

ESFERA
EN COMUN
CELESTE
Y TERRAQUEA

P. José Zaragoza S.J.
Primera Impresión, 1675

ESCUELA TÉCNICA DE INGENIEROS
EN TOPOGRAFÍA, GEODESIA
Y CARTOGRAFÍA

REAL SOCIEDAD
GEOGRÁFICA

© Real Sociedad Geográfica
© Universidad Politécnica de Madrid

Printed in Spain. Impreso en España

ISBN: 84-611-1278-4
Deposito Legal: S-813-2006

EUROPA ARTES GRÁFICAS, S.A.
C/ Juan de la Cierva, Parc. 4 - Pol. Ind. el Montalvo I
Teléf. 923 22 22 50
37008 Salamanca

JUSTIFICACIÓN DE LA TIRADA

De la presente edición facsímil del tratado Esfera en Común, Celeste y Terráquea del P. Zaragoza, publicada en Madrid en 1675 han sido impresos mil ejemplares sobre papel verjurado de 100 gr. numerados individualmente.

Ejemplar n.º.....

Edición coeditada por:

La Real Sociedad Geográfica de España y la Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Geodesia y Cartografía de la Universidad Politécnica de Madrid.

NOTA DE LOS EDITORES

La Real Sociedad Geográfica de España y la Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Geodesia y Cartografía de la Universidad Politécnica de Madrid, han tomado la iniciativa de editar el facsímil de la obra del P. José Zaragoza y Vilanova, profesor del Colegio Imperial de Madrid entre 1670 y 1679, titulada *Esphera en Común, Celeste y Terráquea* (1675). Se trata de recuperar una obra centrada principalmente en el campo de las matemáticas, que presenta en tres libros los fundamentos de geometría esférica, astronomía y geografía física, dando una idea de los conocimientos que se tenían en aquella época de los fenómenos terrestres y celestes. El tercer libro, de acuerdo con Agustín Udías puede considerarse como “el primer tratado de geofísica escrito en español”. El P. Zaragoza muestra en esta obra su erudición y conocimiento de autores

clásicos y modernos y destaca siempre por su estilo conciso y claridad de exposición.

No es un autor olvidado ya que además de los 12 libros publicados entre 1669 y 1678 dejó inéditos numerosos manuscritos que se conservan en la Biblioteca de la Real Academia de la Historia, Biblioteca Nacional y Biblioteca del Colegio Real de Escoceses (Salamanca), y una importante bibliografía moderna avala el interés despertado por su obra en los últimos años. A pesar de ello, el tratado *Esphera en Común, Celeste y Terráquea* no es suficientemente conocido y esperamos que la edición de este facsímil, contribuya a difundir una obra interesante del siglo XVII, relacionada con las ciencias de la tierra, dando también a conocer el esfuerzo científico y educacional realizado por la Compañía de Jesús a través del Real Colegio Imperial de Madrid hasta 1767.

Para concluir esta nota, debemos destacar nuestro agradecimiento al Rector de la de la Universidad Complutense de Madrid, al director y personal de la Biblioteca Marqués de Valdecilla, de esa Universidad, donde está depositado el ejemplar de la edición original de *Esphera en Común, Celeste y Terráquea*, utilizado para la realización de este facsímil, y al autor del proemio, Agustín Udías Vallina, catedrático emérito de la Facultad de Físicas de la Universidad Complutense.

EL P. JOSÉ ZARAGOZA
Y SU OBRA

JOSÉ Zaragoza y Vilanova, uno de los más destacados matemáticos y astrónomos españoles de su tiempo, nació en Alcalá de Chisvert (Castellón de la Plana) el 5 de Mayo de 1627. Ingresó muy joven en el colegio-seminario fundado en Valencia por Vives y Masó y estudió filosofía en la Universidad de Valencia. Pronto sintió el interés por las matemáticas que estudió privadamente por su cuenta. Al terminar sus estudios de filosofía la Universidad de Valencia le ofreció una cátedra de matemáticas que no aceptó, ya que entró en el noviciado de la Compañía de Jesús en Huesca el 1 de Febrero de 1651. Empezó pronto su docencia, antes de acabar su noviciado, enseñando retórica en el colegio de Calatayud. Más tarde pasó al colegio de Palma (Mallorca), donde enseñó filosofía y empezó a dar clases privadas de matemáticas. En Palma entró en contacto con el astrónomo mallorquín Vicente Mut (1614-1687), uno de los astrónomos españoles más importantes de su época y su colaborador Miguel Fuster que influ-

yeron de manera determinante en su obra astronómica. Después de una estancia en Barcelona donde estudió y luego enseñó teología, Zaragoza enseñó desde 1660, durante diez años teología en el Colegio de Valencia, dedicado también al estudio y la docencia privada de matemáticas y astronomía. Entre sus discípulos de esta época destacan Diego Felípez de Guzmán, Marqués de Leganés y José de Chafrián, autor de una obra de matemáticas (*Escuela de Palas o Curso de Matemáticas*, Milan, 1693) en la que utiliza las enseñanzas de su maestro. De esta época es su estudio del cometa de 1664 y 1665. Cuando el Marqués de Leganés se trasladó a la corte consiguió del P. General de los jesuitas, Juan Pablo Oliva, el traslado de Zaragoza a Madrid. De esta forma en 1670 empezó su docencia de matemáticas en el Colegio Imperial de Madrid.

El origen del Colegio Imperial de Madrid fué un pequeño colegio que los jesuitas fundaron en Madrid y que comenzó oficialmente sus clases de gramática, retórica y teología en 1572. El colegio creció rápidamente de modo que en 1598 tenía ya cerca de 750 alumnos, con clases de gramática, retórica, humanidades y teología. La verdadera importancia del colegio comenzó con el legado dejado a su muerte por María de Austria (1528-1603), hija de Carlos V y esposa del emperador Maximiliano de Austria. Después de la muerte del Emperador se retiró a Madrid en 1581. María de

Austria, generosa benefactora de los jesuitas en Alemania, lo continuó siendo en Madrid, donde acudía con frecuencia a los actos religiosos de su iglesia. A su muerte dejó gran parte de su fortuna al colegio de la Compañía para que se construyese un nuevo edificio e iglesia. Después de resueltas las dificultades del legado, en 1609 se establecía a D^a. María de Austria como Patrona, Dotadora y Fundadora del colegio que desde ese momento se llamará Colegio, Imperial. En los estudios mayores del colegio se establecían 17 cátedras de las que dos eran de Matemáticas. Otras afines eran las de Cronología, de “*Re Militari*” y de Historia Natural. En 1625 por un decreto de Felipe IV, el colegio se convirtió en Reales Estudios, de rango universitario, aunque no estaba facultado para conferir grados. El rey se constituye como fundador y patrón de los Reales Estudios, función que había de pasar a sus sucesores. En el decreto se establecen seis cátedras menores (gramática y retórica) y 17 mayores (lenguas, filosofía y teología). La creación de estos Reales Estudios suscitó la oposición de las universidades españolas, en especial las de Salamanca y Alcalá. Su inauguración tuvo lugar en 1629. El colegio adquirió pronto un gran prestigio y una parte apreciable de la nobleza española se educó en él. El Colegio Imperial estuvo regentado por los jesuitas hasta 1767, fecha en que los jesuitas fueron expulsados de España por orden de Carlos III.

