

Manuel Silva  
M<sup>a</sup> Sancho Menjón

INGENIOS,  
MÁQUINAS Y  
NAVEGACIÓN  
— EN EL —  
RENACIMIENTO



Equipo 

*Dirección:*

Guillermo Fatás y Manuel Silva

*Coordinación:*

M<sup>a</sup> Sancho Menjón

*Redacción:*

Álvaro Capalvo, M<sup>a</sup> Sancho Menjón, Ricardo Centellas  
José Francisco Ruiz

Publicación nº 80-98 de la  
Caja de Ahorros de la Inmaculada de Aragón

Texto: Manuel Silva y M<sup>a</sup> Sancho Menjón

I.S.B.N.: 84-95306-84-0

Depósito Legal: Z. 399-01

Diseño: VERSUS Estudio Gráfico

Impresión: Edelvives Talleres Gráficos

Certificados ISO 9002



# ÍNDICE



Prólogo	5
EL <i>BREVE COMPENDIO</i> : DE SUS PRECEDENTES A SU ESTELA	13
Martín Cortés de Albarcar	16
Herencias e insuficiencias de la navegación en la época de los Descubrimientos	24
La enseñanza de los pilotos y los textos náuticos	34
El <i>Breve Compendio</i>	41
Su edición e impacto en Inglaterra: <i>The Arte         of Navigation</i>	64
LOS VEINTIÚN LIBROS DE LOS INGENIOS Y MÁQUINAS	71
Descripción del códice	73
Materias de que trata el manuscrito	76
Valoración de la obra	84
La huella de otros autores	89
Didactismo, carácter práctico y experiencia	91
Ilustraciones	95
La personalidad del autor	97
El problema de la autoría	101
La cuestión de la datación y las vicisitudes del manuscrito	108
Más cuestiones por resolver	111
Un posible precedente: el <i>Trattato dell'acque</i> conservado en Florencia	113
Bibliografía selecta	124

*Los autores desean agradecer a Carlos Blázquez,  
Alberto Montaner, Maite Cacho, Mario Tarducci, Carlo  
Picchiatti, la Biblioteca Nazionale Centrale de Florencia  
y la Biblioteca Nacional de Madrid la ayuda prestada en  
diversas cuestiones relativas a la elaboración de esta obra*

## PRÓLOGO



**E**n el Renacimiento hubo contribuciones españolas de un excepcional relieve a las ciencias y las técnicas. Según J. M. López Piñero, «fueron traducidas a otros idiomas o reimpresas en otros países 206 obras científicas españolas del siglo XVI, es decir, más de una cuarta parte del total. Dichas obras alcanzaron hasta 1800 la importante cifra de 1.226 ediciones extranjeras». En otros términos, en el resto de Europa, entre traducciones y reediciones de libros científicos y técnicos españoles de este periodo se superó ampliamente el millar.

La ingeniería y la arquitectura, la cosmografía y el arte de navegar, el arte militar, la geografía y la historia natural, la minería y la metalurgia, la medicina, son especialidades en las que las aportaciones españolas del siglo XVI tienen especial relevancia. En esta época se configura una nueva valoración de la ciencia y la técnica, tanto por su utilidad práctica —lo que lleva a la idea de progreso— como por su contribución a un mejor conocimiento de la Naturaleza. Se termina teniendo una clara conciencia de la superioridad de lo moderno frente a la herencia del mundo antiguo, llegándose a una cierta dignificación de las artes mecánicas. Después del nivel alcanzado en España, no se podrá comprender la crisis del siglo siguiente sin recordar la

profunda decadencia económica, a la que contribuyeron los fantásticos compromisos militares, la despoblación y una mentalidad y estructura productiva esencialmente antieconómicas. A estos factores se ha de sumar que, en el marco de la Contrarreforma, Felipe II dicta la pragmática aislacionista (1559) y potencia la Inquisición. Todo ello terminará abocando a un penosísimo estado a las ciencias y las técnicas durante el siglo XVII.

Por lo que respecta a la presencia de científicos aragoneses, se puede empezar recordando a los cuatro que apa-



*Retrato idealizado de Sacrobosco, reproducido en una edición comentada por Pedro Sánchez Ciruelo*

recen como catedráticos de la Universidad de París en los comienzos del XVI: Pedro Sánchez Ciruelo (Daroca, h. 1470-Salamanca, 1548), Gaspar Lax (Sariñena, h. 1487-Zaragoza, 1560), Miguel Francés, de Zaragoza, y Juan Dolz, de Castellar. Entre otras disciplinas, los tres primeros se dedicaron a las matemáticas (Rey Pastor los clasificó como aritméticos) y el último a la física. Sin embargo, la plenitud de la ciencia y la técnica española de este siglo no se acompañó con la presencia de matemáticos auténticamente modernos, renacentistas, como ocurrió en Italia.

Miguel Serveto, más conocido como Servet (Villanueva de Sijena, 1511?-Ginebra, 1553), ejerció su magisterio directo en Francia, donde llegó a nacionalizarse. Filósofo y teólogo, fisiólogo y médico, geógrafo y astrónomo, políglota, constituye un magnífico ejemplo de humanista, figura universal del Renacimiento. Suficientemente conocido, no ha de ser glosado aquí. Por su conexión con temas tratados posteriormente, cabe señalar que, dentro de su variada obra, Servet reeditó la *Geografía* de Ptolomeo (Lión, 1535; Viena del Delfinado, 1541), añadiendo correcciones a la edición de B. Pirckheimer (1525), así como nuevos mapas y comentarios.

Las ingentes necesidades de técnicos por parte del imperio hicieron que, en los más diversos campos —especialmente, en ingeniería civil y militar, artillería y navegación—, hubiera que articular importantes políticas de cap-

tación y formación. Por un lado, se contrataron cantidades significativas de extranjeros, básicamente súbditos pertenecientes a otros territorios de la Corona (sobre todo, italianos y flamencos) pero no exclusivamente, lo que llegó a plantear, a veces, dificultades de integración y fidelidad. Por otro lado, se crearon diversos núcleos de enseñanza. Particularmente importantes fueron los fundados en la Casa de Contratación (entre 1508 y 1552 se produjeron las innovaciones más destacadas), paradigmática del conocimiento mundial en lo relativo a navegación, o la “Academia Real Mathematica” (1582), en la Villa y Corte, de ámbito claramente politécnico.

El siglo XVI es también protagonista del nacimiento de una institución científica de gran trascendencia para Aragón: la Universidad de Zaragoza. En las Cortes del Reino celebradas en Monzón en 1542, el emperador Carlos, a petición de sus representantes, concedió a la ciudad de Zaragoza un Estudio General o Universidad. El Privilegio fundacional, *Dum noster animus*, reza:

«...Principalmente, dirigimos nuestras preocupaciones a aquello mediante lo cual los alimentos de las ciencias, con cuanta perfección se desee, se establezcan entre nosotros para estos mismos hombres, de modo que no sea necesario que nuestros fieles aragoneses, tan queridos por nosotros, y otros súbditos, se vayan a naciones extranjeras para investigar en las ciencias ni mendiguen en países extraños».

Aunque desde 1542 se puede hablar *de iure* de la Universidad de Zaragoza, *de facto* su andadura no comenzará hasta 1583, por el generoso impulso de Pedro Cerbuna.

Sirvan las líneas anteriores para transmitir, de forma muy impresionista, una primera idea de la presencia aragonesa en el cultivo de las ciencias y las técnicas en el Renacimiento. Pero esta monografía no pretende trazar un panorama general, sino destacar dos contribuciones singulares de autores aragoneses a la técnica de ese áureo periodo, políticamente marcado por los reinados de los austrias mayores.

Para representar la época del Emperador, se ha seleccionado el *Breve Compendio de la Sphera y de la Arte de Navegar, con nuevos instrumentos y reglas, exemplarizado con muy sutiles demostraciones*, impreso en Sevilla en 1551. Escrito en 1545 por Martín Cortés, cosmógrafo bujaralocino insigne, se enmarca en la actividad de la Casa de Contratación de Indias. En efecto, las relaciones con el Nuevo Mundo impulsaron de forma notable el arte de navegar, disciplina técnica que tuvo que abordar los problemas planteados por la navegación de altura. En palabras de Martín Cortés, «¡Qué cosa tan ardua dar guía a una nao engolfada donde sólo agua y cielo verse puede!» (f. IVv). Traducido al inglés en 1561, el tratado fue impreso nueve veces en Inglaterra (hasta 1630), donde influyó notablemente. En rotunda afirmación de D. W. Waters, «es



*Mapa del mundo según la edición de Ulm de la Geografía de Ptolomeo (1492), donde puede observarse la representación de los doce vientos*

probablemente adecuado decir que el de Cortés fue uno de los más decisivos libros impresos en inglés. Contení la llave para el dominio del mar». Diversos textos, entre los que destacan el de Martín Cortés y el de Pedro de Medina, fundamentan la conocida expresión de J. F. Guillén Tato: «Europa aprendió a navegar con libros espa-

ñoles», con la que tituló un trabajo publicado en Barcelona, en 1943.

En representación de la época de Felipe II se ha elegido el manuscrito anónimo *Los Veinte y un Libros de los Ingenios y Máquinas*, probablemente escrito a finales del XVI. Ladislao Reti lo sacó del olvido en 1967. Es el primero y más completo tratado de hidráulica conocido, en el que sobresalen diversas informaciones sobre diseños y técnicas constructivas, además de un notable conjunto de dibujos; en campos tan distintos como los molinos o los puertos de mar, se adelanta a técnicas que se desarrollarán mucho más tarde. En la presentación de un volumen que recogía su transcripción, dice López Piñero:

«Me parece indiscutible lo que García-Diego afirma: la publicación de este manuscrito será un acontecimiento mundial. Como primera arquitectura hidráulica, lo sitúa con toda razón junto a la *Pyrotechnia*, de Biringuccio, y *De re metallica*, de Agrícola, anotando muy bellamente que, junto al fuego que representaría al primero y la tierra al segundo, este manuscrito añade el tercero de los cuatro elementos clásicos. Por tanto, un texto español, de una forma u otra, figura al lado de otro italiano y otro alemán entre las obras estelares de la primera tecnología moderna».

Aunque su autoría es un célebre enigma, sobre el que existe una intensa y dilatada polémica, parece unánimemente aceptado que su autor fue un altoaragonés, quizás

un maestro de obras o un *machinario*, que hoy podría identificarse como ingeniero hidráulico.

Si del manuscrito se ignora el autor, del impreso se conocen su identidad, procedencia y poco más. Si, por causas desconocidas, el primer texto no se imprimió, el segundo tardó seis años en conseguir la ansiada licencia. Del manuscrito se desprende que su autor trabajó a pie de obra, pero parece ser que Cortés no llegó a navegar de forma regular; de un linaje de infanzones, mostró claro interés por aparecer como dedicado a un arte liberal, no mecánica.

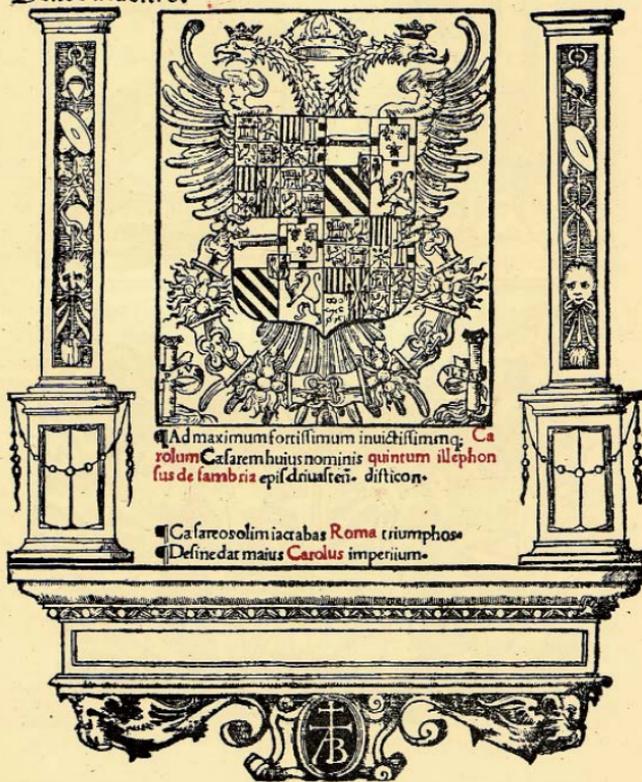
En cualquier caso, cosmógrafo e ingeniero, ninguno de nuestros dos autores fue militar, y ambos desarrollaron una parte sustancial de su actividad fuera de Aragón. Las dos son obras de personajes plenamente renacentistas, en quienes la tradición greco-latina se supera con una nueva confianza del hombre en la razón. Más erudito y racional Cortés, el ignoto autor del manuscrito, aunque muy lejos de la ficción de los arbitristas, presenta en su monumental obra alguna máquina de imposible funcionamiento. En los dos se detecta aún la presencia de fantasías de diversa índole (llamadas a la astrología, a las tradiciones medievales...), pero también ambos escribieron sus obras con un afán utilitario y práctico: el de contribuir a elevar la formación de sus contemporáneos. Sin lugar a dudas, las dos son obras cumbre de la técnica del Renacimiento.

— EL —

*BREVE COMPENDIO:*  
DE SUS PRECEDENTES A SU ESTELA



**B**reue compendio de la sphaera y de la arte de  
 nauegar con nuevos instrumentos y reglas. exemplificado  
 con muy subtiles demonstraciones: compuesto por **Martin**  
**Loxtes** natural de burjalaroz en el reyno de **Aragon** y de  
 presente vezino de la ciudad de **Cadiz**: dirigido al inuictissi-  
 mo Monarcha **Carlo Quinto** Rey de las **Yspañas** etc.  
 Señor Muestro.



