

El movimiento *novator* en la España de finales del siglo XVII y las disciplinas físico-matemáticas

VÍCTOR NAVARRO BROTONS

Instituto de Historia de la Ciencia y Documentación «López Piñero»

Universitat de València-CSIC

En el siglo XVII, en el que culminó en Europa la llamada *Revolución científica*, la actividad científico-técnica desarrollada en la España renacentista experimentó una profunda decadencia, paralela a la intensa crisis y decadencia en el ámbito político, económico y social que experimentó España, muy especialmente Castilla, pero también los otros reinos peninsulares. Los intentos desesperados de los nuevos monarcas y sus ministros por mantener una posición hegemónica en Europa no llevaron sino a nuevos desastres y a ahondar la crisis. Actualmente, aún no contamos con una explicación satisfactoria y bien articulada con las circunstancias socio-políticas, económicas y culturales de la decadencia de la actividad científica española. No obstante, podemos apuntar algunos factores, tales como el avance de la Contrarreforma, con la consiguiente hegemonía del escolasticismo contrarreformista y la represión de la actividad científica; el declive económico y la *traición de la burguesía*, es decir, el que los estratos medios de las ciudades, que constituían uno de los núcleos básicos de la actividad científica, no se convirtieran en una burguesía propiamente dicha y adoptaran, por el contrario, los valores impuestos por la moral contrarreformista; el retroceso consiguiente de la secularización; la actitud agresiva y excluyente hacia los judíos conversos, entre los que abundaban los médicos y científicos; el cambio regresivo de la mentalidad de los grupos políticos dirigentes y finalmente, los condicionamientos socioeconómicos, políticos y religiosos. Naturalmente, todos estos factores deben ser cuidadosamente cualificados en cuanto a su verdadero significado, contenido y alcance, y cabe preguntarse también si, aún siendo necesarios son suficientes para ofrecer una explicación convincente. A mi juicio, lo pueden ser –suficientes– si se los combina con las peculiaridades, limitaciones y fragilidad que tuvo, en el siglo XVI la actividad científico-técnica en el ámbito hispánico.

Pero, en todo caso, crisis, aislamiento y decadencia no debe confundirse con ausencia de actividad científico-técnica digna de ser tomada en cuenta. Además, y como siempre suele suceder, el aislamiento científico y filosófico distó mucho de ser completo. El profesor López Piñero propuso hace ya varias décadas la periodificación de la actividad científica española del siglo

XVII en tres fases: la primera, que correspondería aproximadamente al tercio inicial de la centuria, en la que dicha actividad habría sido básicamente una prolongación de la renacentista, ignorando las nuevas corrientes científicas. La segunda, que comprendería a grandes rasgos los cuarenta años centrales del siglo, se caracterizaría por la introducción en el ambiente científico-médico español de algunos elementos *modernos*, que fueron aceptados como meras rectificaciones de detalle de las doctrinas tradicionales o meramente rechazados. Finalmente, en las dos últimas décadas del siglo, algunos autores rompieron abiertamente con los esquemas clásicos o tradicionales e iniciaron la asimilación sistemática de las nuevas corrientes filosóficas y científicas europeas.

Este esquema de López Piñero planteaba la cuestión básicamente en términos de comparación de la actividad española con la del resto de Europa, entendiendo la *modernización* científica española como un proceso de *aculturación*. Pero, por otra parte, el mismo López Piñero se ha referido en los últimos años al retraso de la historiografía española de la ciencia, la filosofía y la técnica del siglo XVII, retraso que no permite todavía cualificar y confirmar en sus detalles la validez del esquema. A pesar de todo, el esquema nos ha proporcionado y aún nos proporciona un marco provisional de trabajo, al menos en lo que se refiere a la periodificación.

Como he explicado en varios trabajos, el proceso de renovación científica que tuvo lugar en España en las últimas décadas del siglo XVII y primeras del XVIII, haciendo posible el desarrollo científico de la Ilustración no se puede entender sin considerar la labor de los científicos jesuitas, particularmente los que desarrollaron su labor en Colegio Imperial de Madrid a partir de la fundación de los Reales Estudios en 1625. La segunda generación de profesores de matemáticas del Colegio Imperial comienza con José de Zaragoza, uno de los matemáticos españoles más destacados de este siglo y de toda la historia de las matemáticas en España. Formado en la Universidad de Valencia, Zaragoza ingreso en la Compañía a los 24 años. Enseñó teología en el Colegio de Palma de Mallorca, donde entró en contacto con Vicente Mut, historiador, ingeniero y astrónomo mallorquín. Mut era corresponsal de Kircher y Riccioli. Riccioli incorporó en sus obras muchas de las observaciones y técnicas de Vicente Mut, y le dedicó una de las formaciones lunares en su famoso mapa lunar. La relación con Mut, que mantuvo toda su vida, debió influir en los intereses científicos de Zaragoza. De Palma Zaragoza pasó a Valencia, donde enseñó teología, en el Colegio jesuita de la ciudad. En Valencia residió más de un decenio, dedicándose en privado a la investigación y a la enseñanza de las disciplinas matemáticas. Su labor en esta ciudad fue de la mayor importancia, ya que hizo posible que Valencia se convirtiera en uno de los núcleos más activos de la renovación científica española. A finales de los años 1670 Zaragoza fue nombrado titular de la cátedra de matemáticas de los

Reales Estudios, desempeñando además otros cargos como el de Cosmógrafo real y maestro de matemáticas del monarca. Durante estos años publicó parte sus trabajos, quedando otros muchos inéditos.