El P. Zaragoza ocupó la cátedra de matemáticas desde 1670 hasta su muerte en 1679 y fue, sin lugar a dudas, el más fecundo de los profesores de matemáticas del Colegio Imperial, publicando 12 libros entre 1669 y 1678 y dejando inéditos numerosos manuscritos. Además de sus obligaciones docentes realizó otros muchos cometidos. En 1672 fue nombrado Calificador del Supremo Consejo de la Inquisición. En 1675 recibió el encargo de realizar un estudio sobre la minas de Almadén y de Guadalcanal y en 1677 emitió un informe sobre una mina de mercurio en Chilapa, Méjico. Estos estudios sobre minas le llevó a ser nombrado visitador oficial de la minería en Toledo y Castilla y en 1677 miembro de la Real Junta de Minas y de las de Conciencia y Medios en las que su opinión era muy valorada. En 1675 recibió la comisión del estudio de la mejora y defensa del puerto de Sanlúcar de Barrameda, para lo que realizó un viaje en 1676. En este viaje se detuvo en Cadiz donde realizó algunas observaciones astronómicas. En 1678 reconoció las márgenes del río Tajo con el fin de instalar una presa de riego y molino. El año 1675 la reina regente Mariana de Austria le nombró maestro de matemáticas del rey Carlos II que tenía entonces 14 años. Zaragoza mantuvo un contacto continuo con el joven rey con frecuentes visitas a la corte. Zaragoza murió en Madrid el 14 de abril de 1679 después de una corta enfermedad.

Libros

El P. Zaragoza publicó 12 libros entre 1669 y 1678, sus títulos completos vienen dados en la lista adjunta. Menos uno que trata de temas de astronomía y geofísica y otro de instrumentos matemáticos, los demás tratan de matemáticas, es decir, geometría, aritmética y álgebra, con una dedicación especial a los temas de geometría. Zaragoza tenía en 1670 un ambicioso programa para desarrollar un curso completo de matemáticas dividido en ocho tomos con los títulos en latín: 1. *Geometricus*, 2. *De numero*, 3. *Sphericus*, 4. *Trigonometrica*, 5. *Optica*, 6. *Mathesis Mixtae*, 7. *Astronomia*, 8. *Physico- Mathematicum*. El primer tomo de geometría está dividido en 14 partes de las que dice tener ya preparadas 10 y corresponde a la mayor parte de su producción. El segundo trata de aritmética y álgebra, el tercero de la esfera en común, celeste y terráquea y el cuarto de trigonometría. Los libros actualmente publicados corresponden a las materias de estos cuatro tomos más el de astronomía.

El grupo mayor de textos se puede clasificar como de interés pedagógico y está escrito tanto en latín como en español. El primer libro de Zaragoza, *Arithmetica universal* (1669), está publicado cuando todavía era profesor en Valencia, mientras que todos los demás corresponden a su docencia en Madrid; en el primero de éstos, *Geometría especulativa*, publica-

do en 1671, se precisa “agora (profesor) de mathematicas en los Estudios Reales del Imperial de Madrid”. Los dedicados a geometría son cuatro. En la introducción del primero, *Geometria especulativa y practica* (1671) se dice que se deben facilitar las demostraciones y que el estilo más breve no es siempre el mejor si se peca de confuso, “el buen orden tiene el primer lugar en todo”. La concisión en el estilo y la claridad es la característica principal de todos sus textos. Cita la experiencia propia de “haber aprendido sin maestro una ciencia tan noble desde hace diez años”, lo que situaría su primer interés por las matemáticas en los comienzos de su estancia en Valencia y mostraría el hecho de que su conocimiento de las matemáticas se deba a su estudio privado. La obra se divide en dos partes, la primera de geometría especulativa es una presentación de los libros 1 al 6 (geometría plana) y el 11 (sólidos) de los *Elementos* de Euclides. En la segunda parte, geometría práctica, se trata de 8 tipos de problemas de aplicación de la geometría. El último tipo se refiere a problemas no resueltos, como la trisección del ángulo, la inscripción del heptágono y la cuadratura del círculo. El texto en latín *Geometría practica Euclides* (1672) tiene los mismos contenidos de la parte práctica del texto en español anterior, es decir, los mismos 8 tipos de problemas. En cada tipo de problemas se resuelven 7 casos prácticos. El texto latino *Euclides nov-antiquus* (1673), es muy parecido al texto castellano

de *Geometría especulativa y práctica* y también está dirigido a principiantes. La indicación de *novo-antiquus* del título se refiere a que en el libro se mezcla lo antiguo y lo nuevo, con claridad y brevedad de lo que, según Zaragoza, se sigue más facilidad para aprender. Añade una primera parte de 24 consideraciones previas, donde agrupan todas las definiciones, a la que siguen los mismos capítulos que corresponden a los libros de Euclides (1-6 y 11). Zaragoza conserva el orden de los teoremas de Euclides, cuando lo exige el orden y la claridad, los dos criterios fundamentales para él en la exposición de las materias. Prácticamente el mismo texto de la Geometría especulativa y práctica aparece en el libro en español más tardío *Euclides nuevo antiguo* (1678). La única diferencia es que los títulos de los capítulos en la parte especulativa son los de los libros de Euclides y se añade el libro 12, mientras la parte práctica es la misma. En conclusión, el contenido de los 4 libros es fundamentalmente el mismo, con variaciones y añadidos en los textos más tardíos. Se trata, por lo tanto, de una presentación de los libros de Euclides (1-6 y 11-12), presentados para principiantes, con sencillez y libertad, insistiendo siempre en el orden y la claridad.