Portada del Breue Compendio de la Sphera y de la Arte de Navegar

**E**n palabras de Martín Cortés, «navegar no es otra cosa sino caminar sobre las aguas de un lugar a otro» (f. LXXIII), aunque subraya que los caminos por tierra son “firmes”, “quedos” y “señalados”, mientras que los del mar son “fluxibles”, “movibles” e “ignotos”. Para colmo, recuerda que en el mar hay tormentas.

La navegación ha sido siempre una actividad estratégica, esencial para la expansión de la Corona, la provisión de metales preciosos y la conversión al catolicismo de los idólatras que habitaban las Indias. Las insuficiencias de las técnicas rutinarias de navegación medievales dan paso, a partir del estudio de la aritmética, la geometría y la astronomía, a la configuración de una nueva ciencia. El siglo XVI vio la consolidación de un estadio intermedio, precientífico: el denominado “arte de navegar”.

El *Breve Compendio* cortesiano se enmarca en la actividad de la Casa de Contratación de Sevilla. El autor hace explícito su objetivo en la carta con la que encabeza el tratado, dirigida al emperador (f. IIIv):

«...considerando S. M. vuestro propósito y deseo santo el trabajo de la navegación, el peligro de los que allá van a descubrir este nuevo mundo [...] he querido sacar a la luz mis vigiliyas y manifestar en público este nuevo y breve compendio, poniendo principios infalibles y demostraciones evidentes, escribiendo práctica y teórica dellas, dando regla verdadera a los marineros, mostrando camino a los

pilotos, haciéndoles instrumentos para saber tomar la altura del Sol, ordenándoles cartas y brújulas para la navegación, avisándoles del curso del Sol, movimiento de la Luna, reloj para el día y tan cierto que en todas las tierras señala las horas sin defecto alguno; otrosí, reloj infalible para las noches, descubriendo la propiedad secreta de la piedra imán, aclarando el nordestear y noruestear de las agujas...».

Después muestra su satisfacción por lo realizado: «Ahora parece que ha querido Dios que tuviese más cumplimiento la navegación [...] con este breve compendio [...], a los de tierra útil y provechoso y a los de la mar tan necesario» (f. IVv). Pero antes de centrar la atención en el tratado y su impacto en Inglaterra, conviene bosquejar el personaje, los conocimientos náuticos existentes, los instrumentos empleados y mencionar algunos textos publicados previamente.

### **MARTÍN CORTÉS DE ALBACAR**

Poco, casi nada, se sabe de la vida de este cosmógrafo. En la portada de su obra, Martín Cortés se declara «natural de Bujaraloz en el reino de Aragón y de presente vecino de la ciudad de Cádiz». “Bujaraloz”, “Aragón” y “Cádiz” van resaltados con tinta roja.

Hijo de Martín Cortés y Martina de Albacar, parece ser que fue segundogénito y que nació a comienzos de la centuria. Se dice que siendo niño su familia se trasladó a Zara-

goza. Muestra una vasta formación humanista, se suele decir que obtenida en la capital del Reino de Aragón y, después, en Valencia. Su cercanía personal a Johan Parent, patricio valenciano a quien dedica una epístola-epílogo, es el indicio sobre el que se basa la hipótesis de su presencia en la capital del Turia. Bien pudiera ser esta ciudad el puerto donde Cortés se iniciase en las artes navegatorias; por consiguiente, lo haría en la rica tradición náutica de la Corona aragonesa, quizás de la mano o en el entorno de Parent.

Martín Cortés afirma haber escrito el *Breve Compendio* en 1545 en Cádiz, ciudad a la que debió de llegar hacia 1530. Tampoco se sabe cuándo murió, aunque sí que fue antes de 1582. La datación de la obra en 1545 no sólo se basa en la declaración del propio autor, sino en diversas informaciones técnicas insertas en el texto (ff. XXXII, XXXV, XXXVv, además



*Piedra armera de los Cortés, conservada en Bujaraloz  
(Foto: Archivo CAI)*

## EL LINAJE DE LOS CORTÉS

**Alberto Montaner**

Los orígenes del linaje de infanzones de apellido Cortés con casa solar en Bujaraloz se hallan, como es habitual, llenos de sombras. Descartado un legendario Nuño Cortés de los primeros tiempos de la Reconquista y siendo muy dudosa la noticia relativa a cierto Lope Cortés, supuesto teniente de una fortaleza en la peña de la Marzuela a finales del siglo XI, la primera mención fundada de un infanzón así apellidado es la de Domingo Cortés, al que Jaime II otorgó carta de ingenuación o infanzonía en 1327. Al parecer, la rama de los Cortés asentada en Bujaraloz (la villa natal de nuestro Martín Cortés) procedía de un biznieto suyo, Pascual Cortés, aunque estas informaciones carecen actualmente de firme respaldo documental. Al ámbito legendario hay que relegar también la especie del lejano parentesco entre el ilustre cosmógrafo y el conquistador de Méjico, pues Hernán Cortés, que llevaba el apellido de su abuela paterna por ser la transmisora de un mayorazgo instituido en Extremadura ya en 1416, era por línea masculina descendiente del linaje salmantino de los Rodríguez de Monroy o de las Varillas.

Las primitivas armas de los Cortés eran tres corazones de gules (rojos) en campo de oro, posibles armas parlantes, es decir, las que hacen un juego de palabras con el apellido: *Cortés* = *cor* (forma aragonesa de *corazón*) + *tres*. Este emblema se conserva como primer cuartel de los Cortés asentados en Bujaraloz, cuyas armas (que combinan las pro-

pías con las de sus alianzas matrimoniales) se blasonan: escudo cuartelado; primero, de oro, tres corazones de gules; segundo, de sinople (verde), torre de plata acostada de dos escaleras de oro arrimadas a las almenas y sumada de una cabeza de moro al natural; tercero, de gules, león de oro sostenido por peñas de lo mismo y superado de tres menguantes de plata; cuarto, de oro, una banda engolada de sinople, acompañada de dos lises de azur (azul), y bordura de azur cargada de aspas de oro; al timbre, yelmo de cuyos flancos salen sendos brazos armados de espadas. Sin embargo, las armas usadas por Martín Cortés sustituyen el primer cuartel por otro que trae, de oro, tres bandas de sable (negro) y bordura de armiños. Además, incorpora como lema, sobre el yelmo, la leyenda *Manus nostre excelse et Dominus fecit hec omnia* («Nuestras manos excelsas y Dios hizo todo esto», adaptación de *Deuteronomio*, 32, 27). Aunque no conocemos la razón del cambio, no se trata de una caprichosa variación personal, pues los Cortés de Bujaraloz asentados en Zaragoza en el siglo XVII y los Cortés de Caspe usaban estas mismas armas, con muy leves diferencias.

Un último detalle heráldico: recientemente, el Ayuntamiento de Bujaraloz ha legalizado sus armas municipales, en las cuales una esfera armilar recuerda precisamente la figura del célebre autor del *Breve compendio de la esfera y arte de navegar*. Dichas armas traen, de gules, una torre de oro donjonada de un homenaje, aclarada de azur y mazonada de sable, cargada de un escudete ojival de plata con una cruz llana de gules y superada de una esfera armilar de oro.

del comienzo de la tabla en el folio XXIXv). Por otra parte, Cortés comenta:

«...hallándome unos días de negocios desocupado [...], ordené este breve compendio de la navegación, acometí obra sutil aunque en estilo llano, no mirando tanto cómo escribía cuanto el provecho que de lo escrito resultaba».

Ello ha llevado algunos a pensar que era comerciante, pero aquí el término “negocio” debe entenderse en su sentido etimológico más propio, como “quehacer o trabajo”, por lo que, sin descartar esa hipótesis, también cabe el que se dedicara a tareas docentes. Cuando, refiriéndose a la mala preparación de los pilotos, dice que «es de doler no tanto por que no saben como por que, pudiendo, no quieren ni procuran saber» (f. VII), se adivina la frustración de un profesor decepcionado.

Cortés se ocupa de su propia imagen. Así, en la misma portada, al verso, se hace representar ricamente vestido, cubierto y con espada; y no en un barco, sino en una mansión clasicista. Señala la estrella Polar, evocando de forma inmediata lo que se denomina el “regimiento del norte” (el cálculo de la latitud gracias a la Osa Menor). De forma más general, indica con claridad que la navegación de altura ha de hacerse mirando al cielo, lo que desarrolla en los folios sucesivos. Cortés aparece con esfera armilar, libro de geometría, compás, cartabón y tintero. Llama la atención el que, pese al asunto del tratado y a la extensión y calidad



*Representación y armas de Cortés (Breve Compendio, verso de la portada)*

de sus textos como instrumentista, no coloque ningún instrumento náutico. Es decir, Cortés se presenta como cosmógrafo y matemático, antes que como navegante. Quizás quiere evidenciar un hecho diferencial con respecto a la tradición náutica: la importancia de la abstracción para el “arte de navegar”; dicho de otro modo, se presenta como practicante de un “arte liberal”, no de un “arte mecánica”. En cualquier caso, hace patente su noble condición social reproduciendo las armas familiares.

Puede sorprender que un hombre de “tierra adentro” escriba sobre náutica. Sin embargo, no fue el único que lo hizo. Sirva como ejemplo la figura del zaragozano Pedro Porter y Casanate (1610-1662), singular marino y explorador destacado, militar colonial excepcional que sirvió a la Corona en las guerras con Francia, en California o en Chile. Al objeto de paliar la incultura de muchos pilotos de navío, Porter y Casanate escribió un interesante *Repaso a los Errores de la Navegación Española*, impreso en Zaragoza, por María de la Torre, en 1634.

Martín Cortés es hombre de su tiempo, representa una mentalidad en transición. Exhibe su amplia cultura humanística con una elegante prosa, citando a autores clásicos muy diversos (Platón, Aristóteles, Zenón, Ptolomeo, Eratóstenes, Estrabón, Euclides, Heráclito, Séneca o Vitruvio, por ejemplo), así como a un amplio catálogo de santos: los cuatro evangelistas, Gregorio, Basilio, Isidoro o Buenaven-

tura, entre otros. Autoridades más próximas en lo temporal van desde Juan de Sacrobosco (siglo XIII) hasta Pedro Sánchez Ciruelo, Antonio de Nebrija o Erasmo de Rotterdam, contemporáneos suyos. Pese a que en las ediciones inglesas de 1609, 1615 y 1630 se le califica de excelente marino y matemático, no consta que Martín Cortés navegara, entendiéndose por tal afirmación que no se sabe de su vinculación con ninguna empresa exploradora o mercantil de alcance.

Según D. W. Waters, el trabajo de Cortés es «el primer manual de navegación impreso en inglés». Sus nueve ediciones en este idioma son prueba evidente de que fue mucho más apreciado en Inglaterra que en la propia España, donde sólo se reeditó en 1556. Parece ser que en Sevilla sirvió como texto en las tareas formativas de la Casa de Contratación. La edición inglesa de 1596 (más de medio siglo posterior al manuscrito original) refleja en su introducción el aprecio de que gozó la obra en ese país:

«Presento a la vista de mis lectores el *Arte de Navegar*, fruto y práctica de Martín Cortés, español, de cuya ciencia y habilidad en los asuntos náuticos es suficiente prueba la misma obra, porque no existe en la lengua inglesa libro alguno que con un método tan breve y sencillo explique tantos y tan raros secretos de Filosofía, Astronomía y Cosmografía, y en general todo cuanto pertenece a una buena y segura navegación».

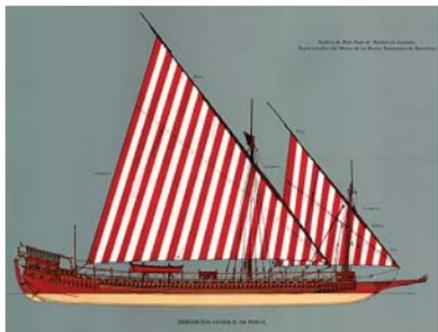
## **HERENCIAS E INSUFICIENCIAS DE LA NAVEGACIÓN EN LA ÉPOCA DE LOS DESCUBRIMIENTOS**

Las técnicas de navegación de la época son herederas de las tradiciones medievales mediterránea y atlántica, muy distintas entre sí, en gran parte debido a las diferencias geográficas, hidrográficas y meteorológicas del mar y del océano. El Mediterráneo es un mar poco agitado, de débiles mareas, corrientes no muy significativas, extensión relativamente acotada y bien conocido desde la Antigüedad; mientras que el Atlántico representa, en cierto modo, la negación de casi todas las características de ese “mar en medio de tierras”, alrededor del cual surgió la cultura occidental.

Esas diferencias condicionaron, incluso, los tipos de navíos usados. La marina militar mediterránea solía emplear propulsión mixta, con velamen como auxiliar de los remos, pues las calmas podían inmovilizar los barcos en condiciones peligrosas. La galera, buque del que fundamentalmente se compuso la flota de la Corona de Aragón, era un barco de gran velocidad y maniobrabilidad (con dos palos, velas latinas, gran espolón, escaso calado y remos, que llegaron incluso a tener 250 remeros, galeotes). Su importancia fue declinando a lo largo del siglo XVI; la batalla de Lepanto (1571) fue la última en la que este tipo de nave desempeñó un papel decisivo. De mucha mayor envergadura, la galeaza (tres palos, ss. XVI y XVII) era menos ágil; se usa-

ban a modo de islotes desplazables, fuertemente artillados. Además de la marina rémica, para el comercio se empleaban navíos “mancos”, movidos a vela, como las cocas. Por su parte, naos y carabelas se tornaron esenciales en los viajes exploratorios y comerciales iniciales por la mar oceana. Después, los galeones serían típicos de la Carrera de Indias, formando convoyes de hasta una cuarentena de navíos. Todas eran embarcaciones exclusivamente a vela. Las más pequeñas, las carabelas, largas, afinadas y muy veloces, resultaban apropiadas para la exploración. Las naos, mercantes grandes de alto bordo, podían ser empleadas con fines militares. Los galeones, también de alto bordo, eran más cortos que las galeras, pero más veloces. Provistos de tres palos con velas cuadradas, permitían un desplazamiento entre 600 y 1.000 toneladas. Dicho esto, aunque las galeras eran totalmente inadecuadas para habérselas con el oleaje y los vendavales atlánticos, algunas fueron enviadas para navegar por las aguas del Caribe.