Zaragozá publicó varias obras de matemáticas con una intención didáctica, con las que contribuyó a elevar el nivel de estas materias en España. Tales son su *Arithmetica universal* (Valencia, 1669), que incluye también álgebra; *Trigonometría* (Mallorca, 1672) y tablas de logaritmos (Madrid, 1672) y un tratado de *Geometria* euclídea y sus aplicaciones, que se publicó en latín y en castellano, con comentarios y adiciones de Zaragozá. Pero además, Zaragozá llevó a cabo investigaciones originales de geometría, en el contexto de la recuperación y extensión de la geometría clásica. En esta línea hay que incluir sus trabajos: *Geometria magna in minimis*; *Loca Plana Appollonii Pergaei*; *Data Euclidis, singulari methodo demonstrata*; *Trigonographia: et data promota* y *De ellipse et circulo*. Su obra más importante es la *Geometria magna in minimis* (Toledo, 3 vols., 1674). En ella Zaragozá utilizó el concepto de centro mínimo de un sistema de puntos (o *centro de masas* de la física), análogo al usado por Giovanni Ceva cuatro años después, y con él construyó una teoría geométrica que resulta isomorfa a la de la estática de un sistema de cuerpos aislados. Algunos de los resultados a los que llegó son: construcción de una teoría geométrica del cálculo baricéntrico; restitución y generalización, en términos de la geometría clásica, del lugar 5º de Apolonio; cálculo de las razones originadas en un triángulo por transversales que pasan por un punto interior (relaciones llamadas *de Ceva*); relación cuadrática entre los lados de un cuadrilátero y sus diagonales (teorema de Euler); resolución del problema del tetraedro mínimo. Es interesante destacar que, a principios del siglo XIX Lazare Carnot indicaba la importancia de introducir en geometría pura el *Centro de distancias mínimas*, es decir, lo que Zaragozá había hecho siglo y medio antes.

En el ámbito de la astronomía, José de Zaragozá fue un excelente observador e instrumentista. Entre sus numerosas observaciones figuran las de los cometas de 1664 y 1677. El informe del primero, que debió remitir a la Academia de Ciencias de París, se conserva manuscrito y, junto al de Vicente Mut, constituye uno de los estudios más amplios de los realizados en Europa sobre este cometa, como ya destacó Pingré. Zaragozá incluyó las observaciones que le transmitieron un buen número de autores, como los jesuitas Gottinguez (del Colegio Romano), Milliet Dechales (Lyón), Geminiano Montanari (prof. De la Universidad de Bolonia), los mallorquines Vicente Mut y Miguel Fuster y su amigo valenciano Enrique de Miranda. Zaragozá se esforzó por analizar la trayectoria del cometa, concluyendo que se acercaba más a la línea recta, siendo intermedia entre la recta y el círculo y acaso elíptica. Sobre el lugar del cometa, Zaragozá defiende el carácter supralunar del astro, a partir de las determinaciones del

paralaje. En cuanto a las observaciones de Zaragoza del cometa de 1677, según Cassini fueron las primeras realizadas en Europa, siendo mencionadas en el *Journal des Savants* y en las *Memoires* de la Academia de Ciencias de Paris.