El primer libro publicado por Zaragoza cuando todavía era profesor en Valencia es *Arithmetica universal* (1669) en el que se trata de nociones de aritmética y álgebra. En la introducción justifica escribir

“en romance”, aunque “con repugnancia de la pluma ejercitada más en el idioma latino que en castellano”, por la carencia de textos en esta lengua, cuyos autores dice que son “en la prolixidad diminutos y confusos en la enseñanza”. Zaragoza propone en su obra unir completitud y brevedad. La obra está dividida en 4 libros, los dos primeros abarcan las operaciones aritméticas, proporciones y progresiones, potencias y raíces de los números. El libro 3 trata del álgebra de la que dice que es la parte más sutil de las matemáticas y la divide en vulgar y especiosa. A esta última la llama también *vietaea* por su creador François Viète quien publicó su obra principal de álgebra en 1591. En esta parte se resuelven ecuaciones de segundo grado, aunque no se da la fórmula general. En el último libro trata de algunas cuestiones oscuras y difíciles “que piden mucho ingenio su resolución”. En él se proponen y resuelven por álgebra numerosos problemas planteando las ecuaciones correspondientes que en algunos casos son de segundo grado. El mayor interés de Zaragoza por la geometría que por el álgebra, refleja la tradición iniciada por Christopher Clavius (1537-1612), profesor del Colegio Romano de 1564 a 1612, al que todos los matemáticos jesuitas consideraban como su maestro y que es una constante en los profesores de matemáticas jesuitas del siglo XVII.

En 1672 Zaragoza publicó *Trigonometria española*, una obra sobre trigonometría y logaritmos. La

obra está dividida en tres libros: El primero es el más extenso y en él se trata de las funciones trigonométricas, senos, tangentes y secantes y de la naturaleza y propiedades de los logaritmos. Los logaritmos habrían sido introducidos en 1614 por John Napier. En el tercer libro trata de los triángulos que se forman en la superficie de una esfera con tres arcos de círculos máximos y hace referencia a los tratados sobre este tema de geómetras griegos como Teodosio y Menelao. La obra se completa con los dos libros publicados aparte, pero encuadrados conjuntamente, *Canon trigonometricus* y *Tabula logarithmica*. El primero es una tabla de senos y tangentes entre 1 grado y 180 a intervalos de un minuto de arco con siete cifras decimales. El segundo es una tabla de los logaritmos de los números de 1 a 11100 con siete cifras decimales. Zaragoza no dice si fue él mismo el que hizo los cálculos o los sacó de otros autores.

La obra cumbre de geometría de Zaragoza es *Geometria magna in minimis* (1674). La obra está dividida en tres partes publicadas como libros independientes: 1. *De minimis in communi*. 2. *De minimis in plano*. 3. *De minimis in solido*. En la introducción (*Operis ratio lectori*) hace notar la novedad de su obra “animado por ejemplo de los geómetras antiguos y modernos a atreverme a algo nuevo”. Justifica el título diciendo que una gran cantidad de geometría (geometría magna) es necesaria para la solución del problema de los mínimos. Toda la obra gira alrededor

del concepto de “*centrum minimum*”, un punto, definido estrictamente en términos geométricos, que corresponde al baricentro o centro de gravedad de las figuras. La primera parte trata del problema en general, sin precisar las figuras a las que se va a aplicar. La segunda parte trata de la aplicación a las figuras planas (triángulos, cuadriláteros, figuras regulares y polígonos irregulares). La parte tercera trata de la aplicación a figuras sólidas (pirámides, hexaedros y prismas, sólidos regulares). Zaragoza consideró esta obra un paso importante hacia el curso completo de matemáticas que, como ya hemos visto, pensaba completar con tratados sobre la esfera, trigonometría aplicada, astronomía y trigonometría.

El último libro de Zaragoza es el publicado en 1675, *Fabrica y uso de varios instrumentos mathematicos*. Se trata de la descripción y manual de uso de 11 instrumentos contruidos por el mismo Zaragoza y sus dos ayudantes Juan Carlos Andosilla y Bartolomé Alcázar, y ofrecidos a Carlos II al cumplir 14 años. Entre los instrumentos hay reglas, pantógrafos, triángulos, compases y un anteojo de 4 lentes convexas. Zaragoza dice que completó la preparación en un mes de lo que debía haber llevado un año. Esta obrita muestra el aspecto experimental de Zaragoza y su cuidado en el diseño y construcción de los instrumentos.

En resumen, de los libros de Zaragoza el más original es *Geometria magna in minimis*, en la que

muestra su verdadero talento para la geometría. En las demás obras de matemáticas, de carácter pedagógico, destaca su énfasis en la claridad de la presentación y se nota su mayor interés por la geometría que por el álgebra, según la tradición de los profesores de matemáticas jesuitas seguidores de la obra de Clavius.

Manuscritos

Para completar la visión de la obra de Zaragoza se da ahora un resumen de algunos de sus manuscritos. La mayoría de ellos se conservan en la Biblioteca de la Real Academia de la Historia (BRAH), en lo que se conoce como la Colección de Cortes. Para identificar cada manuscrito dentro de un volumen se da el número de orden del manuscrito dentro del volumen después de su signatura (p.ej. 9/2728.4). Se han añadido algunos manuscritos contenidos en la colección “Papeles de jesuitas” y otros con signaturas anteriores a la 9/2600, también de la BRAH, y algunos manuscritos de la Biblioteca Nacional (BN), y la Biblioteca del Real Colegio de Escoceses (Salamanca).

Los manuscritos de Zaragoza están comprendidos en los volúmenes 9/2704 al 9/2708 y 9/3760 (Papeles de jesuitas 187) y los de la Biblioteca Nacional 8900, 8932 y 9173. Algunos de los manuscritos están repetidos y muchos corresponden a obras que fueron des-

pués publicadas. Los más extensos vienen dados en la lista adjunta. Los dos manuscritos de aritmética (9/2704 y 9/2725.6) corresponden a partes de la obra publicada *Arithmetica Universal*. Lo mismo sucede con los dos de trigonometría aplicada (9/2706.1 y 2) respecto a *Trigonometría Española*. Sin embargo, el manuscrito con el mismo título *Trigonometría española* (9/3760) fechado en 1663, por lo tanto muy anterior a la publicación del libro, está dispuesto de distinta manera. Una aplicación de la trigonometría a diversos problemas de medidas terrestres y celestes, al diseño de relojes de sol y observación de cometas se encuentra en *Trigonometria applicata* (9/2716 y 9/2706.2). El manuscrito *De locis planis* (9/2708.5) trata de teoremas de geometría plana y contiene 13 proposiciones y su demostración, con referencia a las 103 figuras contenidas en el texto. Los manuscritos 9/2706.3 y 9/3760.37 son muy parecidos y forman un tratado (sin título general) de la geometría del círculo, elipse y parábola dividido en 13 proposiciones (la 12 incompleta y la 13 solo el título). Sobre esta materia son también los manuscritos 9/2706.4,5,6 que tratan sobre la geometría de la elipse y la parábola.

