verhältnis zur Astronomie*. *Natur und Offenbarung* 49, 129-143, 208-221. M. M. S. NAVARRO NEUMANN, 1937. *Jesuitas Astrónomos*. *Broteria*, 24, 423-236.

¹⁰ A. DUÉ ROJO, 1950. *El Fundador de la Heliofísica*. *Urania* (35) 223-224, 121-137.

¹¹ El problema de la puesta en el Índice y su posterior retirada de todos de los libros referentes al movimiento de la Tierra y específicamente de los de Copérnico, Zúñiga, Foscarini y Kepler está admirablemente tratado con abundante documentación en: P. N. MAYAUD, 1997. *La condamnation des livres coperniciens et sa révocation á la lumière de documents inédits des Congrégations de l'Index et de l'Inquisition*. *Pontificia Universitas Gregoriana. Miscellanea Historiae Pontificiae* vol 64. 325 pp.

¹² A. ROMAÑA, 1973. *Difusión del sistema de Copérnico en el mundo*. Real Academia de Ciencias, Madrid, sesión del 28-3-1973. *Publicaciones del Observatorio del Ebro, Miscelánea* 31, 31 pp.

- ¹³ M. P. LERNER, 1995. L'entrée de Tycho Brahe chez les jésuites ou le chant du cygne de Clavius. En: L. GIARD (ed), *Les Jésuites a la Renaissance*. Presses Univesitaires de France, Paris, 145-185.
- ¹⁴ R. G. VILLOSLADA, 1954. *Storia del Collegio Romano*. (Analecta Gregoriana vol 66) Universitat Gregoriana, Roma, 209.
- ¹⁵ F. DE DAINVILLE, 1954. L'enseignement des mathématiques dans les Collèges Jésuites de France du XVIe au XVIII siècle. *Rev. d'Histoire des Sciences* 7, 6-21, 109-123.
- K. A. F. FISCHER, 1978. *Jesuiten-Mathematiker in der Deutschen Assistance bis 1773*. *Arch. Hist. Soc. Iesu* 47, 159-224.
- ¹⁶ P. DEAR, o.c. 133-175. W. A. WALLACE, 1989. The problem of apodictic proof in early seventeenth century mechanics. *Galileo, Guevara and the Jesuits*. *Science in Context* 3, 67-87. J. L. HEILBRON, 1982. *The elements of early modern physics*. (II.1. Jesuits. Their magisterium, Their eclecticism. Their constraint. 93-106) University of California Press, Berkeley.
- ¹⁷ Dear, o.c. 160-162.
- ¹⁸ Dear, o.c. 140-152
- ¹⁹ Dear, o.c. 155
- ²⁰ A. ZIGGELAAR, 1983. *François de Aguilón S.J. (1567-1617) Scientist and Architect*. Institutum Historicum S.I., Roma, 151 pp.
- ²¹ C. OÑATE GUILLÉN, 1993. Primer texto de la difracción de la luz. *Rev. Española de Física* 7, 54-57.
- ²² OÑATE (1993) o.c. 55.
- ²³ OÑATE (1991) o.c. 311.
- ²⁴ P. DE VREGILLE, 1905. Les jesuites et l'étude du magnétisme terrestre. *Etudes* 104, 495-511. Heilbron o.c. 102.
- ²⁵ C. REILLY, 1963. Athanasius Kircher S. J. Master of a hundred arts. *The Month* 216, 21-29.
- ²⁶ E. SERRA, 1981. El geocosmos de Kircher. *Una cosmovisión científica del siglo XVII*. *Geocrítica* 33-34, 5-19.
- ²⁷ A. PIGNATELLI, 1938. Ricordando Ruggero Boscovich. *Civiltà Cattolica* 89, 245-260.; F. E. KEEGAN, 1958. Roger Joseph Boscovich. *The Month* 216, 340-352. J. CASANOVAS, 1988. Per il secondo centenario della morte del padre Rugiero Boscovich della Compagnia di Gesù. *Civiltà Cattolica*, 139, 531-544. C. OÑATE, 1988. Un sabio del siglo XVIII: R. J. Boscovich. *Letras de Deusto* 18, 199-209.
- ²⁸ L. L. WHYTE, 1956. R. J. Boscovich. *Londres*, p. 120.
- ²⁹ J. THIRION, 1880. *Les jesuites astronomes jugés par le Baron de Zach*. A. Vromant, Bruxelles.
- ³⁰ A. UDÍAS, 2000. *Observatories of the Society of Jesus, 1814-1998*. *Arch. Hist. Soc. Jesu* 69, 151-178.
- ³¹ J. J. LALANDE, 1803. *Histoire de Mathématique de Montucla*, H. AGASSE, Paris. Part V, lib. VII, 347-367.
- ³² TIRION, o.c.; SCHREIBER, o.c.; J. CRETINAU-JOLY, 1846. *Histoire de la Compagnie de Jésus*. Mellier Frères, Lyon, T. IV, 253-254.
- ³³ A. UDÍAS, 1994. *Jesuit astronomers in Beijing, 1601-1805*. *Quart. Jour. Roy. Astr. Soc.* 35, 463-478.
- ³⁴ R. K. KOCHHAR, 1994. *Secondary tools of empire: Jesuit men of science in India*. En T.R. DE SOUZA, *Discoveries, Missionary Expansion and Asian Cultures*. Concept Publ., New Dehli 175-183. V. N SHARMA y L. HUBERTY, 1984. *Jesuit astronomers in eighteenth century India*. *Archives Int. d'Histoire des Science* 34, 99-107.