Zaragoza fue también un hábil constructor de instrumentos científicos. Su última obra editada, *Fábrica y uso de varios instrumentos matemáticos* (1675) se ocupa de la descripción y uso de una serie de instrumentos de uso geométrico, topográfico, y astronómico, construidos en colaboración con Baltasar de Alcázar y Juan Carlos Andosilla, que el jesuita valenciano dedicó al monarca. Por otra parte, sus amigos y discípulos valencianos poseían también instrumentos diseñados por Zaragoza, quien además redactó otros muchos trabajos de astronomía y elaboró tablas astronómicas. Algunos de estos trabajos, que quedaron inéditos, los preparó para sus clases en el Colegio Imperial. La única obra de esta materia que llegó a imprimirse es su *Esphera en común celeste y terráquea* (Madrid, 1675). Pretendía, esta obra, ser una versión renovada y adaptada a los nuevos conocimientos en la materia de los textos tradicionales de la *Sphera* y es una muestra elocuente de la preocupación de su autor por difundir en el ambiente español los avances en el conocimiento científico. En la descripción de los distintos sistemas astronómicos, Zaragoza incluye la teoría heliocéntrica, de la que dice que “está condenada por la congregación de los SS. Cardenales Inquisidores como contraria a las Divinas Letras, aunque por modo de hipótesis o suposición pueden todos valerse de ella para el cálculo de los planetas, conque sólo se condena la actual realidad de esta composición, pero no su posibilidad”. Y añade que si se comparan los sistemas de Copérnico y Tycho se verá que sólo se diferencian en que Copérnico pone al Sol en el centro del Universo y Tycho a la Tierra. La parte tercera de la *Esphera* es un compendio de geografía matemática y física, según se entendía en la época, en el que están ausentes las nociones de geografía descriptiva de países. Incluye el estudio de la navegación, con tratamiento de los problemas de la determinación de la latitud y la longitud y la determinación de la curva loxodrómica. También se ocupa del interior de la tierra, donde expone algunas de las ideas del *Mundus subterraneus* de su correligionario Kircher con quien mantuvo relación epistolar, aunque se muestra escéptico acerca de algunas de las ideas de este autor; así a propósito de los vivientes subterráneos descritos por Kircher comenta que “el padre Kircher da una historia de hombres subterráneos mas extraña que las de las Batuecas”.

Zaragoza proyectaba reunir todos sus trabajos en un compendio de matemáticas que no sabemos si llegó a completar. Constaría de ocho volúmenes dedicados a la geometría, aritmética, álgebra, armonía, astronomía, geografía, náutica, trigonometría, óptica, estática, arquitectura, pirotécnica, instrumentos matemáticos y cuestiones físico-matemáticas. Es una buena muestra de la amplitud de intereses científicos del jesuita. El título del tomo octavo reza así, en versión

castellana: “En este tomo han de discutirse todas las cuestiones mixtas, que guardan relación tanto con la física como con las matemáticas, las cuales son muchas y curiosísimas, así como muy difíciles”. Dado que en los tomos anteriores Zaragoza trata de cuestiones consideradas habitualmente *mixtas*, como la óptica, la estática, la armonía, etc, cabe suponer que en este tomo proyectaba abordar cuestiones de filosofía natural como las relativas al movimiento local.

Las obras de Zaragoza, sumadas a las de otros autores de origen español, como Caramuel, y a los diversos cursos y compendios de matemáticas *puras* y *mixtas* o físico-matemáticas preparados por los jesuitas extranjeros constituyeron el vehículo adecuado para dar a conocer en España muchos de los progresos en el ámbito de estas disciplinas; al propio tiempo, de este modo se evitaba la confrontación con la filosofía aristotélico-escolástica, que seguía dominando en las universidades y en los colegios. Entre estas obras enciclopédicas hay que mencionar la *Mathesis biceps vetus and nova* del madrileño Juan Caramuel y Lobkowitz, publicada en Campania en 1670 en dos gruesos volúmenes en folio. No obstante, el *curso* de matemáticas que tuvo una mayor difusión e influencia en España fue el de Claude François Milliet Dechales, titulado *Cursus seu mundus mathematicus*, publicado en 1674 en tres volúmenes y reeditada en 1690, muerto ya su autor, con diversas adiciones para actualizar los contenidos. En la edición de 1674 los tratados de *mechanice, statica, hydrostatica, de fontibus, e fluviis* y *de machinis hydraulicis*, incluían muchos de los resultados de Galileo, Toricelli, Castelli, y otros discípulos y seguidores de Galileo, junto a las contribuciones de otros autores europeos, como Mersenne, Boyle o Huygens. En la óptica, Milliet Dechales incorporó gran parte de la dióptrica cartesiana, además del análisis cartesiano del arco iris en los meteoros.

Los manuscritos conservados de Jean François Petrei, profesor de erudición, retórica y matemáticas en los Reales Estudios del Colegio Imperial en las últimas décadas del siglo, son de gran utilidad para valorar la recepción en España de las nuevas corrientes filosóficas y las novedades científicas. Parte de estos manuscritos son notas de lecturas, extractos y comentarios de obras de Descartes, Frans van Schooten, Pierre-Sylvain Regis, Thomas Willis, Christoph Glaser, Raymond Vieussens, Antoine Arnauld, Hobbes, Huygens, Michel Rolle, y otros destacados autores, además de los científicos jesuitas como Christoph Scheiner, Riccioli, Honoré Fabri, Kaspar Schott, Claude François Milliet Dechales, Ignace Gaston Pardies, etc. Otro grupo de manuscritos lo constituyen fragmentos y tratados de varios temas: fortificación, geometría, álgebra, óptica, astronomía, geodesia, así como observaciones astronómicas de eclipses, cometas y planetas. Petrei se mantenía bien informado de las actividades de la Academia de Ciencias de París y entre sus manuscritos figuran numerosas notas procedentes del *Journal des Savants* y