Los manuscritos de astronomía son varios, los más extensos son los siguientes: *Astronomia, iuxta Lambergii* (9/2705.1-2, BN9173), una adaptación de las tablas del astrónomo belga Philips Lansbergen (1561-1632) en doce capítulos que tratan de la posición y movimiento de los planetas, de la Luna y sus

eclipses y otros temas. *Astronomia teorica et practica* (BN8932) es el texto breve de un curso explicado en el Colegio. Dividido en dos libros, el primero sobre el Sol y la Luna y el segundo sobre la Luna y los eclipses. En el segundo se presentan las hipótesis sobre el movimiento de la Luna de Tolomeo, Alfonso X, Copérnico, Tycho, Longomontano, Kepler, Boulliau, Lansbergen y Riccioli, mostrando su erudición sobre el conocimiento de estos autores. Los manuscritos *Tratado de la esfera e introducción a la astronomía* (9/2707 y BN8900), y su versión latina, *Tractatus de sphaera et introductio ad astronomiam* (BN8932.3), son un curso completo introductorio breve de astronomía para principiantes. Expone en el preámbulo haberse decidido a escribirlo “por haber reconocido en no pocas ocasiones la gran dificultad en los que empiezan el estudio de las matemáticas a entrar en la astronomía” e insiste en la brevedad y la claridad de la exposición. Como ya hemos visto la claridad en la exposición era una de las principales preocupaciones de Zaragoza en sus escritos.

Los únicos manuscritos sobre astronomía de observación se refieren a observaciones de cometas. El primero es *Discurso de cometa* (9/2705.3), en el que presenta sus observaciones de un cometa hechas del 17 de Diciembre 1664 al 21 de Marzo de 1665 en Valencia. Describe el movimiento aparente y real, de su posición (en el cielo planetario) y el tamaño y material. El segundo *Observationes cometarum*

(9/2782.44) que presenta las observaciones hechas en Arganda de un cometa del 27 de Abril al 1 de Mayo de 1677. En el presenta las observaciones, la determinación de su posición y la de su movimiento. Estos manuscritos muestran el cuidado, minuciosidad y exactitud que Zaragoza pone en sus observaciones y la sobriedad en las conclusiones que saca de ellas.

Los manuscritos de Zaragoza nos completan la imagen que de él ya nos habían dado sus libros. Los de matemáticas corresponden a los temas de los libros, añadiendo para la geometría el tema de las secciones cónicas. Los de astronomía nos muestran su dominio de la astronomía de posición y el conocimientos de los autores, tanto clásicos como modernos. Sus observaciones de los cometas muestran que no era solo un teórico, sino que ponía el mismo cuidado en el trabajo observacional. Muchos de los temas están tratados en la parte dedicada a la astronomía en su libro de la *Esphera* cuyo texto reproducimos. Lo mismo que en los libros, en los manuscritos destaca su dominio de los temas, la capacidad de síntesis, su preocupación pedagógica y su claridad en la exposición.

El tratado Esphera en Común, Celeste y Terráquea

El texto que reproducimos es el de la obra de Zaragoza, *Tratado de la Esphera en Común, Celeste y Terráquea* (1675). Esta obra no es un libro de texto,

sino una presentación de los fundamentos de geometría esférica, astronomía y geografía física y de los conocimientos que se tenían en aquel tiempo sobre los fenómenos celestes y terrestres. En este libro Zaragoza muestra tanto su erudición y el conocimiento de las diversas opiniones de autores, tanto clásicos como modernos, dando su opinión sobre los temas controvertidos y en el que destaca la claridad de su exposición. Se queda corto, sin embargo, en abrazar claramente las nuevas ideas, sobre todo en astronomía, aunque en esto influyó, naturalmente, la condena eclesiástica del heliocentrismo, como veremos. El libro está dedicado a María Petronila Niño Enriquez de Porres, mujer de Pedro Núñez de Guzmán, Conde de Villaumbrosa, Presidente del Real Consejo de Castilla. En la dedicatoria, de estilo barroco al gusto de la época, se alaba la cultura de esta dama de la que se dice que aprendió con perfección el francés en cuatro meses y en poco más el latín y en menos de seis meses dejó vencidas la aritmética, geometría y astronomía y la compara con Hypatia de Alejandría, la famosa y trágica matemática griega. Zaragoza se despide como su más humilde capellán y siervo. A la dedicatoria siguen las aprobaciones elogiosas de los padres jesuitas Ignacio de Castroverde y Juan Cortés Osorio y las licencias para su publicación del provincial de los jesuitas de Toledo, Diego de Valdés y de Francisco de Forteza, vicario de Madrid.

La obra está dividida en tres libros y se abre con 20 definiciones generales sobre la geometría de la esfera que según dice el autor: “deben de estar muy presentes en la memoria”. El primer libro trata de la geometría esférica y se basa en los tres libros de *Sphaericae* de Teodosio, geómetra griego del siglo I a. C., junto con los añadidos de los autores árabes (sin mencionar nombres) y algunos escolios y lemas de la obra de Clavius. Reduce toda la materia a 11 proposiciones, “diziendo en pocas palabras lo que Teodosio con muchas líneas propone, sin faltar a la claridad”. En esta parte sigue el esquema de presentar cada proposición seguida con su demostración apoyada en las correspondientes figuras que se dan al final del libro. Solo en las dos últimas proposiciones se aparta de Teodosio y utiliza el libro de Arquímedes *De sphaera et cylindro* y la obra de Bonnaventura Cavalieri, discípulo de Galileo y profesor en Bolonia.