³⁵ M. G. BIGOUDAN, 1918. La station astronomique du Collège de Clermont et la mission astronomique de Siam. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris 166, 833-844.

³⁶ G. FURLONG, 1929. Glorias Santefesinas, Buenaventura Suarez (1679-1750) pp 79-140. Surgo, Buenos Aires.

³⁷ El tema de las relaciones entre Galileo y los Jesuitas se puede encontrar en: P. de VRÉGILLE, 1907. Galilée et les Jésuites. Etudes 110, 460-478, 584-600. B. CARRARA, 1914. I Gesuiti e Galileo. Revista de Apologia Cristiana (Julio-Agosto) 64 pp. H. BERNARD, 1935. Galilée et les Jésuites des Missions d'Orient. Rev. des Quest. Scient. 108, 357-382. R.S. WESTFALL, 1989. Essays on the trial of Galileo. Vatican Observatory Publications, 103 pp. C. OÑATE GUILLÉN, 1997. Galileo científico y procesado, su relación científica y procesal con los jesuitas. Letras de Deusto 27, 105-129. A. ROMANA, 1966. Galileo Galilei, científico y creyente. Arbor 63, 5-38. También se encuentra en la obra de R. G. VILLOSLADA, 1954. Storia del Collegio Romano (cap. II, Galileo e i professori del Collegio Romano) Analecta Gregoriana vol 66, Universitat Gregoriana, Roma 352 pp. y a lo largo de la obra de A. FANTOLI, 1996. Galileo, for Copernicanism and for the Church. Vatican Observatory Publications, 567 pp.

³⁸ En contestación a unas preguntas de Bellarmino sobre la validez de los descubrimientos de Galileo, una carta del 24 de Abril 1611, firmada por Clavius, Grienberger, Maelcote y Lembo los confirman añadiendo solo dudas sobre las irregularidades de la superficie de la Luna. FANTOLI, o.c. p. 127.

³⁹ W. R. SHEA, 1970. Galileo, Scheiner and the interpretation of sunspots. Isis 61, 498-519.

⁴⁰ En una carta de Galileo a Micanzio en 1631 se refiere a Scheiner con la frase il porco e maligno asinone fa un catalogo delle mie ignoranze (Op. Gal XVI, p. 390) citado en CARRARA o.c. p. 54, n. 64.

⁴¹ El carácter polémico de estos escritos y las costumbres de la época pueden explicar muchas expresiones vertidas por uno y otro lado. Galileo dedicó a Sarsi, es decir, a Grassi epítetos que hoy nos sorprenderían en una discusión científica y que no ayudaron nada a sus relaciones con los jesuitas del Collegio Romano (CARRARA, o.c. 34, n. 36). Sin embargo, Grassi escribió en 1633 a su amigo Bardi «por lo que toca a las tribulaciones del señor Galileo le digo sinceramente que me han causado muchísimo disgusto (grandissimo dispiacere), porque le he tenido bastante mas afecto (maggiore affetto) del que él se ha dignado tenerme a mi» (ROMANA, o.c. 34, Villoslada, o.c. 212).

⁴² WESTFALL o.c. 21-24, insiste en el carácter inflexible de Bellarmino respecto a las desviaciones doctrinales, y que en la entrevista avisó a Galileo en términos claros de abandonar la opinión (copernicana) que había sido condenada. Fantoli, sin embargo, o.c. 227-229, no es tan duro y reproduce el texto de Bellarmino del 25 de Mayo 1616 en el que niega que Galileo haya abjurado de sus opiniones, como se rumoreaba, y que solo se le había notificado la decisión de la Congregación del Indice sobre la doctrina de Copérnico que no podía, por lo tanto, ser mantenida ni defendida públicamente.

⁴³ VRÉGILLE (1907) o.c. 474 y FANTOLI o.c. 453-454. Fantoli pone de manifiesto la dificultad de que esta frase sea realmente de Grienberger. La continua buena voluntad de Grienberger hacia Galileo se refleja en la carta que le dirige a Galileo F. Cessi en 1616 «El P. Grienberger y el P. Guldin hace muchos días me vinieron a ver y me mostraron un buen afecto hacia vuestra señoría y disgusto por los pasados acontecimientos (mostrando buon affeto verso V.S. et disgusto de passati negoziati)» (Villoslada, o.c. 205).

⁴⁴ M. W. BURKE-GAFFNEY, 1944. Kepler and the Jesuits. Milwaukee, 150 pp.

⁴⁵ M. CASPAR, 1993. Kepler. Dover Publ. Nueva York, 334-338, 350.

⁴⁶ CASPAR o.c. 375.

⁴⁷ BERNARD, o.c. 378-380.

⁴⁸ S. GAUKROGER, 1995. Descartes, an intellectual biography. Claredon Press, Oxford.

⁴⁹ C. ONATE GUILLÉN, 1999. Las matemáticas en los colegios de jesuitas. Caso particular de Francia en los siglos XVII y XVIII. Actas del V Seminario de Historia de la RS-BAP «La RS-BAP y Europa» San Sebastian. 691-717.

⁵⁰ S. SORTAIS, 1929. Le Cartesianisme chez les jésuites français au XVII et XVIII siècles. Arch. Phil 6, 253-345.

⁵¹ SORTAIS o.c. 340.

⁵² Los detalles de esta controversia con citas de los textos originales se encuentra en C. REILLY, 1969. Francis Line S.J., an exiled English scientist, 1595-1675. Bibliotheca Instituti Historici S.I. vol 29, Roma , 103-135.

⁵³ I. NEWTON, 1730. Optica o tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz. Introducción, traducción, notas e índice analítico de Carlos SOLÍS (1977). Alfaguara, Madrid, 277.