En la Antigüedad, los navegantes mediterráneos miraban al cielo, tomando referencias del Sol o de la Osa Mayor. Ya en el siglo XIII, en los días encapotados, cuando el cielo no era visible, los pilotos empleaban *agujas magnéticas*, esto es, brújulas, para averiguar los rumbos. Además, se guiaban gracias a los *portulanos*, libros de ruta en los que se anotaban trayectos entre puertos, distancias y observaciones astronómicas, y se dejaba constancia de múltiples datos para el reconocimiento de costas o de accidentes



*Plano de la Galera Real de Don Juan de Austria, según estudios de Martínez Hidalgo (Museo Marítimo de Barcelona)*



en sus proximidades. Las *cartas portulanas*, cartas náuticas que también acabaron por llamarse portulanos, representaban gráficamente, sobre pergamino, gran parte de la información anterior. No empleaban coordenadas geográficas (latitud y longitud). Los portulanos estaban cubiertos por una urdimbre de líneas-rumbos con origen en unos puntos centrales, denominados “ombligos” o “rosas de los vientos”. Dibujados a escala, profusamente anotados de forma perpendicular al litoral, en la parte superior se situaba el norte magnético. Se trataba de instrumentos que, en realizaciones de lujo, llegaron a alcanzar una gran belleza.

*Galeón español del siglo XVI: buque insignia de Don Álvaro de Bazán en la batalla de las Terceras, 1582 (Sala de Batallas del Monasterio de El Escorial)*

Junto con los genoveses y venecianos, la escuela catalano-mallorquina sobresalió en la confección de portulanos. Un famosísimo mapa realizado con esta técnica, pero ya en plena época de los Descubrimientos, es el del cántabro Juan de la Cosa (1500), la primera carta náutica de América.

La navegación medieval atlántica era esencialmente costera. Se dedicaba gran atención a las mareas, con frecuencia vivísimas, y tenía mucha importancia el sondado de los fondos. Diversas tablas recogían información sobre las intensidades de las mareas, mientras que las horas se determinaban gracias a la



*Mapa de Juan de la Cosa (1500): la primera carta náutica de América, donde se observa su proximidad técnica a los portulanos mediterráneos (Museo Naval de Madrid)*

observación del Sol o del giro de la Osa Mayor con respecto al polo, con la ayuda de relojes de arena (*ampolletas*).

Portugal, una vez terminada su reconquista, adoptó una política sistemática de exploración y expansión por las costas de África. Hallar una nueva ruta a la India, para comerciar con especias, y conseguir oro y marfil del centro del continente africano eran los objetivos básicos. Con ayuda de los vientos y las mareas, la navegación costera hacia el sur no planteaba problemas mayores. Sin embargo, el retorno —la *volta*— requería innovaciones técnicas; separados de la costa, en busca de vientos y corrientes más favorables, las distancias recorridas se comenzaron evaluando a *estima*, simplemente en función de la experiencia del piloto, para lo que se emplearon toscas medidas de velocidad del barco.

Como los trayectos eran esencialmente meridionales (por ejemplo, norte-sur o viceversa), la determinación de la latitud tomó una gran importancia. Ésta pudo realizarse calculando la altura del polo correspondiente sobre el horizonte. Para ello se adaptaron instrumentos astronómicos medievales, sobre los que existía una notable tradición en la Península Ibérica. Entre otros, se empleó el *astrolabio* náutico, una simplificación del astronómico, tomando como referencia la Estrella Polar o la Cruz del Sur, según el hemisferio. A comienzos del siglo XVI se difundió en los ambientes marinos peninsulares la *ballestilla* (báculo men-

sorio o de Jacob), instrumento medieval cuyo nombre deriva de la semejanza de la posición que ha de adoptar el observador con la de los ballesteros al disparar su arma. La latitud también se pudo calcular gracias a la determinación de la altura del Sol al mediodía, al pasar por el meridiano. Por una cierta similitud postural del piloto al tomar la altura del Sol con la acción de pesar con una romana, esta operación, empleando el astrolabio náutico, se denominaba “pesar el Sol”. El cálculo exigía conocer la declinación solar, para lo que se empleaban los datos del *Almanach Perpetuum* (Leiria, 1496) de José Vizinho, basado en las tablas de Abraham Zacuto, al parecer, profesor en Salamanca y Zaragoza. Los conjuntos de reglas operatorias y tablas que permitían determinar la latitud pasaron a denominarse *Regimientos* (del norte, del Sol). Los primeros dos —el de Évora y el de Múnich, conocidos por el sitio donde se custodian— fueron portugueses.

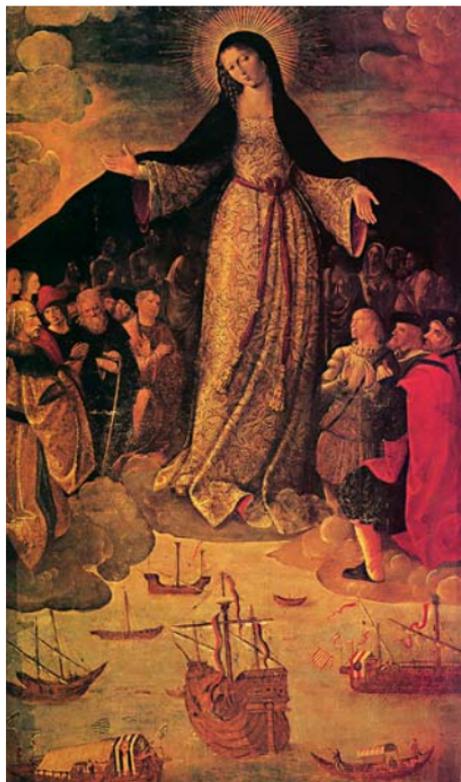
La superposición de una retícula de paralelos y meridianos a las antiguas cartas-portulanos dio lugar a las denominadas *cartas planas*, en las que se ignoraba la esfericidad de la Tierra. Pero la solución no era satisfactoria, pues, como dice Martín Cortés, «las quales por no ser globosas son imperfectas» (f. LXVII). Pocos años más tarde, ya en la segunda mitad del siglo XVI, Mercator introducirá su proyección, con lo que se dio un paso sustancial en la representación cartográfica.



*Determinación de la altura del Sol (astrolabio) y de la estrella Polar (ballestilla): “pesando el Sol” y “ballesteando los cielos” (del Arte de Navegar de P. de Medina, 1545)*

Durante el Renacimiento, este conjunto de saberes culmina en el denominado “arte de navegar”, basado en tres pilares: las cartas marinas, las brújulas y la observación astronómica. Ello constituye el precedente inmediato de la “navegación astronómica”, nivel de madurez que será alcanzado en el Siglo de las Luces. En efecto, hasta el XVIII no se resuelve satisfactoriamente la cuestión crucial de determinar la longitud del punto en el que se hallaba un barco. Tal era su importancia que diversos gobiernos ofrecieron sustanciosos premios para quien aportase una solución. En 1598 la Corona española convocó uno de seis mil

ducados de renta perpetua, más dos mil de renta vitalicia. Holanda, Inglaterra y Francia dotaron otros con análogo objetivo. Entre otros sabios, Galileo presentó cuatro propuestas entre 1612 y 1632. La solución del problema no estaba al alcance de los medios técnicos de la época. Pero la determinación de la longitud, fuera del estrecho mundo de un barco, era geopolíticamente crucial, debido a los tratados de Tordesillas (1498) y Zaragoza (1529), en los que se fijaban los meridianos divisorios entre España y Portugal (370 leguas al oeste de las islas de Cabo Verde, en el primer caso; 297,5 al este de las Molucas, en el segundo). ¡Eran tiempos en los que España y Portugal “se repartían” el mundo!



*Nuestra Señora de los Navegantes, de Alejo Fernández (Reales Alcázares de Sevilla).  
Bajo el manto de la Virgen se ba querido reconocer a Fernando el Católico y a navegantes destacados como Cristóbal Colón y Américo Vesputio. En la parte inferior se observan diversos barcos, en particular, en el centro, una nao*

### **“Echando el punto”: sobre la posición geográfica del barco**

Toda posición geográfica se puede determinar merced a:

- *el rumbo y la distancia* recorrida, a partir de un punto dado, lo que planteado, por simplificación, en un plano equivale a definirla en coordenadas polares (rumbo-ángulo, distancia-módulo).
- *la latitud y la longitud*, coordenadas geográficas, que sobre un plano “se veían” como cartesianas.

En la navegación tradicional se empleaban el rumbo (señalado por la brújula) y la distancia, que estimaba el piloto basándose en su experiencia. En viajes largos, las coordenadas se calculaban “sumando” las estimas parciales, por lo que los errores se acumulaban. El recurso a la latitud y la longitud tenía la ventaja teórica de determinar la posición en coordenadas absolutas, pero el cálculo de la longitud “se resistió” hasta el siglo XVIII, cuando se pudo “transportar la hora”, al disponer de cronómetros lo bastante precisos y embarcables. En efecto, la diferencia de longitudes entre dos puntos se determina en función de la horaria, pasada a grados y minutos. La hora del punto actual se puede calcular observando la altura de un astro, mientras que el cronómetro guarda la del punto origen.

En resumen, durante el XVI los pilotos contaban, esencialmente, con tres datos para calcular su posición: el rumbo, la distancia y la latitud, una redundancia que les permitía mejorar la estimación de sus coordenadas geográficas.

En particular, con ello se podía, conocida la posición anterior, determinar tres valores para la nueva: el punto de *escuadria*, basado en el rumbo y la latitud; el punto *de fantasía*, que se calculaba con la técnica tradicional, mediante el rumbo y la estima de la distancia recorrida; y el punto de *fantasía y altura*, a partir de la latitud y la estima de la distancia recorrida. Mediante reglas de integración de información, el piloto establecía la “mejor estima” de la nueva posición del barco.

En 1577, Bourne introdujo la corredera, instrumento para mejorar el cálculo de la velocidad. Consistía en un cordel dividido en partes iguales (anudado), sujeto y arrollado por uno de sus extremos a un carretel, y atado por el otro a una barquilla. Lanzada ésta por la borda, y asumiendo que permanecía inmóvil en el agua (lo que sólo era una primera aproximación), la velocidad se estimaba dividiendo la longitud del cabo largado (número de nudos, de donde deriva la denominación de la medida de velocidad náutica) por el tiempo de la operación. Según Juan Vernet, en España la corredera aparece mencionada por primera vez en el impreso del zaragozano Pedro Porter y Casanate (1634).

Junto a una idea de retorno a la Antigüedad clásica, en el Renacimiento prima una nueva confianza del hombre en la razón. El “arte de navegar” es uno de los dominios en los que, frente a la tradición, se alzó la innovación. Los éxitos geoexploratorios y técnicos alcanzados contribuyeron decisivamente a divulgar la superioridad de lo moderno frente a la simple tradición o autoridad de los antiguos.

## LA ENSEÑANZA DE LOS PILOTOS Y LOS TEXTOS NÁUTICOS

Entre las instituciones que en esta época enseñan e investigan en navegación destacan la Casa de Contratación (fundada en 1503 por los Reyes Católicos en Sevilla) y la Academia Real Matemática (Madrid, 1582). Desgraciadamente, los ambiciosos planes para la segunda no llegaron a desarrollarse. La primera fue, sin duda, el principal centro de enseñanza de la náutica en el siglo XVI, aunque no se tratase de una institución específicamente científico-técnica. La Casa centralizaba todas las relaciones con las Indias. Sin embargo, la necesidad de mejorar la navegación, así como la de integrar los conocimientos que continuamente se aportaban, tras los numerosos viajes exploratorios y comerciales, hizo que en 1508 se creara el cargo de Piloto Mayor. Éste se encargaba de «examinar y graduar los pilotos y censurar las cartas e instrumentos necesarios para la navegación». La información cartográfica se incorporaba en un padrón real o carta de referencia de las Indias, función que en 1512 se impulsó de forma significativa, aunque fue cometido asignado ya al primer piloto mayor, Américo Vespucio. Con el aumento de actividad, en 1523 se creó el cargo de Cosmógrafo Mayor, responsable de todo lo relativo a las cartas de marear y a los instrumentos de navegación. Al objeto de mejorar la formación de los pilotos y acabar con determinadas prácticas viciadas en la Casa, Felipe II reorganiza, en 1552, las funciones téc-

nicas y docentes, segregando en particular una Cátedra de Navegación y Cosmografía, donde se explicarán navegación, astronomía y cartografía.

Pese a la actividad docente de la Casa de Contratación y de la Academia madrileña, entre otras instituciones, se continuaba padeciendo una escasez crónica de pilotos. Por ello, Ginés de Rocamora y Torrano (*Sphera del universo*, Madrid, 1599) se queja de que «se encomiendan las armadas, las vidas, la honra de la mayor monarquía del mundo a oficiales extranjeros». Por otro lado, tras el esplendor del siglo XVI, la labor científico-técnica de la Casa entra en acusado declive, evidenciándose la profunda crisis en la que se sumió la España del XVII.