El libro segundo es un pequeño tratado de astronomía dividido en 29 proposiciones. En las cuatro primeras presenta los diversos sistemas astronómicos y en ellas presenta su posición personal sobre la estructura del universo y su naturaleza. Para situarlo históricamente hay que recordar que el sistema heliocéntrico, publicado por primera vez por Copernico en 1543, había recibido un importante impulso con las observaciones de Tycho Brahe entre 1581 y 1597, quien a su vez publicó en 1589 su propio sistema

(geo-heliocéntrico) en el que los planetas giran alrededor de Sol y éste alrededor de la Tierra, que se mantiene como centro del universo. Galileo, que había adoptado el copernicanismo hacia 1590, publicó su defensa final en 1632 en su famoso *Diálogo*. Las obras de Kepler en las que se establecen las tres leyes del movimiento planetario se publicaron entre 1609 y 1627. Descartes publicó en 1644 su obra *Principia Philosophiae* donde presenta sus ideas físicas y cosmológicas. Hay que recordar también la puesta en el Índice de la obra de Copernico en 1616 y la condena de Galileo en 1632. Cuando Zaragoza publica su libro en 1675 es consciente de todos estos desarrollos de la astronomía y se ve también condicionado por la condena eclesiástica del heliocentrismo. Empieza Zaragoza presentando el sistema clásico geocéntrico de Tolomeo que había estado vigente durante toda la Edad Media. Presenta después el sistema mixto (geo-heliocéntrico) de Tycho Brahe y su discípulo Longomontano (Christiern Langberg), en el que los planetas giran alrededor de Sol y éste alrededor de la Tierra y el modificado por el astrónomo jesuita Giovanni Battista Riccioli (1598-1671). Zaragoza utiliza a menudo en esta parte la obra de Riccioli, *Almagestum Novum* (Bologna, 1651) que sustituyó como libro de texto de astronomía a la obra de Clavius, *Commentarius in sphaeram Ioannis de Sacrobosco* (Roma, 1570). La obra de Riccioli de carácter enciclopédico presenta un sistema en el que Mercu-

rio, Venus y Marte giran alrededor del Sol y éste, Júpiter y Saturno alrededor de la Tierra. Se trata, por lo tanto, de un compromiso para justificar las nuevas observaciones, sin abandonar la inmovilidad y centralidad de la Tierra y el movimiento del Sol, de acuerdo con la condena eclesiástica. Finalmente presenta el sistema de Copérnico, al que dice que siguen Johann Kepler, Galileo Galilei, William Gilbert, Ismael Boulliau (Bullialdus), Herigonio, Pierre Gassendi y otros. De Copernico dice que su sentencia “aunque ingeniosa está condenada como contraria a las Divinas Letras”. Añade del sistema de Copérnico que solo se condena la actual realidad de esta composición, pero no su posibilidad, pudiéndose hacer uso de ella a modo de hipótesis para el cálculo de la posición de los planetas. Vemos aquí la postura ya tomada por el Cardenal Roberto Belarmino con respecto a Galileo y mantenida por la mayoría de los astrónomos jesuitas posteriores. Belarmino sostenía que, mientras no existiese una demostración convincente del movimiento de la Tierra, debía mantenerse el sistema geocéntrico, como más de acuerdo con la interpretación literal de los pasajes de la Biblia que hablan de la estabilidad de la Tierra y del movimiento del Sol. Reconoce Zaragoza que los sistemas de Copérnico y Tycho son equivalentes, variando solo si se toma el Sol o la Tierra como punto de referencia fijo. Zaragoza no se decide del todo por el sistema de Riccioli y mantiene que el Sol y la Luna y todos los

planetas, menos Venus y Mercurio, giran alrededor de la Tierra. Por lo tanto, no es correcto afirmar como lo hacen Armando Cotarelo y repite José Ma. López Piñero que Zaragoza fuese un Copernicano en secreto. Respecto a la adecuación de los diversos sistemas con las observaciones mantiene una actitud ecléctica, sin decidirse por ninguno de ellos, cuando afirma: “Todas estas sentencias son probables si atendemos a solo el movimiento de los planetas... porque todas salvan el movimiento aparente de los planetas”. Zaragoza aprovecha esta ocasión para hablar de sus observaciones con el telescopio, “largomira o tubo optico” que en otra ocasión llama “tubo de Galileo”.

Respecto a si los cielos son fluidos o sólidos se inclina por una solución intermedia en la que la esfera de las estrellas fijas es sólida y el resto de los cielos fluido. Rechaza, por lo tanto, la concepción tradicional de esferas sólidas cristalinas para las estrellas fijas y cada uno de los astros y la moderna de un universo ilimitado y vacío (o fluido) en el que se mueven los astros. En estos como en todos los demás temas, Zaragoza demuestra conocer las opiniones y observaciones de los autores contemporáneos, en especial de Riccioli a quien cita a menudo junto con Tycho Brahe y Longomontano y entre los copernicanos sobre todo a Kepler y Boulliau. Sostiene la opinión de un universo finito con centro en la Tierra, limitado por la esfera sólida de las estrellas fijas. Entre estas y la Tierra hay un medio fluido en el que

se mueven los planetas, el Sol y la Luna. El Sol con Mercurio y Venus a su alrededor, gira alrededor de la Tierra. Presenta las distancias de la Tierra a las estrellas, como a cada uno de los planetas según las medidas de varios autores, en términos del radio de la Tierra, tanto geocéntricos como Tolomeo, Longomontano y Riccioli, como copernicanos, Galileo, Lansberg y Kepler.

Las proposiciones 5 a 8 tratan de los diversos círculos de la esfera terrestre y de las órbitas de los planetas. De la 9 al 11 del movimiento de los planetas donde rechaza tanto las órbitas circulares como las elípticas, propuestas por Kepler, y propone un movimiento en espiral: “en nuestra sentencia, que el Cielo Planetario es fluido, se salvan todas las apariencias con un solo movimiento espiral”. Debido a la dificultad para el cálculo de este tipo de órbita, afirma que para ello se pueden usar los círculos o las elipses. En las proposiciones 12 a 14 trata de la eclíptica y la longitud, latitud, ascensión recta y declinación de los astros. Las 15 a 16 sobre la paralaje de los astros y el efecto de refracción de la atmósfera. De 18 a 23 del calendario, de la división en años, meses y días y la definición del día solar y el día sidéreo, el calendario juliano y la reforma gregoriana. En la proposición 24 al hablar del Sol y la Luna trata de la substancia de estos dos astros afirmando que el sol es un globo de fuego y la luna de substancia celeste, aunque admite la existencia en ella de montañas y valles como se

observa con el telescopio (conoce el mapa de Francisco María Grimaldi, publicado por Riccioli), De las manchas solares dice que son cuerpos opacos muy cercanos al Sol o en su mismo cuerpo y cita al jesuita alemán Christopher Scheiner y su obra sobre el Sol *Rosa Ursina* (1630) y a Galileo, pero no su obra sobre las manchas solares publicada en 1613. La proposición 25 trata de los eclipses de Sol y Luna. Al final de ella habla de sus observaciones en 1660 de la conjunción de Venus y Júpiter. La proposición 26 trata de los planetas y en ella habla de los cuatro satélites de Júpiter, descubiertos por Galileo y de los que dice que “yo con mi antejo les he visto no pocas veces”. De Saturno dice que a veces ofrece una forma ovalada o la presencia de dos satélites muy cercanos a él. No habla de sus anillos que habían sido ya correctamente interpretados por Christian Huygens en 1655 y al que curiosamente no cita nunca.