otras publicaciones de los miembros de la Academia, así como correspondencia con La Hire. Los intereses de Petrei se orientaban tanto a las disciplinas físico-matemáticas como a las biomédicas y a la química. Hay numerosos extractos de textos de anatomía, fisiología y química, con referencias a la fisiología cartesiana. Así, en una nota discute la tesis de Descartes de que la sede del alma es la glándula pineal, para lo que se apoya en investigaciones anatomopatológicas de Daniel D. Duncan, un médico de Montpellier. También comenta, en otras notas, las pruebas de Descartes de la inmortalidad del alma. En una nota sobre la descomposición de la luz blanca y el arco iris menciona, junto a Descartes, Marco Antonio de Dominis y Edme Mariotte, la teoría de Newton (sobre la composición de la luz blanca). En otro lugar, a propósito de los instrumentos ópticos, cita Newton y se refiere a la aberración cromática. También se conserva correspondencia de Petrei con José Pérez, profesor de matemáticas de Salamanca desde 1673 y corresponsal también de Zaragoza, sobre diversas cuestiones de astronomía, matemáticas y filosofía, lo que indica que la renovación científica se había iniciado también en aquella Universidad. En una carta, fechada en 1683, Pérez le comenta a Petrei cuestiones de geometría tratadas por Hobbes y le dice que ha obtenido licencia del Inquisidor General para leer las obras de este autor. El año siguiente, Pérez le comunica a Petrei que le envía el tratado *De corpore* de Hobbes. Petrei leyó con atención la obra de Hobbes como lo prueban los extractos y comentarios que figuran en los volúmenes manuscritos citados. Además de Hobbes, aparecen mencionados en las cartas Milliet Dechales, Descartes, Kaspar Schott y Riccioli, entre otros autores.

Ptrei también mantenía correspondencia con Juan Bautista Corachán, uno de los protagonistas del movimiento *novator* valenciano. En una carta de Corachán, fechada en 1687, le agradece a Petrei su recomendación de Petrei al Marqués de Villena. Además, discute varias cuestiones astronómicas y le informa de las actividades del grupo valenciano en la Academia de Matemáticas que celebraban en casa de Baltasar de Iñigo. Corachán se reconoce discípulo de Petrei y entre los manuscritos de éste figura un trabajo de matemáticas de Corachán. Todo ello muestra una comunidad de intereses y una colaboración entre los matemáticos jesuitas del Colegio Imperial y los *novatores* valencianos.

El movimiento *novator*

En los últimos años del siglo XVII, el proceso de ruptura con el saber tradicional y sus supuestos aparece delineado con unos perfiles más claros, entre los protagonistas del mismo, como un programa de asimilación sistemática de la ciencia moderna. En la base de este programa se advierte una conciencia, que los científicos españoles harán explícita, del atraso científico del país y de que España había permanecido en gran medida al margen de la profunda renovación

científico-técnica y filosófica europea. Valencia, Zaragoza, Madrid, Barcelona y algunas otras ciudades españolas fueron escenarios de la actuación de los llamados *novatores* de finales de la centuria y primeros años del siglo XVIII. No obstante, y como ya he apuntado anteriormente, en el ámbito de las disciplinas físico-matemáticas y sus aplicaciones, la labor de estos *novatores* puede considerarse básicamente una continuación, extensión y profundización de la llevada a cabo en las décadas centrales del siglo por el reducido número de autores españoles o afincados en España al que nos hemos referido, especialmente los jesuitas del Colegio Imperial. Los *novatores* españoles de finales del siglo y principios del siguiente en las materias que nos ocupan estudiaron con atención las obras de los científicos jesuitas extranjeros y españoles: Kircher, Schott, Riccioli, Fabri, Milliet Dechales, Pardies, Kresa, Sempill, Izquierdo, Zaragozá, Petrei, etc., y las tomaron como modelos a seguir. Asimismo, pusieron particular cuidado en asumir en sus propias obras la labor de sus predecesores, a los que frecuentemente consideraron sus maestros, directos o indirectos, sintiéndose así integrados en una tradición y protegidos por ella. Todo ello explica tanto el alcance de su labor de asimilación de las novedades científico-filosóficas como las limitaciones de la misma.