Consecuencia importantísima de la labor de la Casa de Contratación fue la publicación de un nutrido y singular conjunto de libros de navegación que, resumiendo y perfeccionando los conocimientos de la época, tuvieron amplia resonancia internacional. No siempre se imprimieron estos textos, pues se trataba de información de gran valor político-estratégico. Entre los publicados antes del de Martín Cortés se encuentran:

- la *Suma Geographía que trata de todas las partidas del Mundo: en especial de las Indias. Y trata largamente del arte de marear: juntamente con la esfera en romance: con el regimiento del Sol y del norte: Nuevamente hecha*, del sevillano Martín Fernández de Enci-



Portada del Regimiento de Navegación  
(ed. de 1561), de Pedro de Medina

so (J. Cromberger, Sevilla, 1519), que se publicaría en inglés en 1581,

— el *Tratado del esphera y del arte de marear*, del portugués Francisco Faleiro (J. Cromberger, Sevilla, 1535), y

— el *Arte de navegar en que se contienen todas las Reglas, Declaraciones, Secretos y Avisos, que a la buena navegacion son necessarios, y se deven saber*, de Pedro de Medina (1493-1567), cosmógrafo de la Casa desde 1539 (F. Fernández de Córdoba, Valladolid, 1545), apodado “el Maestro”.

Además, aunque en forma de manuscrito, en torno a 1537 comenzó a circular ampliamente el *Espejo de navegantes* de Alonso de Chaves, piloto mayor entre 1552 y 1586. De entre los textos citados, se ha de destacar el de Pedro de Medina. A lo largo de casi un siglo se editó nada menos que quince veces en francés (1554 a 1633), cinco en

holandés (1580 a 1598), tres en italiano (1554 a 1609) y dos en inglés (1581 y 1595). Más sintético y adaptado a la instrucción en la Casa de Contratación, Medina publicó, en 1552, un resumen titulado *Regimiento de Navegación*. Como López Piñero afirma, «las obras de Pedro de Medina y de Martín Cortés iniciaron una época radicalmente distinta en la historia de la literatura náutica, superando el nivel de “recetario” práctico o de manual escolar propio de los textos anteriores. Tanto por la altura científica como por su contenido, como por su estructura y extensión, son, en efecto, auténticos tratados sistemáticos del arte de navegar».

### **LA ACADEMIA REAL MATHEMATICA (1582)**

La imperiosa necesidad de técnicos cualificados (ingenieros, arquitectos, pilotos marinos, etc.) y el desinterés hacia este problema mostrado por las Universidades hicieron que Felipe II fundara, en 1582, un centro politécnico, en el ámbito de su propia Corte. Inspirado en parte en la tradición científico-técnica portuguesa del momento, desde Lisboa, y a instancias de Juan de Herrera, aposentador mayor desde 1579, el rey crea la *Academia Real Mathematica* de Madrid.

Los objetivos y plan de estudios son plasmados por Herrera en el documento titulado *Institucion de la Academia Real Mathematica, en Castellano*, impreso en Madrid por Guillermo Droy en 1584. Por mandato del Consejo Real, el cosmógrafo portugués Juan Bautista Lavanha (Lisboa, 1551-Madrid, 1624) lo examina y aprueba afirmando ser «muy provechoso

y necesario» para los que han de aprender matemáticas y para su aplicación a la «ciencia que profesaren». Añade Herrera que «en estos reinos los naturales dellos florecen en cristiandad, armas y letras divinas y humanas», pero echa en falta los necesarios conocimientos científicos: «pues las ciencias todas, como las virtudes, se ayudan y favorecen, por el vínculo y conexión que entre sí tienen». En un rasgo de modernidad, dentro de la tradición lulista, Herrera organiza las enseñanzas en torno a las matemáticas, pues «abren la entrada y puerta a todas las demás ciencias, por su grande certitud y mucha evidencia». Según Rey Pastor, la Academia constituyó «un acontecimiento capital en la historia de las ciencias exactas en España».

Los perfiles profesionales visados por la *Institución* son muy diversos: «Aritméticos, Geómetras y mensuradores, Mecánicos, Astrólogos, Gnomónicos (o Horologiógráficos)», un ambiciosísimo proyecto cuya «concepción era en lo científico tan grandiosa como el monasterio escurialense en lo arquitectónico». Su alcance fue tanto civil como militar (en lo que se adelantaba a la intención del Trienio Liberal, cuando trató de crear, en 1821, la *Escuela Politécnica*) e integraba «las artes» en su generalidad, hoy en día «segregadas» en técnicas (predominio de la función) y bellas artes (predominio de la estética). Por su concepción, esta Academia es una institución claramente Renacentista.

Si Herrera fue el inspirador directo, Lavanha fue su organizador y primer director. Principios básicos de su funcionamiento fueron la contratación de un profesorado del más

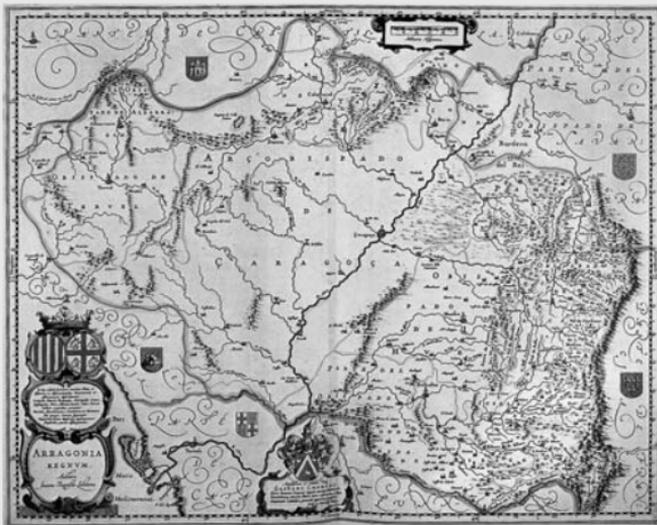
alto nivel y la elaboración o traducción de textos con destino al alumnado. Así, Lavanha escribió su *Tratado del arte de navegar* o el *Libro Primero de Architectura Naval* (manuscritos); el gaditano Cristóbal de Rojas su *Teoría y Práctica de Fortificación, conforme las medidas y defensas destes tiempos, repartida en tres partes*, el primer y muy importante texto impreso en castellano sobre fortificación (1598); Pedro Ambrosio Ondériz tradujo diversos textos al castellano, entre otros la *Perspectiva y Especularia* de Euclides (hoy se atribuye la segunda a Teón de Alejandría), impresa en 1585; Andrés García de Céspedes, significado diseñador de instrumentos, que había sido Piloto Mayor de la Casa de Contratación (Sevilla) y Cosmógrafo Mayor del Consejo de Indias (en la Corte), ya en 1606, publicó su *Libro de Instrumentos nuevos de Geometría*.

Entre los alumnos célebres de esta Academia, cuyo ambicioso plan nunca se llegó a desarrollar en plenitud, están Francisco de Bobadilla, conde de Puñonrostro (con el que se evidencia el aliciente que sobre la nobleza significaba tan directo apoyo por parte del monarca), o Lope de Vega, espíritu inquieto, que incluso dedica un soneto a Lavanha en el que, usando conceptos de Astrología, habla en realidad de sus relaciones amorosas con una dama.

Como constata Goodman, «las esperanzas del rey de que el curriculum de la Academia sería imitado en las escuelas municipales de Castilla se vieron defraudadas por el rechazo de las ciudades a subvencionar esa enseñanza». De vida relativamente corta, la Academia se mantuvo hasta mediados

de la segunda década del siglo XVII. Es frecuente aceptar su casi total desaparición hacia 1625, en parte víctima de una campaña de descrédito organizada por los jesuitas, interesados por la creación de los Reales Estudios en el Colegio Imperial, aunque hay indicios de actividad hasta 1634.

*Véase Juan de Herrera: INSTITUCION de la Academia Real Mathematica. (Ed. facsímil y estudios preliminares de José Simón Díaz y Luis Cervera Vera), Instituto de Estudios Madrileños, Madrid, 1995.*



*Mapa de Aragón, obra maestra de Juan Bautista Lavanha (1617), realizado con las más precisas técnicas del momento*

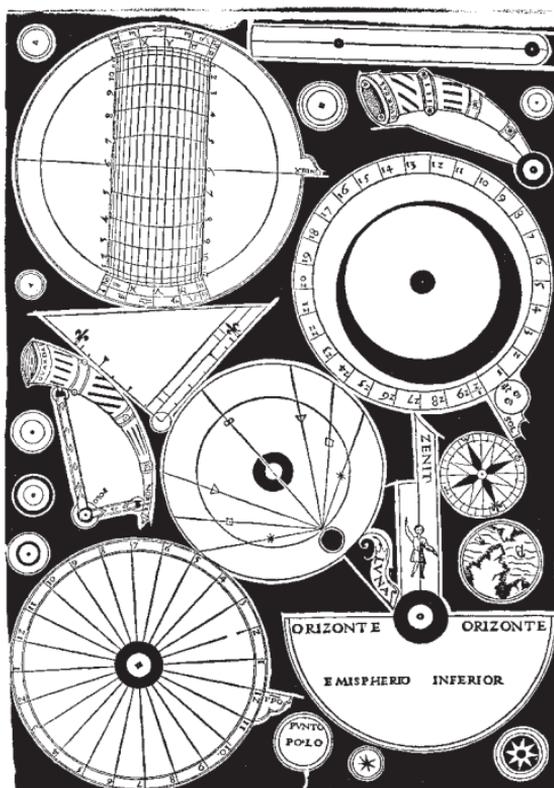
Sintético en lo docente, y a diferencia de Cortés, Medina no fue un innovador científico-técnico. Pero su libro tenía importantes aciertos en lo operativo: unas tablas de declinación sencillas, así como excelentes figuras y reglas para la determinación de la latitud. Sin embargo, el tratamiento de la construcción de cartas de marear o de instrumentos dista de alcanzar el nivel del texto cortesiano. Medina llegó a negar la existencia de la declinación magnética.

### **EL BREVE COMPENDIO**

El tratado de Cortés comienza con una típica carta al emperador, laudatoria y erudita, en la que muestra su adhesión al proyecto cesáreo de construir un “imperio universal”. Al margen del discurso de las armas, presenta el conocimiento científico-técnico como un recurso esencial para el progreso. Llega a afirmar que «en vuestros felicísimos tiempos parece que España se ha renovado y en todas las artes mecánicas se ha pulido y mejorado» (f. IIv).

Aunque son numerosos los escritos de humanistas en los que se asimila la mejora de las “artes mecánicas” al progreso, la idea no termina de calar en el país, pese a la evidencia de la superioridad de ese mundo con respecto al antiguo. Así, el entusiasmo cortesiano no concuerda exactamente con la valoración social que se seguirá otorgando a las artes mecánicas. De ello aún permanece traza en el

*Diccionario de Autoridades* (1732), donde se afirma que *mechanico* «es lo que se ejecuta con las manos. / Se aplica a los oficios bajos de la República.../ Se toma también por cosa baja, soez e indecorosa».



*Recortable con las piezas que permiten construir los instrumentos descritos en el texto (reproducido de la ed. facsímil de la Institución «Fernando el Católico», Zaragoza, 1945)*

## El impresor y las ediciones en castellano

El colofón de la obra identifica con claridad al impresor y la fecha de impresión:

«Acabóse la presente obra llamada *Breve compendio de la Sphera y de la arte de navegar*: compuesto por Martín Cortés. Acabóse hoy miércoles, víspera de *Corpus Christi*, a XXVII días del mes de Mayo, año de nuestro señor Jesucristo de 1551 años. Impreso en la muy noble y muy leal ciudad de Sevilla, en casa de Antón Álvarez, impresor de libros, en la calle de Lombardas, junto a la Magdalena».

Tiene 95 folios, numerados sólo al recto (aunque con errores), más dos de índices y colofón. Está impreso en pliegos de doble folio, consta de doce cuadernillos de cuatro pliegos y un décimotercero de un único pliego. Está compuesto en letra gótica, en treinta y cinco líneas, con iniciales, reclamos y anotaciones marginales. Presenta portada xilografiada a dos tintas (negra y roja), de tipo arquitectónico, con las armas del emperador. El óvalo inferior exhibe la marca de Andrés de Burgos, no la del impresor. Contiene 32 grabados xilografiados intercalados en el texto, y una lámina con dibujos recortables, para explicar la construcción y el uso de instrumentos, con los que se componen diversas figuras móviles.

Según el *Diccionario de impresores españoles* (ss. XV-XVII) de Juan Delgado Casado (Madrid, 1996), el impresor Antón Álvarez desarrolló su actividad en Sevilla entre los años 1544 y 1556, fecha en que desaparece su nombre y, seguramente, su taller. La obra más importante que salió de sus prensas es justamente este tratado, de pulquérrima edición. En 1556 se reimprimió en la misma imprenta, declarando el colofón la fecha de diez de enero.

Cortés afirma que ha sido «el primero que redujo la navegación a breve compendio» (f. IIIv). Ello no es rigurosamente cierto, pues si bien se podría aceptar que Medina publicó su libro en Valladolid el mismo año que él lo escribía en Cádiz, hacía diez años que el de Faleiro se había impreso en Sevilla. En cualquier caso, esa afirmación de Cortés ha de tomarse como una figura algo retórica, frecuente en esa época.

El autor del *Breve compendio* expone con claridad la estrategia para afrontar el desafío de la navegación: «...que era necesario [para caminar por la mar] poner los ojos en el cielo» (f. IIII). En ello subyace una conciencia cierta de la sustancial mejora habida en la comprensión de las técnicas de la navegación en las últimas décadas, conocimientos que él compendia.

La acusada ignorancia de muchos pilotos le preocupa sobremanera. Expresa un claro deje de insatisfacción, mencionando «cómo pocos o ninguno de los pilotos saben apenas leer y con dificultad quieren aprender y ser enseñados» (f. IVv). Y es que los pilotos, por su responsabilidad sobre vidas, enseres y navíos, tomaban una nueva dimensión entre los oficios de la mar: debían ser personas experimentadas y con conocimientos científicos. De este modo, entre el piloto y la marinería se ubicaba una frontera que deslindaba la ciencia de la simple experiencia, la modernidad de la tradición. Dicho esto, y a pesar

de la razonable formación que para la navegación de altura tenían, en general, los pilotos españoles de la Carrera de Indias, a veces se informaba de impericias en los siguientes términos:

«No están muy prácticos [en el conocimiento] de esta costa que es lo que conviene; [por ello] no examinen ningún piloto sin que primero por vista de ojo sepa toda la costa y le haya visto y sondado [...] porque todos los pilotos en dándoles un temporal desbaratado [...] se turban y no saben qué hacer» (Cristóbal de Eraso al Consejo de Indias, h. 1528).