La proposición 28 trata de las Novas y los cometas. De las novas cita la de 1572 y afirma que son celestes por su nulo paralaje, pero niega que esten entre las estrellas fijas como afirman Tycho, Kepler y otros y las pone en el cielo planetario, ya que para él “el firmamento es sólido y no es capaz de semejantes apariencias”. Para Zaragoza las novas son como cometas sin cola, pero con mayor luz. Del carácter especulativo de su naturaleza y movimiento dice: “En materia tan distante y difícil ... nadie con fundamento puede dar asenso más a una parte que a otra de

las que salvan las observaciones”. Sobre los cometas menciona explícitamente los de 1677, 1607, 1618 y 1664. De este último dice que fue observado por Vicente Mut en Mallorca y por él mismo en Valencia. Promete que publicará estas observaciones en un libro aparte lo que no llegó a hacer, aunque se conserva su manuscrito (*Discurso de Cometa*). Sitúa los cometas por encima de la Luna, en lo que él llama el cielo de los planetas. La última proposición trata del influjo de los astros pero no habla de su uso en la astrología. En todo este libro II, muestra Zaragoza un gran conocimiento de la astronomía geométrica y de las opiniones de los autores modernos, pero su toma de postura es siempre más bien tradicional. Sorprende, por ejemplo, que todavía mantiene que son los ángeles los que mueven la esfera de las estrellas fijas y los planetas.

El tercer libro trata de la esfera terrestre y es quizás el más original y se puede considerar como el primer tratado de geofísica escrito en español. Según indica en la introducción se trata de un tratado de geografía, aunque limitándose a “los términos comunes y los principios universales”. Para más detalles se refiere a la geografía de los jesuitas Riccioli (*Geographia et hydrographiae*; Bolonia, 1661) y Philipp Briet (*Paralella Geographiae veteris et novae*, Paris, 1648). El libro está dividido en 12 proposiciones. Las tres primeras proposiciones tratan de la posición de la Tierra, su forma, movimiento y tamaño. Conforme

a lo ya explicado en el libro anterior, la Tierra está situada en el centro del universo y se niega cualquier movimiento suyo (“la sentencia, a mi juicio verdadera, niega todo movimiento a la tierra”). El centro de la Tierra es el centro de la gravedad. Zaragoza conoce que en la caída de los cuerpos los espacios son proporcionales a los cuadrados de los tiempos, pero no cita a Galileo, y mantiene que los cuerpos más pesados caen más de prisa. En la proposición 2 trata además del magnetismo de la Tierra y cita a Gilbert, “el primero que investigó este secreto” (su obra *De Magnete* se publicó en 1600) y a los jesuitas Niccolò Cabeo, Athanasius Kircher, Vincent Leotaud, Jacques Grandami y Nicola Zucchi, todos ellos autores de obras sobre el magnetismo. Para el tamaño de la Tierra cita los valores dados por Riccioli, aunque es consciente de las inexactitudes introducidas por las distintas unidades de medida. Da los valores en leguas españolas de la longitud del grado (17.5) y de la circunferencia de la Tierra (6300). No está claro de que legua española se trata, ya que no puede ser la más común, llamada de 20 al grado, que corresponde a 5556 m. Es posible que sea la “de camino” de 6620 m que daría para el grado 115.8 km, un valor un poco alto.

Las proposiciones 4 y 5 tratan de los círculos de la Tierra, latitud y longitud, zonas y climas y otras divisiones. En la proposición 6 sobre los habitantes de la Tierra, trata de la controversia en autores ecle-

siásticos antiguos de la existencia de los antípodas. Al hablar de los habitantes de América se plantea como llegaron allí desde Asia, proponiendo su paso por el norte, que bien estaba unido o separado por un estrecho paso. Esta solución ya había sido propuesta por José de Acosta (*Historia Natural y Moral de las Indias*, 1590) a quien no cita. La proposición 6 trata de los mares y en ella se habla de su extensión, profundidad, salinidad, corrientes y mareas. Sobre la causa de las mareas considera errónea la propuesta de Galileo de asignarla al movimiento de traslación y rotación de la Tierra. Propone como causa el influjo de la Luna, aunque no se sabe que tipo de influjo es éste, no aceptando la propuesta de Kepler y Gilbert de que sea una fuerza magnética. En la proposición 8 sobre montes y fuentes se plantea como vuelve el agua de los ríos desde el mar otra vez a su fuente. Después de explicar diversas opiniones finalmente se decide por la lluvia sin negar otras formas. La proposición 9 trata de los vientos, que considera correctamente como aire en movimiento. Su causa dice es desconocida y propone que sea la opresión del aire de la región superior y media sobre la inferior. El aire cercano a la superficie de la Tierra al ser oprimido se mueve horizontalmente. En esta proposición vuelve al tema del magnetismo, al hablar de la brújula, para hablar de la declinación magnética y su causa. No admite su variación en el tiempo que había sido propuesta en 1635 por Henry Gellibrand, a quien no cita.

Presenta la opinión de Gilbert, Cabeo y Leotard que asignan la variación de la declinación a la presencia de materiales magnéticos en el interior de la Tierra.

La proposición 10 trata de las proyecciones de la superficie esférica de la Tierra sobre un plano, de los mapas y escalas. En la 11 dedicada a la navegación trata de la determinación de la latitud y la longitud. La primera no ofrece dificultad, no así la segunda. De esta última dice: “Este es el punto célebre que Dios puso por término del ingenio humano para su humillación”. Comenta que los príncipes europeos han ofrecido premios para el que de una solución al problema. Propone 6 métodos, el primero el de los relojes, confiesa que no es posible por no existir relojes exactos. Huygens había desarrollado el reloj de péndulo entre 1657 y 1673, pero no fue hasta 1714 cuando John Harrison construyó el primer cronómetro marino que resolvió definitivamente el problema. Entre los métodos presenta el propuesto por Galileo en 1632 al rey de España basado en la observación de los satélites de Júpiter. Este método fue más tarde desarrollado por Giovanni Cassini, primer director del Observatorio de París. En 1648 a instancias de Cassini la Academia de Ciencias francesas organizó una expedición marítima a China de astrónomos jesuitas para comprobar su utilidad. Los otros métodos mencionados son los de los eclipses de Luna, la declinación magnética y los rumbos, ninguno de ellos definitivo.