El núcleo renovador valenciano

Uno de los principales escenarios de este movimiento preilustrado de renovación científica y filosófica fue la ciudad de Valencia, tanto en el campo de la medicina y saberes biológicos relacionados con ella, como en el de las disciplinas físico-matemáticas y la filosofía natural. Sin poder detenerme aquí en los antecedentes de este movimiento, recordaré que en la década de 1680-90 había en Valencia una serie de tertulias o academias, inicialmente de carácter literario, pero que progresivamente fueron incorporando en sus discusiones y estudios temas filosóficos y científicos. Una de estas tertulias funcionaba en 1687 con el carácter de academia de matemáticas y con la intención, hecha explícita por sus miembros, de sentar las bases de una sociedad científica valenciana, a imagen de las europeas. En ella se celebraban *congresos* donde se discutían cuestiones de aritmética, geometría, álgebra, indivisibles, las leyes del movimiento de Galileo y Descartes, estática, hidrostática e hidráulica; se impartían cursos de estas materias y se realizaban experiencias de física y observaciones con microscopios y telescopios. Sus principales protagonistas eran tres clérigos valencianos: Baltasar de Íñigo, Juan Bautista Corachán y Tomás Vicente Tosca. Con una conciencia clara del retraso científico de su país, estos autores se dedicaron a la tarea de asimilar y difundir en el ambiente valenciano y español los nuevos conocimientos y métodos surgidos de la Revolución Científica. Para ello, se valieron en gran medida de la literatura científica jesuítica, cuyos cursos y tratados utilizaron ampliamente y cuyo

eclecticismo les sirvió de guía, orientación o modelo para sus propósitos. Así, entre los numerosos volúmenes manuscritos de Corachán se encuentran extractos de las obras de Schott, Riccioli, Fabri, Scheiner, Zaragozá, Milliet Dechales y otros destacados autores de la Orden. Asimismo, en una obra titulada, a modo de fábula o utopía científica de clara intención divulgadora, Corachán hace aparecer como protagonistas principales de este *Parnaso* a Clavius, Grimaldi, Fabri y Kircher junto a Boyle y su «amada Junta anglicana» y Descartes. La obra incluye, además, un breve fragmento del de Descartes en versión castellana «Propone Renato Descartes un método para usar bien de la razón y buscar la verdad en las Ciencias».

El *Parnaso* imaginado por Corachán no es sino una recreación literaria de la sociedad científica con la que soñaban aquellos intelectuales valencianos, sociedad en la que *antiguos* y *modernos* pudieran encontrarse y discutir todas las cuestiones filosóficas y científicas, siendo la razón y la experiencia (en todo aquello que no contradijera su fe) los últimos árbitros de las discusiones.

La contribución de los *novatores* valencianos a la introducción en España de la ciencia y la filosofía modernas culminó con la publicación por Tomás Vicente Tosca (1651-1723) de su *Compendio Mathematico* (9 vols., Valencia 1707-1715) y su *Compendium Philosophicum* (5 vols., Valencia, 1721).

En el empobrecido panorama de la literatura científica española, donde, a lo largo del siglo XVII la cinemática de Galileo y Torricelli, la óptica de Kepler, Descartes y Grimaldi, el atomismo de Gassendi y la filosofía corpuscular y, en general, el nuevo horizonte metodológico y cognoscitivo abierto por la revolución científica había merecido escasa o limitada atención en las obras impresas, la publicación del de Tosca fue, sin duda, un acontecimiento importante. Efectivamente, en esta obra muchos de los más importantes capítulos de la nueva ciencia aparecían expuestos con amplitud y claridad, en lengua romance y desde los modernos supuestos metodológicos de Galileo y los científicos mecanicistas. Y algo parecido cabe decir del *Compendium Philosophicum*, obra que, con su eclecticismo y con las limitaciones que pueden señalarse, significó un serio ensayo de renovación del discurso filosófico mediante la incorporación de las modernas corrientes científicas y filosóficas.

El *Compendio Mathematico* está elaborado tomando como modelo los cursos de carácter enciclopédico publicados en Europa en la segunda mitad del siglo XVII, principalmente por los científicos jesuitas y con fines didácticos. Tosca recurrió ampliamente a estos cursos y, en especial, al de Milliet Dechales, aunque no es en absoluto cierto que el *Compendio Mathematico* sea una mera copia o versión castellana del *Cursus* del jesuita francés, como ya puntualizó muy oportunamente Iñigo. El estudio detenido del *Compendio Mathematico* pone de manifiesto que el

matemático valenciano utilizó una abundante literatura copiosamente citada a lo largo de la obra, si bien, desde luego, no se trata de un trabajo original, ni tal era la pretensión de Tosca. Destaca, en particular, el especial cuidado puesto por Tosca por incorporar las aportaciones y trabajos de los autores españoles: Sebastián Izquierdo, Caramuel y Lobkowitz, Vicente Mut, José de Zaragoza y Hugo de Omerique especialmente, expresión elocuente del esfuerzo de los valencianos por considerar, en la medida de lo posible, la tradición científica propia.