Cuestiones como el sondado de fondos, clásicas en la navegación medieval, no son abordadas por Cortés, que sólo se preocupa por la navegación de altura. Pero no se debe olvidar que, en función de la experiencia, los pilotos eran especialistas instruidos para rutas específicas.

### **Cosmógrafos y pilotos**

Ni Medina ni Cortés fueron pilotos. Eran cosmógrafos, profesionales a quienes los pilotos tildaban, a veces, de “teóricos”, de “marineros de agua dulce” o de “pilotos de salón”. Rodrigo Zamorano (nombrado Piloto Mayor en 1598) tampoco tenía experiencia de navegación. Ante la presión de los pilotos para destituirle, afirmó ser conocedor de la navegación «no como rudo marinero, sino acompañado de las matemáticas, astrología y cosmografía».

En sentido contrario, son frecuentes los comentarios despectivos de los cosmógrafos hacia los pilotos. Así se manifiestan Medina o nuestro Cortés (ff. IVv y VII). En la misma línea, el gran cosmógrafo portugués Pedro Nunes escribió (*Tratado de Sphera*, 1537): «¡Estos pilotos! No conocen el Sol, la Luna o las Estrellas, ni sus cursos, movimientos o declinaciones». En resumen, no resulta difícil apreciar la existencia de una clara separación socioprofesional entre unos y otros.

Por otro lado, aquella época vivió profundos cambios profesionales para los pilotos. Hasta entonces se habían formado navegando, exclusivamente mediante la experiencia, y ahora se les solicitaba conocimientos científicos. Es el tránsito de un oficio a un “arte”, del pilotaje tradicional a los modernos navegantes. Ante ello reaccionaban, a veces, con el desdén de quienes ven que, para su trabajo, se les pide unos saberes para los que se sienten incapaces. Baste decir que, según P. E. Pérez-Mallaína (*Los hombres del Océano*, Sevilla, 1992), sobre una población estudiada de 82 pilotos, a lo largo del siglo XVI, un 26% no sabía ni firmar. No resulta aventurado suponer que más de la mitad fueran analfabetos funcionales.

Pero la tarea del piloto no era nada sencilla, ante tantas incertidumbres sobre las mediciones, las costas, las mareas, los vientos... Por ejemplo, la imprecisión de los instrumentos de medida (astrolabios, ballestillas) y el movimiento del barco colaboraban a que los cálculos de posición fueran bastante imperfectos. A veces, incluso desembarcaban en la costa para observar desde tierra firme. Errores de poco más de cuatro grados en la medida acercaban el error de distancia a los quinien-

tos kilómetros. De este modo, algunos escritos satíricos de la época afirmaban que, a veces, los cálculos de los pilotos «suponían al barco navegando por tierra firme». Muchos se burlaban de los titubeos e imprecisiones en sus cálculos, por lo que, para ocultar su inseguridad, los pilotos solían rodear su trabajo de un cierto secretismo, como si de ceremonias iniciáticas se tratara.

### **Índice del *Breve Compendio de la Sphera y del Arte de Navegar***

La primera parte del compendio trata de la composición del mundo y de los principios universales que para el arte de la navegación se requieren.

Capítulo primero de la distinción general de las criaturas	f. IX
Capítulo II de la definición del mundo	f. IX
Capítulo III de la definición de la esfera	f. X
Capítulo IV de la división del mundo	f. X
Capítulo V del número, orden y propiedad de los elementos y cielos	f. XI
Capítulo VI de la inmutabilidad de la tierra	f. XIII
Capítulo VII de la redondez de la tierra y del agua	f. XIII
Capítulo VIII del movimiento de los cielos y elementos	f. XV
Capítulo IX de la división de la esfera en partes formales	f. XV
Capítulo X del círculo equinoccial	f. XVI
Capítulo XI del círculo zodiacal	f. XVII
Capítulo XII de los círculos coluros	f. XVIII

Capítulo XIII del círculo meridiano	f.	XVIII
Capítulo XIV del círculo horizonte	f.	XIX
Capítulo XV de los cuatro círculos menores	f.	XX
Capítulo XVI de las cinco zonas	f.	XX
Capítulo XVII de la longitud y latitud y de la proporción que tienen los círculos menores a los círculos mayores	f.	XXII
Capítulo XVIII del ámbito de la tierra y del agua	f.	XXIII
Capítulo XIX de los siete climas	f.	XXIII
Capítulo XX de algunos principios que se supone saber para esta ciencia	f.	XXV

\* \* \*

La segunda parte del compendio trata de los movimientos del Sol y de la Luna y de los efectos que de sus movimientos se causan.

Capítulo primero del curso del Sol por el zodiaco y de los efectos que de ello se causan	f.	XXVII
Capítulo II del verdadero lugar del Sol en el zodiaco	f.	XXVIII
Capítulo III de la declinación del Sol	f.	XXX
Capítulo IV de la entrada del Sol en los dos signos	f.	XXXI
Capítulo V de la Luna y de sus movimientos y propiedades	f.	XXXIII
Capítulo VI de las conjunciones y oposiciones del Sol y de la Luna	f.	XXXIII
Capítulo VII de la declaración de instrumentos con el cual se halla el lugar y declinación del Sol, días y lugar de la Luna	f.	XXXVI
Capítulo VIII del eclipse de la Luna y del Sol	f.	XXXVIII
Capítulo IX del tiempo y de su definición	f.	XL

Capítulo X del año y de diversos principios y cuentas que tuvo antiguamente	f.	XL
Capítulo XI del mes y de sus diferencias	f.	XLII
Capítulo XII de la semana	f.	XLIII
Capítulo XIII del día y de la noche	f.	XLVIII
Capítulo XIV de las horas	f.	XLVIII
Capítulo XV de la fábrica y uso de un reloj diurno universal	f.	XLVI
Capítulo XVI de los relojes murales y horizontales particulares	f.	XLVIII
Capítulo XVII de la composición y uso de un instrumento horario nocturno general	f.	L
Capítulo XVIII del tiempo de las mareas o flujo y reflujos del mar	f.	LIII
Capítulo XIX de algunas señales que significan tempestad o bonanza	f.	LV
Capítulo XX de la exaltación relumbrante que aparece en las tempestades y que los marineros llaman San Telmo	f.	LVII

\* \* \*

La Parte Tercera del compendio trata de la composición y uso de instrumentos y reglas del arte de la navegación.

Capítulo I del número, orden y nombres de los vientos	f.	LIX
Capítulo II de la composición de la carta de marear	f.	LXI
Capítulo III de la virtud y propiedad de la piedra imán	f.	LXVIII
Capítulo IV de la fábrica de la brújula o aguja de navegar	f.	LXIX
Capítulo V de un efecto que tiene el aguja que es nordestear y noruestear	f.	LXXI
Capítulo VI de la introducción y principios del arte de la navegación	f.	LXXIII

Capítulo VII de la fábrica y uso del astrolabio con que los marineros toman las alturas	f.	LXXV
Capítulo VIII de la definición de las alturas y cómo se saben las alturas del polo mediante el altura meridiana y declinación del Sol	f.	LXXVIII
Capítulo IX de la fábrica y uso de la ballestilla con que los marineros toman el altura del Norte	f.	LXXX
Capítulo X de las alturas del Polo sabidas por la del Norte	f.	LXXXII
Capítulo XI de la composición y uso de un instrumento por el cual sin aguardar al mediodía por los rayos del Sol se sabe la altura del Polo y la hora que es	f.	LXXXIII
Capítulo XII de la leguas que se corren por grado según diversas derrotas	f.	LXXXVIII
Capítulo XIII de cómo se ha de echar punto en la carta	f.	LXXXIX
Capítulo XIV de la fábrica y uso de un instrumento general para saber las horas y cantidades del día y a qué viento sale y se pone el Sol	f.	LXXXIX

Después del índice del compendio, Cortés dirige a Don Álvaro de Bazán un floreado prólogo en el que defiende la importancia de la navegación, que «nos dio a conocer aves peregrinas, animales diversos, árboles ignotos, preciosos bálsamos, medicinas salutíferas [...]. Finalmente, a los que la distancia del lugar y la naturaleza hizo extraños y apartados, la navegación los volvió comunes y juntos. Y aun no erraré si dijere concordés...» (ff. VIv-VII). Tras recordar la ignorancia de los pilotos y la escasez de ellos con expe-

riencia, lo que justifica la redacción del texto, declara: «He trabajado más que otros sacando a luz lo que otros callaron y manifestando en público lo que otros encubrieron en secreto» (f. VIIIv). Justamente esta frase es una de las claves del prólogo, pues Cortés se encuentra en la difícil posición del que propaga a todos los vientos sus saberes, lo que es loable; pero, a la vez, como éstos son materia “sensible” para el imperio, proporcionan ventaja competitiva y pueden ser empleados por los enemigos. Dicho de otro modo, parece acogerse al Capitán General de la Armada para que con su venia se le otorgue la debida licencia de impresión.



Los once cielos (f. XIII)

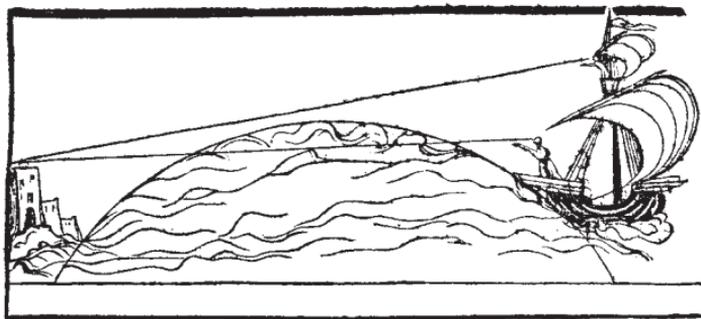
En la **primera parte** se plantea su concepción del Universo, así como su visión de la Tierra. En la más pura tradición medieval, al igual que Faleiro y Medina, sigue a Juan de Sacrobosco (s. XIII), cuyo *Tractatus de Sphera Mundi* tuvo una gran difusión en los siglos XV y XVI, con más de setenta ediciones, una de ellas a cargo del matemático

darocense Pedro Sánchez Ciruelo (*Opusculum de Sphaera Mundi*, Alcalá, 1526), a quien cita. Cortés ofrece una visión ptolemaica, geocéntrica, del mundo, a pesar de que el libro de Copérnico, *De revolutionibus orbium caelestium*, había sido publicado en 1543. Vaya en descargo de Cortés que su manuscrito data de 1545, y pudiera ser que no lo conociese. En cualquier caso, es posible que de haber tenido noticia y aceptado el heliocentrismo, propugnado por Copérnico pero ya empleado en la Antigüedad por Heráclides del Ponto (s. IV a. C.) o Aristarco de Samos (ss. IV-III a. C.), no se atreviese a publicarlo para no caer en herejía, dado que la teología cristiana, al adoptar el sistema geocéntrico, colocaba al hombre en el centro del Universo. Años más tarde, en 1581, Rodrigo Zamorano, catedrático en la Casa de Contratación, publicó su *Compendio de la arte de navegar*, donde se emplean aspectos de la obra de Copérnico, para la construcción de tablas y determinación de efemérides, dejando al margen el heliocentrismo.

De forma tradicional, Cortés estructura el Universo en once ciclos (Luna, Mercurio, Venus, Sol, Marte, Júpiter, Saturno, el estrellado, el cristalino, el primer móvil y el empíreo), con los complejos movimientos relativos que de ello resultan. Afirma que Saturno cerca «el cielo estrellado que es dicho firmamento a causa que todas las estrellas, excepto los planetas, son fijas en él como nudo en tabla» (f. XII). Al escribir el capítulo sexto, «De la

inmutabilidad de la Tierra», Cortés rechaza con rotundidad la idea expresada por los pitagóricos de que la Tierra se movía, afirmando que «el movimiento circular es propio a los cielos» (f. XIII). Tras una argumentación basada en el poder atractivo del centro del planeta, se apoya en la autoridad de David: *Qui fundasti terram super stabilitatem suam* (sal. 103).

Evidenciada la redondez de la Tierra por Juan Sebastián Elcano (1522), Cortés la demuestra con diversos argumentos, en la línea de los saberes de la Grecia clásica que habían sido “olvidados” durante el medievo. Pero ello no le priva de “contradicciones”, pues, debido a esa redondez, «algunos piensan que el mar océano es más alto que la tierra, y preguntan por qué causa no cubre el mar a la tierra y la tierra toda no se hunde en el agua» (f. XI). Desconocida aún la ley de gravitación universal, Cortés responde que



*De la redondez de la Tierra y el agua (f. XIVv)*

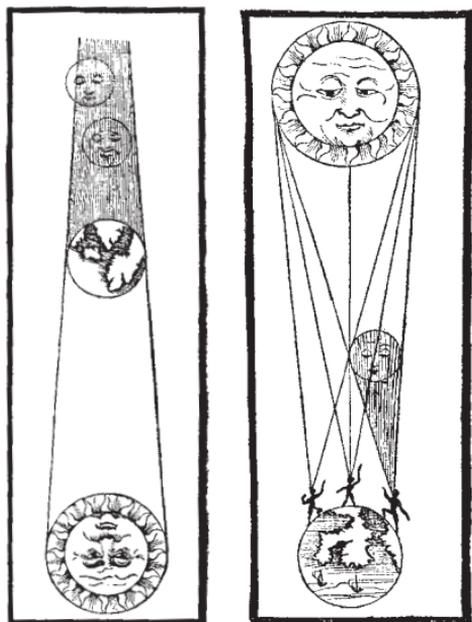
ello es fruto de «la voluntad de Dios, que es potísima [*sic*] causa suficiente y bastante» (f. XIv). El recurso a la religión le permite escaparse cuando la razón y la ciencia le resultan insuficientes. Las noticias traídas por «los que cada día van y vienen a aquellas partes» (f. XXI) le llevan a reconocer que el hemisferio sur está poblado. Para evitar una nueva llamada a la fe, ni siquiera se plantea el por qué esos habitantes “no se caen”, cuestión que torturó a los filósofos de la Antigüedad.