La última proposición está dedicada al mundo subterráneo, remitiéndose a la obra de Kircher, *Mundus Subterraneus* (Amsterdam, 1664) llena, según él, de “tan extrañas como profundas noticias”. De ella Zaragoza menciona su sistema de conductos de fuego (pyrophilacios), agua (hydrophilacios) y aire (aerophilacios) en el interior de la Tierra. En ella habla de los fuegos subterráneos y su origen que asigna a la existencia de depósitos de azufre, betún, salitre y carbón en el interior de la Tierra. Sobre los terremotos cita el de Lorca (Murcia) en 1674. Del terremoto dice que “muchas veces es efecto natural, otras le causa Dios o permite al demonio para castigo del hombre”. Pone su causa en el fuego que calienta el aire que se contiene en las cavidades de la Tierra y dilatándolo hace temblar la tierra. Se trata de la explicación dada por Kircher. Sobre los minerales y metales cita las obras de Georgius Agrícola (*De re metalica*, 1556) y de Álvaro Barba (*Arte de los metales*, 1640). Menciona la existencia de los fósiles a los que llama vivientes convertidos en piedra.

En conclusión, el libro es un interesante compendio, no siempre crítico, de las observaciones, los resultados y opiniones de numerosos autores antiguos y contemporáneos sobre el universo, el movimiento de los astros y la Tierra. Su lectura nos muestra cual era el conocimiento que se tenía sobre estos temas a mediados del siglo XVII. Zaragoza se considera siempre como un profesor de matemáti-

cas, ciencia que en su época incluía la astronomía, óptica, mecánica y otras ciencias en las que se aplicaban las matemáticas, como la arquitectura y la música. De esta forma se distancia de los filósofos a los que deja los problemas sobre la actual constitución de la naturaleza de las cosas, mientras se concentra en la aplicación de las matemáticas a la explicación de los fenómenos. En este aspecto Zaragoza se acerca a las corrientes de la naciente ciencia moderna de su tiempo. En sus obras muestra una gran erudición en el conocimiento de autores antiguos y modernos, citando entre estos últimos a Galileo, Gilbert, Kepler, Gasendi y Descartes. Como es natural cita con preferencia a autores jesuitas en especial a Clavius y Riccioli. Después de presentar las opiniones de otros autores, presenta su propia posición que a veces representa posturas más bien tradicionales. Por ejemplo, en algunos casos aduce todavía textos de la Biblia para aceptar o rechazar algunas proposiciones. Zaragoza es consciente de que muchas de las teorías propuestas son igualmente probables, pues explican igualmente las observaciones. Se puede decir que su postura ante la ciencia adolece de un cierto instrumentalismo, es decir, considera la ciencia como un instrumento para comprender la naturaleza. Esta postura era compartida por gran número de profesores de matemáticas jesuitas de su tiempo.

AGUSTÍN UDÍAS VALLINA

LIBROS DE JOSÉ ZARAGOZA

Arithmética universal que comprehende el arte menor y maior, álgebra vulgar y especiosa.

Valencia: Gerónimo Vilagrassa, 1669, 448 pp.

Geometría especulativa y práctica de los planos y sólidos. Valencia: Gerónimo Villagrassa, 1671, 176 pp. 4 láminas con figuras.

Trigonometría española, resolución de los triángulos planos y esféricos. Fábrica y uso de los senos y logarithmos y el uso de ellos. Mallorca: Francisco Oliver, 1672, 120 pp. 1 lámina con figuras.

Geometria practica Euclidis problemata continens. Madrid: Bernardo de Villa-Diego, 1672, 79 pp. 2 láminas con figuras .

Canon trigonometricus, continens logarithmos, sinuum et tangentium ad singula scrupula totius semicirculi. Radii logarithmo 10.0000000. Madrid: Bernardo de Villa-Diego, 1672, 45 pp.

Tabula logarithmica, continens undecim numerorum chiliades, cum suis logarithmis ab unitate scilicet ad 11100, dispositis nova methodo et proportioni astronomicae applicatis in gratiam astronomorum. Madrid: Bernardo de Villa-Diego, 1672, 37 pp.

Euclides novo-antiquus, singulari methodo illustratus. Valencia: Hieronymum Vilagrassa, 1673. 144 pp. 1 lámina con figuras.

- Trigonometria hispana, resolutio triangulorum planis et spherici. Constructio sinuum, tangentium, secantium et logarithmorum eorumque usus.* Valencia: Geronimo de Villagrasa, 1673. 136 pp.
- Geometriae magnae in minimis. Pars prima problema catholicum resolvit. De minimis in communi* (164 pp. 5 láminas). *Pars secunda de planis* (234 pp. 8 láminas). *Pars tertia de solidis* (291 pp. 11 láminas). Toledo: Francisco Calvo, 1674.
- Esphera en comun, celeste y terráquea.* Madrid: Juan Martín del Barrio, 1675. 256 pp. 12 láminas.
- Fábrica y uso de varios instrumentos mathemáticos con que se sirvió al rey Carlos segundo en el día de sus catorce años.* Madrid: Antonio Francisco de Zafra, 1675. 222 pp. 7 láminas.
- Euclides, nuevo-antiguo. Geometría especulativa y práctica de los planos y sólidos.* Madrid: Antonio Francisco de Zafra, 1678, 163 pp.

MANUSCRITOS DE JOSÉ ZARAGOZA

Biblioteca de la Real Academia de la Historia

9/2704 – 592. José Zaragoza. Aritmética. Dividido en 4 libros: I. De la arimética menor (23 caps.). 2. De las raíces. (14 caps.) 3. De el álgebra (12 caps.) .4. De los enigmas. (12 caps.) (con un índice al final). 312 pp.

9/2705 – 593. 1. Astronomia, nova methodo iuxta Lamsbergii hypothesim ad meridianum Matritensem accomodata ad longitudnem, 19 gr. 20 m. Pars prima, continens universa calculi praecepta. Authore R.P. Josepho Zaragoza, valentino e Societate Jesus, Valentiae anno 1670. (Dividido en 12 capítulos) 50 pp.

2. Usus tabularum Lansbergii, 8 pp.

3. Discurso del cometa del año 1664 y 1665, autor P. Joseph Zaragoza. (Dividido en 9 capítulos, sobre la observación, situación y naturaleza de los cometas) 78 pp.

9/2706 – 594. 1. Trigonometría Aplicada (6 caps. con figuras al final de cada capítulo) (no figura el autor). 77 pp.

Trigonometria applicata ad varias mathematicae partes. (5 caps. con figuras al margen de las páginas). 66 pp.

Liber I de ellipsi (prop. 1-6) 8 pp.