El primer volumen del *Compendio Mathematico* se inicia con una breve introducción a las disciplinas matemáticas, donde Tosca explica el objeto, la naturaleza y la división de estas ciencias tal y como se entendían habitualmente en esta época. Así, las ciencias *puramente* matemáticas son: geometría, aritmética, álgebra, trigonometría y logarítmica; y las físico-matemáticas: música, mecánica, estática, hidrostática, arquitectura civil, arquitectura militar, artillería, óptica, geografía, astronomía y cronografía. Entre estas últimas no incluye a la astrología, que Tosca no considera una ciencia, si bien le dedica un tratado en el que expone sus puntos de vista y reservas acerca de las doctrinas astrológicas. Todas las materias mencionadas son objeto de estudio en el *Compendio Mathematico*, ocupando uno o varios tratados. Después se ocupa, brevemente, del «origen, progreso y utilidad de las matemáticas». Al referirse a la utilidad, señala –y aquí reconocemos ya el espíritu de Galileo y de la nueva ciencia:

«Sin las matemáticas no se puede dar paso en la Filosofía natural con acierto: porque sin la Estática, ¿cómo se han de explicar los movimientos de los cuerpos graves, su aceleración y proporciones?, ¿cómo la restitución de los compresos y tensos, en que está sin duda la mayor parte de los efectos de la naturaleza? Sin la Óptica, Dióptrica y Catóptrica, ¿qué se discurrirá en materia de los colores y de la luz sino tinieblas? [...]»

Sin poder detenerme aquí en un análisis de la obra de Tosca, me referiré a algunos aspectos particulares e indicativos de su modernidad. En lo que se refiere a las matemáticas puras, además de la claridad expositiva y del esfuerzo de Tosca por hacer una presentación más didáctica de lo habitual de las materias clásicas como los *Elementos* de Euclides, valiéndose para ello de las distintas versiones aparecidas en el siglo XVII por obra de autores como Milliet Dechales, Andreas Tacquet, Jacobo Kresa y *otros modernos*, hay que destacar la inclusión de temas como la combinatoria que no figura en el *Cursus* de Milliet Dechales. También merece señalarse la presencia del estudio geométrico de las cónicas, cuya importancia para la nueva ciencia no necesita ser subrayada. Este estudio sí que lo incluyó Milliet Dechales y es la principal fuente de Tosca, si bien, el *Compendio matemático* es la primera obra en lengua castellana que trata esta materia. Otros aspectos dignos de mención son la atención concedida al *Analysis geometrica* de Hugo de Omerique, de la que Tosca ofrece un

extracto, y el carácter moderno de la notación utilizada por Tosca en el álgebra, mucho más moderna que la de Milliet Dechales, así como el amplio uso en esta materia de los tratados de Michel Rolle y Jean Prestet, sobre todo en la resolución de ecuaciones y sistemas de ecuaciones. A través de estos autores, Tosca incorpora la teoría algebraica de ecuaciones con una incógnita de Descartes, pero no trata la geometría analítica de Descartes y Fermat. Sobre los trabajos de cálculo infinitesimal anteriores a Newton y Leibniz, Tosca sólo ofrece noticias aisladas.

La nueva ciencia del movimiento inaugurada por Galileo había sido objeto de muy escasa atención en la literatura científica española del siglo XVII. Por ello, una de las principales contribuciones del *Compendio* de Tosca a esta literatura es la presentación amplia y detallada de esta nueva ciencia de acuerdo con los ideales explicativos que la presidían: las matemáticas como lenguaje y la observación y la experimentación como criterios metodológicos. Así, el tratado X está dedicado a la *estática*, una «ciencia Physico-Matemática que averigua la proporción de los movimientos y el peso de los cuerpos graves». Para Tosca, de acuerdo con Galileo, la gravedad es una fuente de movimiento y es, asimismo, la única propiedad natural de los cuerpos. Por ello, es también la única fuerza natural del movimiento. En consecuencia, critica y rechaza la distinción aristotélica entre graves y leves y explica cómo con la gravedad pueden explicarse todos los movimientos de los cuerpos, con la consideración de la gravedad relativa de unos con respecto a otros. Estudia, además, los experimentos de Torricelli y Pascal que ponen de manifiesto la gravedad y peso del aire, así como la caída libre de los graves, el movimiento de éstos por planos inclinados y los «funepéndulos o perpendículos». Además, en el tratado de artillería se ocupa del movimiento de los proyectiles, completando así el estudio del movimiento local de los graves según la línea marcada por Galileo en los *Discursos*. Por otra parte, además de la mecánica galileana, Tosca se ocupa en este mismo volumen de las cuestiones relacionadas con el equilibrio y el movimiento de los fluidos y los ingenios inventados para aprovechar la energía y las propiedades de éstos, así como de la descripción de los instrumentos de medida, como el barómetro y el termómetro. Examina con especial atención la «hidrometría e hidrografía; esto es, el movimiento, conducción y repartición de las aguas», basándose, además de en Castelli, Torricelli, Baliani, Milliet Dechales y otros autores, en la obra usada también por Corachán de Domenico Guglielmini.