A lo largo de esta primera parte, Cortés introduce diversos conceptos. Los títulos de los capítulos dan una idea de los contenidos. A modo de anécdota, se puede señalar que, al hablar de las cinco zonas en las que los antiguos dividían la Tierra (Cap. XVI), anota que «San Isid[o]ro dice que el Paraíso Terrenal es un lugar situado en la parte oriental muy cercano al círculo de la Luna, templadísimo, lleno de todo deleite y frescura» (f. XXIV). Como puede deducirse, el autor es un hombre en el que perviven influencias medievales. Sin embargo, adopta (Cap. XIII) «la división de la esfera según latitud y longitud» (f. XXIIv), coordenadas geográficas propuestas por Hiparco de Nicea (s. II a. C.) y empleadas por Ptolomeo, lo que le apartará de la navegación medieval “a estima”. Además, dada la esfericidad de la Tierra, el texto cortesiano presenta una tabla en la que muestra la distancia entre meridianos en grados y minutos ecuatoriales, para cada grado de latitud. Ello le lleva a decir que «cada grado de la equinoccial [el ecuador,

al que asigna 17,5 leguas por grado] tiene en longitud LX minutos por ser grados de un círculo mayor [...]. Los otros grados de longitud como se van por paralelos apartando de la equinoccial y llegándose a cualquiera de los polos van disminuyendo lo siguiente...» (f. XXXIIv). Constatada, además, las diferencias entre superficies esféricas y planas. Volverá sobre ello en la parte tercera, al explicar el trazado de cartas. Tras considerar la división de la Tierra en climas y las diferencias entre el día natural y el artificial (de luz), introduce algunos conceptos básicos de geometría y astronomía (línea recta, ángulo, sólido, cenit y excéntrico o epiciclo, entre otros).

La **segunda parte** va a concretar rudimentos de astronomía que tienen un claro interés práctico para la navegación. Expone el curso del Sol por el zodiaco, explicando la «causa del crecer y decrecer los días y las noches [las declinaciones solares]».

Se interesa por la declinación del Sol, para lo que aporta una tabla, y por las estaciones del año con sus equinoccios y solsticios. Las tablas de declinación solar se basan en las astronómicas de Johan Müller, conocido como Regiomontano por ser de Königsberg (Monte Regio). Cortés introduce después la Luna, «cuerpo redondo de sustancia celestial opaco que no tiene lumbre, mas es apto de la recibir» (f. XXXIII) y habla de sus fases. El estudio de las posiciones relativas del Sol y la Luna le lleva a referirse



Los eclipses: de Luna (f. XXXVIIIv) y de Sol (f. XXXIXv)

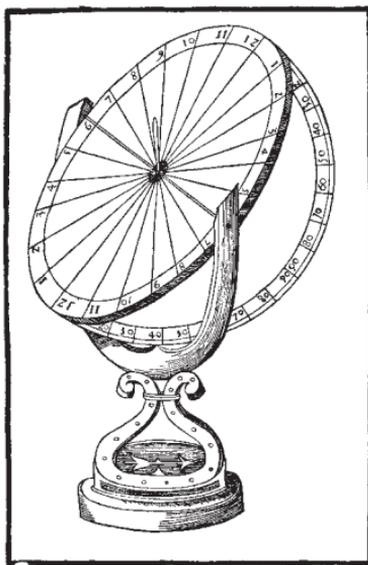
a los eclipses (de ambos planetas) o a la definición y el uso de instrumentos para determinar «el lugar y declinación del Sol, días y lugar de la Luna» (Cap. VII). Afirma que «saber los tiempos de estas conjunciones y oposiciones es provechoso y a los marineros muy necesario» (f. XXXIII). Finalmente, aborda la división del tiempo (meses, semanas, días y horas), llegando a proponer la construcción de diversos tipos de relojes; en particular, uno de uso nocturno

general (Cortés es el primer autor que ilustra uno en un texto de navegación, en el Cap. XVII).

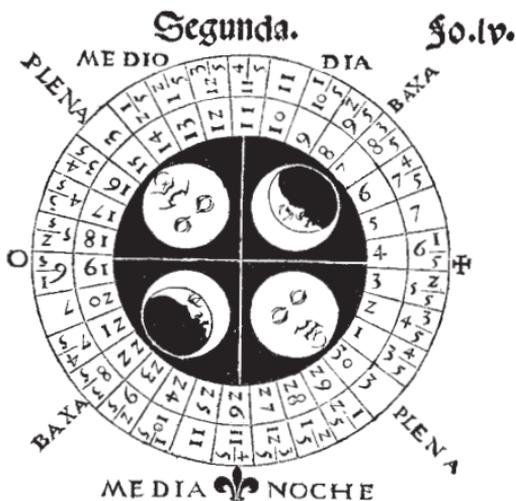
Todo ello le permite abordar un aspecto fundamental para la navegación: las mareas. Para explicar por qué se producen afirma «que la Luna es causa de su flujo y reflujo no sólo por parte de su lumbre mas por su propiedad oculta» (f. LIII). La propiedad oculta no es más que la ley de

gravitación universal, pero Newton nacería casi un siglo más tarde, en 1642. Cortés expone «por qué las mareas no son siempre [a] una hora» y adjunta una bella tabla de forma circular, donde matiza que tampoco son siempre iguales en intensidad.

Continúa hablando de predicciones meteorológicas, para lo que, entre otras cosas, apela a textos evangélicos (San Mateo y San Lucas), así como a la fina observación del comportamiento de los animales, porque Dios, habiéndoles privado «de la razón y entendimiento, les proveyó de sentido y un instinto natural por donde alcancen a saber lo que los hombres por razón u entendimiento» (f. LVI). Por último, aborda el fuego de San Telmo, enzarzándose en curiosas disquisiciones (en particular, una filológica, por la que deriva su denominación de San Erasmo, obispo de Nápoles). Obviamente, dados los conocimientos de la época, no pudo explicar que los “fuegos” eran un meteoro de tipo eléctrico.



*Reloj diurno universal (f. XLVIIv)*



Diferencia  
de mareas

**¶** Este crecer y descrecer de las mareas no es siempre en y qual qñtidad. En las conjunciones y opposiciones crecen y dscrecē mucho: a q los marineros dizen aguas viuas: y al mayor crecimiento dellas: cabeça d'aguas. En los quartos de la luna que son a los siete y veynte y dos d' luna crecen y descrecen poco: a que los marinos llamā aguas chifas - y aguas muertas.

**¶** Capitulo. xix. de algunas señales que pronostican tempestad o bonança.



**D**eue ignorar el buen piloto o marinero algunas señales que los naturales escriuen de tempestades: porque segun le mōstraren no

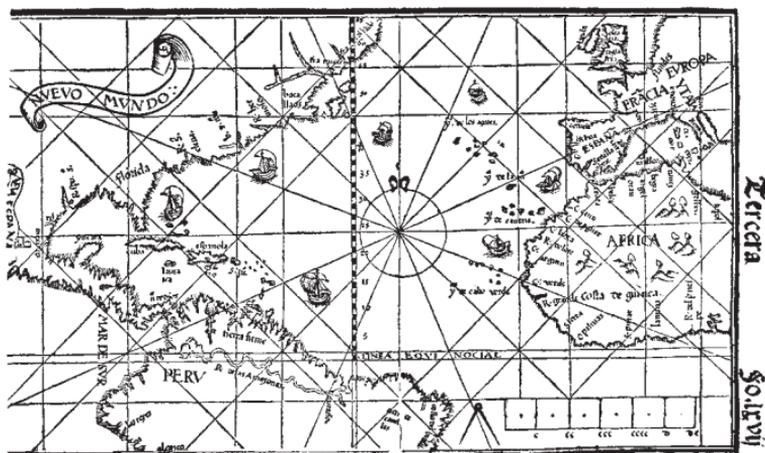
*Diferencia de mareas (f. LV)*

La **tercera parte** es la más importante. Constituye un excepcional compendio del arte de navegar, con especial atención a la fabricación y uso de instrumentos, cartas de marear incluidas. Reconoce la esencialidad de los vientos para la navegación; define el viento como «fruto del aire, vapor de la tierra que por su sutilidad trasciende el aire y lo hiere y empuja. Otros dicen que viento es aire conmovido y agitado. Llámese viento porque es vehemente violento cuya fuerza es tanta que [...] conmueve los mares». En vez de emplear grados, caracteriza su orientación merced a la clásica *rosa de los vientos* (treinta y dos rumbos, incluidos los cuatro puntos cardinales); eso sí, sin emplear los tradicionales nombres de origen italiano.

Dedica a las cartas náuticas (de marear) una gran atención. «La carta tendrá dos descripciones: la una que los marineros llaman rumbos y la otra que corresponde a las distancias, será la pintura de las costas de la tierra y de las islas cercadas de mar»; con esta afirmación se coloca en la tradición de los portulanos, pero solicita que se marquen las “alturas” (latitudes) de «algunos cabos principales y puertos y de famosas ciudades» (f. LXIII). También explica cómo reproducir cartas, para no estropear los originales, incluso modificando su escala.

De mayor alcance es su crítica a la cartografía: «No usan ni saben usar los pilotos y marineros de otras cartas sino de estas planas, las cuales por no ser globosas son imper-

fectas» (f. LXVIIv). Concreta afirmando que la distancia entre meridianos sobre el ecuador se reduce a la mitad si la latitud es de sesenta grados (es decir, reconoce que el coseno de  $60^\circ$  es  $1/2$ ). Pero, aunque diagnostica el problema, no ofrece solución alternativa. Por ejemplo, con lo considerado no se puede representar una trayectoria de rumbo constante, que forme un mismo ángulo en su intersección con todos los meridianos (derrota loxodrómica, concepto introducido por Pedro Nunes). Finalmente, como cosmógrafo y geógrafo se dirige al Emperador solicitándole que envíe expertos a lo largo y ancho de sus dominios para mejorar la cartografía, verificando o determinan-



Carta atlántica (f. LXVII)

do las “alturas” (pero no habla de longitudes) de «los puertos, cabos y pueblos marítimos» (f. LXVIII).

Después de considerar “la piedra imán”, sus propiedades y existencia en España, se concentra en una cuestión crucial para la época: la variabilidad posicional de la declinación magnética (mucho después se supo que, además, el polo magnético oscila lentamente alrededor del geográfico). Aunque era bien conocido que las brújulas no señalan exactamente al polo norte, en su primer viaje Colón descubrió que la declinación cambiaba a medida que navegaba hacia el oeste. Parece ser que este fenómeno aterrizó a la tripulación, que lo interpretó como un signo de eminente catástrofe. La contribución de Cortés consistió en formular la existencia de un polo magnético, próximo, pero diferenciado del terrestre. Se expresa en estos términos:

«Muchas y diversas son las opiniones que he oído y, en algunos modernos escritores, leído acerca del nordestear y noruestar de las agujas y, a mi parecer, ninguno da en el fiel y pocos en el blanco. Dicen nordestear cuando el aguja enseña del Norte hacia el Nordeste. Y noruestear cuando el Norte declina hacia el Noroeste. Para entendimiento de estas diferencias que las agujas difieren del polo, hase de imaginar (estando en el meridiano donde las agujas señalan el polo) un punto bajo el polo del mundo, y este punto esté fuera de todos los cielos contenidos debajo del primer móvil.

El cual punto o parte del cielo tiene una virtud atractiva que atrae así el hierro tocado con la parte de la piedra imán

[...] este punto no está en los cielos movibles ni tampoco está en el polo, porque si en él estuviese el aguja no nordestaría ni noruestaría; luego la causa de nordestear y noruestear, o apartarse del polo del mundo, es que estando en el dicho meridiano el punto atractivo y el polo están en aquel mismo meridiano, y señalando la aguja el punto, señala derechamente el polo. Y caminando de aquel mismo meridiano a Levante (como el mundo sea redondo) vase quedando el polo del mundo a la mano izquierda» (f. LXXIV).

En resumen, asumiendo la existencia del punto atractivo, Cortés ofrece una clara explicación de la declinación magnética. Ésta fue ignorada por Enciso y negada por Medina (quien después rectificó) e, incluso, por Pedro Nunes, el más significado cosmógrafo portugués. Sin embargo, Falero ya la había constatado e incluso anotó sus valores en algunos puntos. La idea del punto atractivo bajo el polo y sus consecuencias concitaron gran atención entre quienes se interesaron por el geomagnetismo. Así, Robert Norman, en *The Neue Attractive* (1581), uno de los primeros libros científicos impreso en Inglaterra, y William Gilbert, en *De Magnete* (1600), consideraron tan innovadora teoría.

Su explicación de la declinación magnética y de las insuficiencias de las “cartas planas” es la mayor contribución científica del texto cortesiano. Después, se compendian los conocimientos básicos sobre el arte de navegar, incluyendo lo relativo a los *regimientos* del Sol (mediante el astrolabio náutico) y del norte (usando la ballestilla), y se dedican

sendos capítulos a la fábrica y uso de los instrumentos. En ningún momento Cortés alude al cuadrante tradicional. De acuerdo con Waters, este cosmógrafo «es el primer autor que publica, para el uso de los navegantes, la construcción de una ballestilla»; también se le debe «la primera descripción [para los navegantes] del método de fabricar, graduar y usar el astrolabio». Además, presenta otros instrumentos que permiten determinar la hora solar. Recomienda realizar la navegación ortodrómica: «Por arco de círculo mayor porque de esta manera será caminar por brevísimo camino» (f. LXXXVIIv); el problema que no aborda es cómo navegar con esa estrategia utilizando cartas planas. Finalmente, para “echar el punto” sólo calcula el de escuadría (basado en rumbo y latitud), e ignora los de fantasía, sin duda porque piensa que la estima de la distancia es imprecisa en exceso, poco útil.