- De ellipsi et circuli cum diametro communi, 10 pp.
- Parabola (prop. 1-6 y figuras) 10 pp.
- 9/2707 – 595.** Tratado de la esfera e introducción a la astronomía, autor el M.R. Jusepe Zaragoza de la Compañía de Jesús. (prólogo y 16 caps. nociones generales de la esfera y astronomía) 150 pp.
- 9/2708 – 596.** El volumen lleva el título general “Miscellanea mathematica auctore R. P. Josepho Zaragoza...”
2. (sin título) De longimetria, de sphaera caelestis, de horologiographia, de astronomia, de observationibus cometarun. 48 pp
5. De locis planis (132 prop. con 103 figuras en hojas dobles al final) 106 pp.
6. Euclidis data, propositiones 1-15, 21 pp. y 52 figuras.
- 9/2716 – 605.** Trigonometria applicata ad varias mathematicae partes. (5 caps. y cada capítulo en proposiciones, 1. De longimetria, 2.de sphaera caelestis, 3. de horologiographia, 4. de astronomia, 5. de observationibus cometarum) 54 pp.
- 9/2725 – 614.** 6. Libro primero del arte menor de la aritmética de el P Joseph Zaragoza de la Compañía de JHS. (10 caps.) 26 pp.
- 9/2782.- 670.** 40. Idea cursus mathematici 8 tomii in folio comprehensis
44. Observationes cometae habitae in oppido Argandae ab astrophilo, anno 1677, 12 pp.

9/2784 – 672. 2. Tractatus de sphaera et introductio ad astronomiam (praeludium y 12 capítulos) 88 pp.

9/3760. (Papeles de jesuitas 187) 24. Trigonometría española. Resolución de todos los triángulos planos y esféricos para el uso común de todas las partes de las matemáticas. Reducida a la suma facilidad por los senos, tangentes y secantes absolutos y logarítmicos, disponíala el P. Joseph Zaragoza de la Compañía de Jesús en Valencia 1663. Primera parte, 10 cap., segunda uno incompleto, 74 pp.

37. Communis circuli et ellipsi autore Josepho Zaragoza. Dividido en 12 proposiciones (la última incompleta) 38 pp.

Biblioteca Nacional

BN 8900.- Tratado de esfera y introducción a la astronomía por el Revmo P. Joseph de Zaragoza de la Compañía de Jesús Maestro de Philosophía y Theología Moral y Escholástica... y primer catedrático de Matemáticas en las Escuelas Reales del Colegio Imperial de la Provincia de Toledo (preambulo y 17 capítulos, faltan del 8 al 14) 162 pp (faltan de 66 a 148).

BN 8932. 1- Astronomia theorica et practica, autore M. R. P. Joseph Ziracusano Societatis Jesu, tradita discipulis suis in Matritensi Academia Impe-

riales Colegii, anno D. 1676. (libro I, 8 caps. Libro II, 7 caps.)

Discurso contra los astrologos. Anno 1664-1665

Tractatus de Sphaera et introductio ad Astronomiam. (14 caps.) 210 pp.

BN 9173. Astronomia nova methodo iuxta Lambergi hypothesim ad meridianum Matritensis accommodata as longitudinem 19 gr 20 m . Pars prima continens universa calculi praecepta. 70 pp.

Biblioteca del Colegio Real de Escoceses (Salamanca)

Mss matemáticos 38. Idea cursus mathematici octo tomii in folio comprehensi... autor Jose Zaragoza en Valencia 1670.

BIBLIOGRAFÍA

- Capel, H., 1980. La geografía como ciencia matemática mixta. La aportación del círculo jesuítico madrileño en el siglo XVII. *Geocrítica; Cuadernos Críticos de Geografía Humana* vol 30. Barcelona: Universidad de Bachelona
- Cotarelo Vallador, A., 1935. El P. José de Zaragoza y la astronomía de su tiempo. *Estudios sobre la Ciencia Española del Siglo XVII*, Madrid: Asociación Nacional de Historiadores de Ciencia Española, 65-223.
- Dou, A., 1997. Matemáticos españoles jesuitas de los siglos 16 y 17. *Archivum Historicum Societatis Iesu* 66, 301-321
- Iriarte, J., 1960. *Pensares e historiadores. Casa de Austria*. Cap 17, El Colegio Imperial. Madrid: Razón y Fe, 379-395.
- López Piñero, J.M., T. F. Glick , V. Navarro Brotóns y E. Portela Marco, 2001. *Diccionario histórico de la ciencia moderna en España*. 2 vols. Barcelona: Península, vol. 2, 448-450.
- Navarro Brotóns, V., 1985. *Tradició i canvi científic al País Valencià modern (1669-1729)*. I. Joseph Zaragoza i el orígens de la renovació científica a Valencia. Valencia: Eliseu Climent, 20-41.

- Navarro Brotons, V., 1996. Los jesuitas y la renovación científica en la España del siglo XVII. *Studia Historia. Historia Moderna* 14, 15-44.
- Navarro Brotóns, V., 2003. Tradition and scientific change in early modern Spain: The role of the Jesuits. En. M. Feingold ed. *Jesuit science and the republic of letters*. Londres: The MIT Press, 331-387.
- O'Neill, C. Y J. M. Domínguez, 2001. *Diccionario Histórico de la Compañía de Jesús*. Madrid: Universidad de Comillas. Vol. 4, 4071-4072.
- Peñalver y Bachiller, P., 1938. La geometría magna in minimis del P. Zaragoza. *XV Congreso de la Asociación Española para el Progreso de la Ciencia, Madrid: Real Academia de Ciencias*, 13-28.
- Recasen, E., 1994. J. Zaragosa's Centrum Minimum: An early versión of barycentric geometry. *Archives for History of Exact Sciences* 46, 285-320.
- Roselló Botey, V., 2000. *Tradició i canvi científic en l'astronomia espanyola del segle XVII*. Cap. 3. L'obra astronómica de Joseph Zaragoza. Valencia: Biblioteca Nueva Universidad de Valencia. 123-217.
- Simón Diaz, S., 1952. *Historia del Colegio Imperial*, 2 vols. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Sommervogel, C., 1890-1909. *Bibliothèque de la Compagnie de Jesús*, 10 vols. Bruselas, vol 8, col. 1465-1468.

- Udías, A., 2003. *Searching the Heavens and the Earth. The history of Jesuit Observatories*. Dordrecht: Kluwer.
- Udías, A., 2005. Los libros y manuscritos de los profesores de matemáticas del Colegio Imperial de Madrid, 1627-1767. *Archivum Historicum Societatis Iesu* 74, 369-448.