La óptica fue otra de las materias que experimentó importantes progresos en el siglo XVII, tanto teóricos como instrumentales, Tosca se hace eco en su obra de estos progresos, aunque ignora la obra de Newton. Se ocupa de las teorías sobre la naturaleza de la luz, de su

propagación, de las leyes de la óptica geométrica, de algunas cuestiones de fotometría y de la teoría de los colores. La influencia cartesiana en las ideas sobre la luz expuestas por Tosca es muy notable. Así, para el valenciano, la luz se propaga en línea recta, «porque todo ímpetu mueve el cuerpo impelido por línea recta, mientras que otra causa más poderosa no le obligue a moverse por otra línea», lo que ilustra, como Descartes, con el ejemplo de la honda. En la teoría de los colores también sigue a Descartes, cuya explicación de la formación del arco iris también incluye. En cambio, en la refracción propone una explicación más próxima a Grimaldi y Ango y afirma que la luz se mueve con mayor velocidad en el medio más raro que en el más denso. También se detiene a estudiar con detalle la gran conquista instrumental en este campo de la revolución científica: el telescopio y el microscopio, siguiendo a diversos autores, como Cavalieri, Zahn, Milliet Dechaies o Eustachio Divini, éste último uno de los primeros autores que desarrolló una tecnología para la producción de instrumentos ópticos diseñados científicamente.

En el tratado de Astronomía, Tosca explica «el orden de la creación del mundo», siguiendo el Génesis, y aquí expone las ideas atomistas o corpuscularistas que desarrollará más ampliamente en el *Compendium Philosophicum*. Así, nos dice que Dios llenó el cielo de un «quasi infinito número de corpúsculos, o átomos, sobre toda la imaginación humana sutilísimos, los cuales son la materia primera de todas las cosas corpóreas». También que Dios juntó en un lugar gran multitud de los corpúsculos más sutiles para formar un globo luminoso del que surgieron el Sol y las estrellas. Afirma que los cielos por donde se mueven los planetas son fluidos y están formados por materia sutil o éter que impulsa a los astros, aunque reconoce que los ángeles también colaboran de alguna manera, tal y como el libro de *Job* parece indicar. En el resto del tratado, Tosca ya no se ocupa más de la dinámica celeste, y lo dedica a los modelos planetarios y a la astronomía y observación.

En conjunto, la parte del *Compendio* de Tosca dedicada a la astronomía (un tratado de astronomía, otro de astronomía práctica acompañado de tablas, además del estudio de los cometas y otros fenómenos en el tratado de meteoros) supera con mucho a todos los textos anteriores editados en España, incluida la *Esphera* de Zaragoza, constituyendo un buen manual del saber astronómico anterior a Newton. A través de él, los lectores españoles podían enfrentarse con los principales problemas de la astronomía de observación. Tosca, aunque no deja de mostrarse cauteloso ante la cuestión del movimiento de la Tierra, utiliza preferentemente el sistema copernicano para explicar los movimientos de los planetas. En ocasiones sorprendemos curiosos giros expositivos que revelan la difícil posición de aquellos hombres, obligados a someterse, e incluso a interiorizar las constricciones que imponían los

dogmas eclesiásticos. Así, al hablar de las manchas solares dice Tosca que estos cuerpos se mueven alrededor del sol, llevados del «movimiento circular y vertiginoso del cuerpo solar sobre su centro; como también si la tierra se moviese con este movimiento y estuviésemos en la luna veríamos muchas máculas en la tierra, que son las nubes [...]». En el tratado de geografía, Tosca discute ampliamente la cuestión del movimiento de la Tierra, exponiendo una serie de argumentos a favor y en contra y siguiendo de cerca a Milliet Dechales. Como el jesuita francés, el científico valenciano refuta los argumentos mecánicos que tradicionalmente se oponían a dicho movimiento recurriendo a la interdependencia y composición de movimientos de la cinemática galileana. Finalmente, concluye que no habiendo ningún argumento decisivo ni a favor ni en contra del movimiento de la tierra, no hay ninguna razón por la que los textos de las Sagradas Escrituras que atribuyen el movimiento al Sol y la estabilidad a la tierra deban dejar de ser interpretados en sentido literal, lo que no obsta para que pueda utilizarse el sistema de Copérnico en calidad de hipótesis o suposición.

Como hemos señalado, junto a la renovación de las disciplinas físico-matemáticas, Tosca abordó también el problema más arduo y complejo de renovar el discurso filosófico desde la perspectiva de las nuevas corrientes filosófico-científicas, redactando un *Compendium philosophicum*. Tosca era consciente, sin duda, de las dificultades de la empresa y las considerables resistencias a vencer. Según Mayáns, su idea inicial era redactar la obra en castellano, desistiendo finalmente de ello, sin duda por razones tácticas, es decir, para hacer más respetable la obra entre los profesores universitarios. En este sentido, tanto por el idioma empleado, como por su estructura, el *Compendium philosophicum* a los cursos tradicionales de filosofía, de orientación aristotélico-escolástica. Pero en cuanto a su contenido, el afán renovador de Tosca se hace evidente al lector atento de la obra. Consta de once tratados de los cuales los dos primeros corresponden a la lógica y a la metafísica general u ontología y el último a la metafísica especial; el resto está íntegramente dedicado a la filosofía natural. Tosca aborda los distintos temas de física y cosmología: la estructura de la materia, el concepto de lugar, posibilidad y existencia del vacío, el tiempo, el movimiento local y la teoría del choque, la caída de los graves, naturaleza y propagación de la luz y leyes de la óptica geométrica, cosmología y teoría de los elementos, fósiles y minerales, vegetales y animales. En cada tema o cuestión, el oratoriano, expone las distintas teorías y soluciones dadas por los filósofos y científicos del siglo XVII: Descartes, Galileo, Gassendi, Boyle, Grimaldi, Kircher, etc. En conjunto, esta obra se puede enmarcar en el proceso de renovación de la enseñanza de la filosofía natural que tuvo lugar en muchas Universidades de Europa, a partir de la segunda mitad del siglo XVII bajo la influencia del cartesianismo y la física pre-newtoniana.