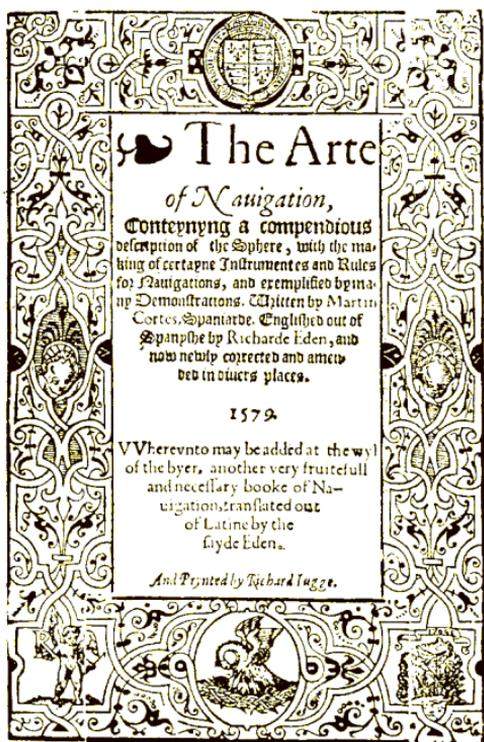
Como se ha apuntado, termina el compendio con una carta *Al magnífico señor Johan Parent, varón patricio, ciudadano de la ínclita ciudad de Valencia*. No se sabe quién fue este personaje. Cortés lo trata con gran afecto y reconocimiento, diciéndole: «Quite lo superfluo, añada lo que falta, que a quien tanto sabe de navegación y tanta experiencia ha tenido de ella, bien soy cierto, no le faltará práctica y le sobraré teórica [...] lime, corrija, enmiende, añada, acorte; porque con tal censura no temeré tanto los juicios de muchos a los cuales apenas lo muy bueno agrada» (f. XCIIIv).

## **SU EDICIÓN E IMPACTO EN INGLATERRA: *THE ARTE OF NAVIGATION***

La traducción del texto de Cortés es consecuencia directa de la visita de Stephen Borough (1525-1584), Piloto Mayor de la *Muscovy Company*, a la Casa de Contratación en 1558. En esta fecha, la Corona española era aún aliada de la inglesa, pues Felipe II estaba casado con María Tudor, reina de Inglaterra (que murió en noviembre de ese año). En una atmósfera de cooperación, Borough fue acogido con honores en Sevilla, por su valía personal y la información que podía proporcionar sobre sus viajes desde Londres a los puertos nórdicos rusos: en 1553 había doblado el Cabo del Norte, llegando a Rusia por la ruta ártica; en 1556 acababa de navegar por el mar de Kara.

Borough volvió impresionado por la organización, los conocimientos y la calidad de la instrucción de los pilotos en la Casa. Con el fin de mejorar la formación de los ingleses, en su compañía y en general, dispuso los medios para la traducción del texto de Cortés, en su opinión el mejor de los existentes. Entre los argumentos de su interés por la obra figuran el extenso tratamiento de la construcción y uso de instrumentos náuticos y el estudio de cuestiones cartográficas. Por otro lado, como navegante de los mares árticos, Borough era buen conocedor de la existencia de la declinación magnética, razón por la que, muy probablemente, descartó el texto de Medina, quien la negaba.

De la traducción del manual de Cortés se encargó Richard Eden (1521-1576), entonces empleado en la *Muscovy Company*, quien tradujo otras muchas obras de carácter científico-técnico. Además de Borough, Eden fue amigo de Sebastián Caboto, explorador y controvertido Piloto



Portada de la edición inglesa del Breve compendio, de 1579

Mayor de la Casa de Contratación hasta 1548, en que se puso al servicio de la corona inglesa. Eden trabajó fugazmente en las oficinas del Tesoro de España en Londres, en 1554, merced al historiador Agustín de Zárate.

Poseedor de una amplia formación intelectual adquirida en Cambridge, Eden tenía una clara visión del destino imperial de Inglaterra, que según su criterio habría de basarse en el dominio de las nuevas técnicas (metalurgia, navegación, etc.). De este modo, tradujo la *Pirotecnia* de Biringuccio, e intentó hacer lo mismo con la obra de Agrícola, *De Re Metallica*. Conocedor de la América hispana, tradujo obras de Pedro Mártir de Anglería o de Gonzalo Fernández de Oviedo. Hay que decir que sus traducciones eran bastante “libres”, en el sentido de que, por ejemplo, completó la del *De Orbe Novo Decades Octo* con informaciones adicionales que conformaban casi medio libro. El texto de Cortés apareció en Londres en 1561, bajo el título *The Arte of Navigation*. Fue editado por R. Jugge, impresor de la reina inglesa. Al año siguiente, Borough propuso a Isabel I la fundación en su país de una institución análoga a la Casa de Contratación sevillana.

Del mismo modo que Cortés se autodeclara el primer redactor de un *Compendio* náutico, Eden considera que es él quien abrió «la primera puerta a la entrada de este conocimiento en nuestro lenguaje [inglés]». Frente a ciertas ambigüedades de Cortés, que pueden sugerir débitos a

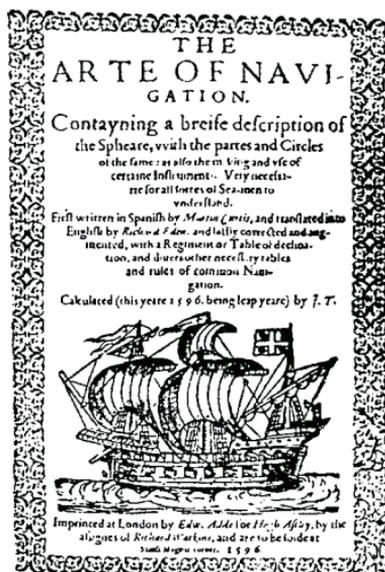
la astrología, en su prefacio Eden plantea una selección de temas más científica:

«Omitiendo por consiguiente las observaciones supersticiosas y fantásticas de la Astrología, será mejor y más necesario para todos los pilotos que deseen destacar en su profesión, aprender y observar los principios de este libro, donde pueden encontrar ese conocimiento de la Esfera, así como pueden instruirse haciendo uso de los diversos instrumentos astronómicos relacionados con el buen Arte de la Navegación, conociendo los movimientos del Sol y de la Luna en sus esferas, así como las de otros planetas y estrellas fijas: de ese modo alcanzar el verdadero valor de las horas, tiempos y mareas, con la variación de las brújulas, y muchas otras buenas observaciones naturales del tiempo, tempestades y bonanzas, mediante infalibles presentes de lo mismo, muy necesario para ser observado. Y esto mediante los principios ciertos de la Astronomía, no de Astrología».

El formato de la edición inglesa es menor que el medio folio: 180x140 mm, lo que la hizo particularmente práctica para su uso en el mar. De 168 páginas (frente a los 197 folios de la castellana), está impresa a una sola tinta.

Años más tarde, el editor, Jugge, manifiesta a Eden que imprimirá de nuevo el libro si realiza algunas adiciones relativas al geomagnetismo. La claridad y concisión del resto del libro hicieron que esta idea se abandonara. Es revelador que la primera edición atrajera alabanzas inequívocas por parte de William Bourne en 1567, aunque en

1574 manifestaba la necesidad de un nuevo texto, que él mismo escribió. El editor del libro de Cortés usó de sus influencias para impedir que, entre tanto, se publicase nada acerca de cómo hacer instrumentos o cartas, temática abordada en el texto del bujaralocino. Bourne publicó su *Regiment of the Sea* en 1574, refiriéndose —con desgana— a la construcción y uso de instrumentos náuticos en el manual del español.



Portadas de las ediciones inglesas séptima (1609) y novena (1630)  
de la obra de Cortés

El libro de Cortés se reimprimió sin cambios sustanciales en 1572, 1579, 1584 y 1589, aunque la tercera y cuarta ediciones incorporaron un libro suplementario, *De natura magnetis et ejus effectibus*, debido a John Taisner (1562). En 1596 se necesitaba actualizar el texto. John Tapp incluyó, entre otras cosas, una tabla de declinación solar (años 1596-1615) similar a la de Medina o Bourne, un almanaque y una mejora del capítulo sobre mareas. En la revisión de la edición de 1609, Tapp se refirió a un nuevo instrumento «ahora frecuentemente usado», el cuadrante doble o cuadrante inglés, desarrollado independientemente por John Davis y Thomas Harriot a finales de los ochenta. Venía a sustituir a la ballestilla y eliminaba errores de paralaje y deslumbramientos, evitando la difícil contemplación simultánea de dos objetos bastante separados (el astro y el horizonte). En las dos últimas ediciones, 1615 y 1630, Tapp hizo de nuevo pequeños cambios. Es interesante señalar que en las ocho primeras (todas, salvo la última), el título del texto de Cortés empleaba el hispanismo “Arte”, en vez del más genuino vocablo inglés *Art*.

Los primeros libros de navegación propiamente ingleses son todos deudores de la obra de Cortés, que fue el estándar básico a lo largo del reinado de Isabel I, e incluso influyó claramente en el primer tercio del siglo XVII. Con diversos grados de deuda, se encuentran textos como *Regiment of the Sea*, de W. Bourne (1574); *The Neue Attractive*, de R. Norman y *A Discours of the variation of the Com-*

*pass, or Magnetic Needle*, de W. Borough (1581), que se imprimieron en un mismo volumen; *The Mariners Guide*, de Th. Hood (1592); *Seamans Secrets*, de J. Davis (1594); *The Navigators Supply*, de W. Barlow (1597); o *De Magnete*, de W. Gilbert (1600). Del interés histórico que se concede en Inglaterra al *Breve Compendio* da cuenta su selección dentro de la exposición *Science through the Ages*, organizada en la Biblioteca Bodleiana de Oxford hace algunos años. En cualquier caso, en el siglo XVII ese país superó en su nivel de conocimientos náuticos a España y se convirtió en potencia marítima de primer rango.

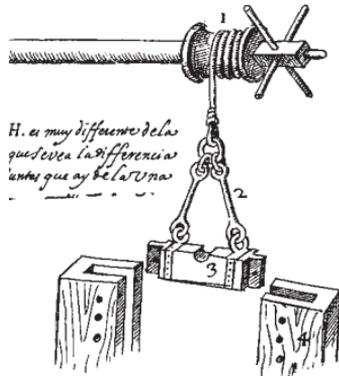
#### Ediciones inglesas de *The Arte of Navigation*, de Cortés

nº	Impresor	Editor	Ciudad	Año
1ª	R. Jugge	<i>id.</i>	Londres	1561
2ª	R. Jugge	<i>id.</i>	Londres	1572
3ª	R. Jugge	<i>id.</i>	Londres	1579
4ª	Viuda de J. Jugge	<i>id.</i>	Londres	1584
5ª	A. Geffes	R. Warkins	Londres	1589
6ª	E. Alde	H. Astley	Londres	1596
7ª	F. Kingston	J. Tapp	Londres	1609
8ª	W. Stansby	J. Tapp	Londres	1615
9ª	B.A. and T. Fawcet	J. Tapp	Londres	1630

— LOS —

# VEINTIÚN LIBROS

## DE LOS INGENIOS Y MÁQUINAS



*H. es muy diferente de la  
que se ve en la diferencia  
antes que ay be la una*

✠  
LOS VEINTE Y VN  
Libros de los Ingenios, y Maquinas de  
Juanelo, los quales le Mando escribir  
y Demostrar el Chatolico Rei  
D. Felipe Segundo Rey  
de las Hespañas  
..o y Nuevo ..  
Mundo.



Dedicadas al Serenissimo Señor Don  
Juan de Austria Hijo de el Chatolico  
Rei D. Felipe quarto Rei de las  
Hespañas. .o

Portada de Los Veinte y Un Libros de los Ingenios  
y Máquinas de Juanelo

## DESCRIPCIÓN DEL CÓDICE

La Biblioteca Nacional de Madrid conserva un voluminoso manuscrito en cinco tomos titulado, como reza el encabezamiento de la cubierta, *Los Veinte y un Libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo, los cuales le mandó escribir y demostrar el Católico Rey D. Felipe Segundo, Rey de las Españas y Nuevo Mundo*. Tras estas líneas aparece el escudo de Castilla y León, coronado y ornado con la cruz de la orden de San Juan de Jerusalén; bajo éste, una dedicatoria «al Serenísimos Señor Don Juan de Austria, hijo del Católico Rey D. Felipe Cuarto, Rey de las Españas».

Cada uno de los cinco volúmenes en que se halla dividida la obra (catalogados con la signatura MS. 3372-3376) va precedido de una portadilla. En ellas se insiste en la mención a Juanelo, quien, en su calidad de ingeniero mayor del rey, y por expreso encargo de éste, habría escrito la obra. Se indica, además, que se “consagran” al monarca «por mano de Juan Gómez de Mora», a quien en un caso se llama «su valido» y, en los demás, «su mayordomo».