BIBLIOGRAFÍA

LÓPEZ, F. (1999), *Juan Pablo Forner y la crisis de la conciencia española en el siglo XVIII*, Valladolid, Junta de Castilla y León.

LÓPEZ PIÑERO, J.M. (1979), *Ciencia y técnica en la sociedad española de los siglos XVI y XVII*, Barcelona, Labor, 1979.

LÓPEZ PIÑERO, J.M.; NAVARRO BROTONS, V. (1998), “Estudio histórico”. En: J.M.LÓPEZ PIÑERO ET ALII., *La actividad científica valenciana de la ilustración*, 2 vols., Valencia, Diputación de Valencia, pp.11-108.

MARTÍNEZ VIDAL, A.; PARDO TOMÁS, J. (1995), “*In tenebris adhuc versantes*. La respuesta de los novatores españoles a la invectiva de Pierre Regis”, *Dynamis*, 15, 301-340.

NAVARRO BROTONS, V. (1985): *Tradició i canvi científic al País Valencià modern (1660-1720): Les ciències Físico-Matemàtiques*, Valencia, Tres i Quatre, 1985

NAVARRO BROTONS, V. (1996), “La ciencia en la España del siglo XVII: el cultivo de las disciplinas físico-matemáticas”, *Arbor*, 153 (nº 604-605), pp.197-252.

NAVARRO BROTONS, V. (1997), “Descartes y la introducción de la ciencia moderna en España”, en *La Filosofía de Descartes y la fundación del pensamiento moderno*, Salamanca, Sociedad Castellano-Leonesa de Filosofía, 1997, 225-253.

NAVARRO BROTONS, V. (2002a), “Riccioli y la renovación científica en la España del siglo XVII”, BORGATO, M.T.(ed.), *Giambattista Riccioli e il merito scientifico dei gesuiti nell'età barocca*, Firenze, Olschki, 291-319.

NAVARRO BROTONS, V. (2002b), “La astronomía (siglos XVI-XVII)”. En: *Historia de la ciencia y de la técnica en la Corona de Castilla*, vol. 3, Valladolid, Junta de Castilla y León, pp. 259-318.

NAVARRO BROTONS, V. (2002c), “De la filosofía natural tradicional a la física moderna (siglos XVI-XVII)”. En: *Historia de la ciencia y de la técnica en la Corona de Castilla*, vol.3, Valladolid, Junta de Castilla y León, pp. 383-437.

NAVARRO BROTONS, V. (2002d), “Tradition and Scientific Change in Modern Spain: The Role of the Jesuits”. A: FEINGOLD, M. (ed.), *Jesuit Science and the Republic of Letters*, Cambridge, MA/ London, The MIT Press, pp. 331-389.

NAVARRO BROTONS, V., “El moviment “novator” de les ciències físico-matemàtiques”. En: *La ciència en la història dels Països Catalans*, vol.2, Barcelona, Institut d'Estudis Catalans (en prensa).

NAVARRO BROTONS, V. (2003), *Espanya i la Revolució Científica: Aspectes historiogràfics, Reflexions i Perspectives*. En: J.BATLLÓ, P.BERNAT, R.PUIG (coords.), *Actes de la VII Trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, Barcelona, Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, pp.15-33.

NAVARRO BROTONS, V.; RECASENS GALLART, E., "El cultiu de les disciplines físico-matemàtiques als anys centrals del segle XVII". En: *La ciència en la història dels Països Catalans*, Barcelona, Institut D'estudis Catalans-Península, 2001 (en premsa).

RECASENS GALLART, E. (1991): *La Geometría magna in minimis de J.Zaragozá. El centre mínim i el Lloc 5^e d'Appol.loni*, Tesis de doctorado, Barcelona.

RECASENS GALLART, E. (1994): "J. Zaragozá's "Centrum Minimum", an Early Version of Barycentric Geometry", *Archive for History of Exact Sciences*, 46 (1994), 285-320.

ROSSELLÓ BOTEY, V. (2000), *Tradició i canvi científic en l'astronomia espanyola del segle XVII*, València, Universitat de València, 2000.