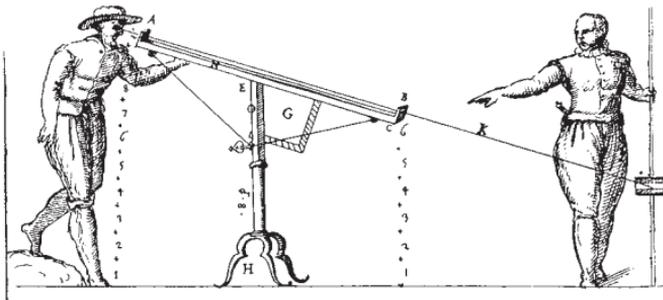
La obra, en formato 21x30 cm, consta de 483 folios y fue bellamente ilustrada con 440 figuras (independientes o formando pequeños grupos; de ellas se han seleccionado las que acompañan a la presente publicación). Los cinco tomos reúnen el total de esos veintiún libros (o “capítulos”) a que hace referencia el título: cinco en los tomos primero,

segundo y cuarto respectivamente, tres en el tercero y otros tres en el quinto.

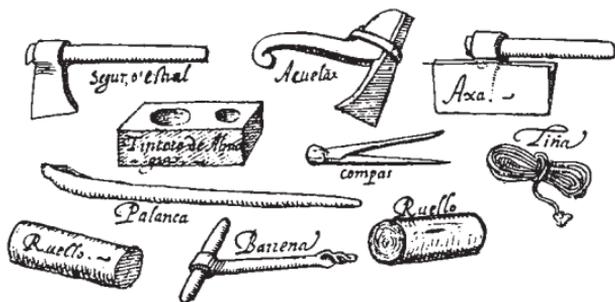
El texto está escrito con varios tipos de letra, todos ellos, según los estudiosos, propios de las décadas finales del siglo XVI o incluso de la centuria siguiente, y correspondientes a escribanos profesionales. De ello —entre otros indicios— se deduce que se trata de una copia de un original previo o borrador hecha, probablemente, para dejarlo ordenado, limpio y claramente legible con vistas a su difusión, bien en forma de manuscrito, bien para darlo a la imprenta. En cualquier caso, parece ser copia incompleta, pues el Libro 21 concluye abruptamente. Además, el numerado como 19 estaba previamente identificado como Libro 22, lo que obligó a reenumerar el resto.

No llegó a ser impreso; sólo en 1983, y por iniciativa de José A. García-Diego, el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos publicó su transcripción. En 1996, la Fundación Juanelo Turriano llevó a cabo una lujosa edición facsímil, acompañada de una nueva transcripción.

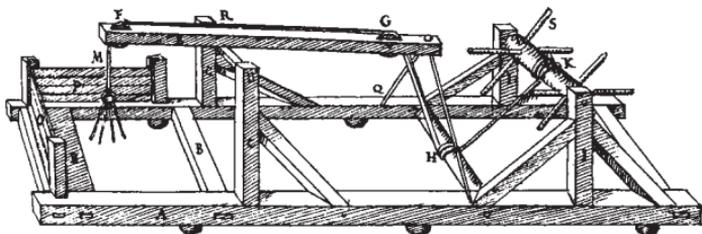
La información que ofrece el encabezamiento de la propia obra determinó su atribución, durante siglos, al famoso ingeniero cremonense Juanelo Turriano, activo en España al servicio de Carlos I y Felipe II entre 1556 y 1585, fecha de su muerte. Sin embargo, un estudio detallado del contenido del códice y del lenguaje en él utilizado llevó a Gar-



\*\*\*



\*\*\*



Ejemplos de instrumentos, berramientas y máquinas



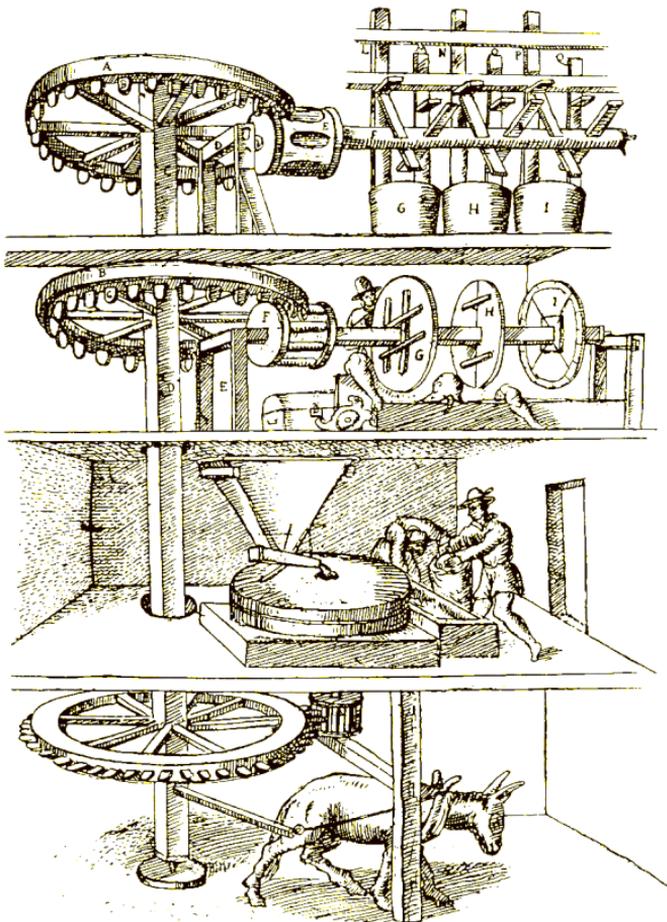
Página de inicio del texto de  
Los veintiún libros

cia-Diego a negar tal atribución y a plantear su convicción de que el autor había sido un aragonés.

Desde entonces, y muy particularmente desde el análisis filológico realizado (1988) por J. A. Frago, cuantos han escrito acerca de esta obra han defendido esa hipótesis; y muchos de ellos han tratado de averiguar, durante largos años de trabajo y esfuerzos, quién pudo ser el autor. Las conclusiones a las que han llegado, por el momento, son tan dispares que sobre ellas se ha organizado una larga polémica, de la que se hablará más adelante.

## MATERIAS DE QUE TRATA EL MANUSCRITO

*Los veintiún libros* conforman un extenso tratado sobre lo que hoy se denomina ingeniería hidráulica, aunque también aborda muchos temas que presentan sólo una relación indirecta con esa disciplina. El texto es prolijo y las



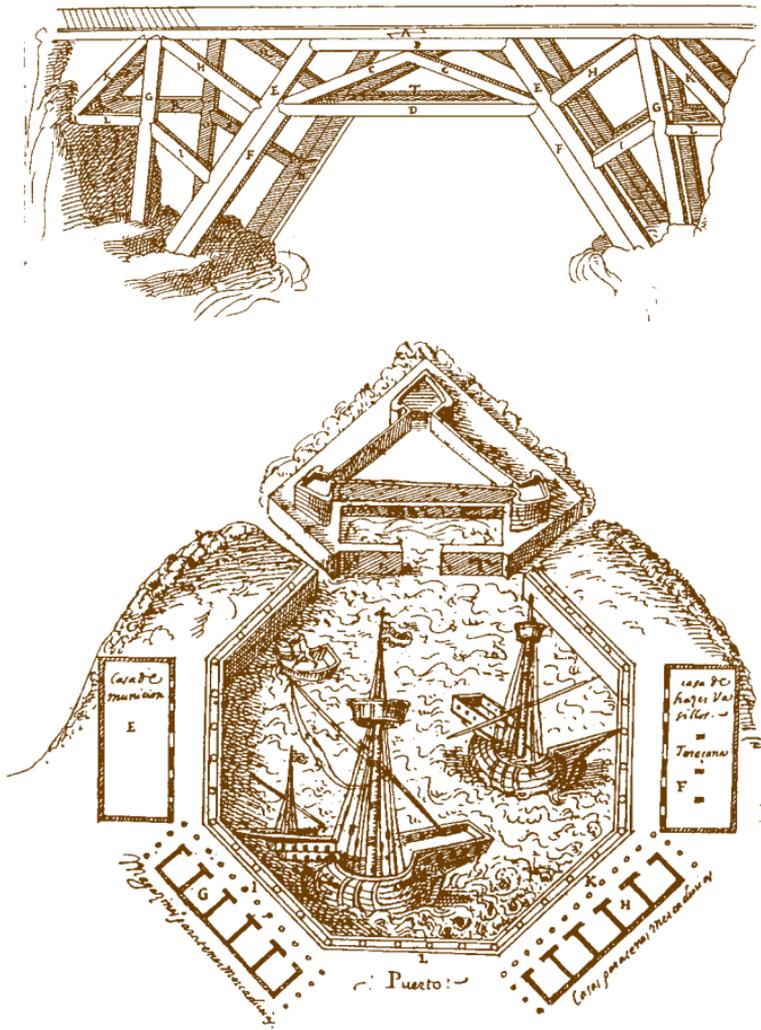
*Molino de sangre*

descripciones, minuciosas. Además de comentar por extenso más de cuatrocientas máquinas, ingenios, edificaciones e instrumentos diversos relacionados con las obras hidráulicas, dedica extensos capítulos a las características y propiedades de las aguas, su origen o la forma de encontrarlas; a los materiales utilizados para las construcciones (madera, piedra, yeso, ladrillos, calcina, betunes, etc.), sus cualidades y la forma de prepararlos, así como a las técnicas para transportar y elevar grandes pesos; a la medición y nivelación de tierras, detallando muchos de los instrumentos existentes para ello; a las formas de fabricar harina, azúcar, aceite, pólvora, lavado y tintado de paños y lanas y a la obtención de ceras, almidón, nitro, alumbre y sal; e incluso habla de relojes de agua.

Pero la parte principal del código trata sobre las obras relacionadas con la conducción, elevación, almacenamiento y aprovechamiento de las aguas. Expone con detalle muy diversos tipos de acueductos, puentes (de piedra, madera, barcas, etc.), conductos subterráneos (“alcaduzes” de barro, metal o piedra; minas), sifones, cisternas y aljibes, fuentes, presas, azudes y molinos (de canal abierta, de bomba, de cubo, de regolfo, de balsa, de acarreo, de barcas y batanes, además de otros movidos por la fuerza animal y por la del viento). Incluye, además, un apartado relativo a puertos, defensas marítimas y divisiones de aguas. En resumen, y según Juan Vernet, se trata del «primer tratado completo de hidráulica que conocemos».

El autor hablaba para los oficiales que debían enfrentarse a diario, a pie de obra, con problemas y dudas en su tarea: cómo hallar el agua para abastecer a una población, cómo saber si la hallada era beneficiosa o perjudicial para la salud, cómo conducirla hasta el punto de toma (salvando los accidentes del terreno), conservarla y distribuirla, y cómo construir las “máquinas” necesarias para el aprovechamiento industrial de su fuerza. Los temas que resultan hoy en día marginales en relación con la ingeniería hidráulica no lo eran en la época: el autor consideró la utilidad de que los oficiales conociesen bien un sinfín de aspectos prácticos, como las recetas de betunes que se usaban para pegar los arcaduces y otros materiales; las propiedades de las maderas, piedras o tierras para hacer ladrillos; las técnicas para cocer en el horno la “calcina” y el yeso; las herramientas útiles para cada proceso, etc.

Se trataba de un completísimo “manual práctico” para los artífices que se hacían cargo de estas obras. Así, por ejemplo, no se explica cómo se traza un puente, sino que se ofrece un amplio repertorio de modelos indicando cuál es el más conveniente para cada situación: cuando se precisa una estructura fuerte o ligera; cuando es necesario salvar un barranco; cuando las condiciones del terreno no permiten fundar uno de obra, y entonces se dan alternativas... Además, se proporciona una detallada información sobre sus piezas, disposición y modos para ajustarlas; se dan recomendaciones para evitar posibles problemas



Estructura de puente y planta de un puerto

o mejorar la eficacia del resultado, o se informa de las ventajas e inconvenientes de las posibles opciones. El autor, que se duele de la falta de formación de los oficiales, y clama contra quienes se autocalifican de ingenieros sin dominar los secretos del oficio, trata de remediar los múltiples fracasos que por ello se producen en las obras; vuelve los ojos a los antiguos (cuyas construcciones admira, por su firmeza, eficacia y belleza), extrae todos los datos útiles de los tratadistas modernos, compila todo lo allegado junto con las aportaciones de su propia experiencia, y pone toda esa variadísima información a la disposición, entre otros, de los —en acertada expresión de Severino Pallaruelo y Carlos Blázquez— “maestros del agua”.

El contenido del manuscrito que se conserva en la Biblioteca Nacional de Madrid es, básicamente, el siguiente:

*TOMO PRIMERO*

LIBRO 1. De las calidades de las aguas, de sus propiedades y de su generación o nacimientos.

De los efectos de las aguas y de las cosas que hacen dentro de la tierra.

De las señales que hay para haber de hallar agua, de la que es dentro de la tierra escondida.

De las señales que hay para hallar agua y cuáles son muy verdaderos [*sic*].

LIBRO 2. De las experiencias que se han de hacer para hallar agua.

LIBRO 3. Cómo podremos conocer la agua ser buena o no.

LIBRO 4. De los niveles y sus formas.

LIBRO 5. De betunes de diversas maneras.

Libro que enseña cómo se hagan los caños de plomo o fístulas y trompas de metal. Es del cuarto libro [*sic*].

### *TOMO SEGUNDO*

LIBRO 6. Del llevar aguas en diversas maneras y de aguaductos.

Libro de minas, cómo ellas se han de hacer y cómo se hagan las cequias para llevar aguas en diversos modos. Es el 7º libro [*sic*].

LIBRO 7. Para llevar aguas que pasen unas por debajo de otras.

LIBRO 8. De las diferencias que hay en el llevar de las fuentes.

LIBRO 9. Que trata de diversos modos de azudes o presas de río.

LIBRO 10. De las cisternas y aljibes, cómo se hagan en diversas maneras.

### *TOMO TERCERO*

LIBRO 11. Trata de diversas maneras de molinos.

LIBRO 12. (Sin título, trata de los diversos modos de cerner la harina y comienza a hablar de los batanes).

LIBRO 13. Libro de los molinos batanes y de aceite, y de diversos géneros de artificios de la misma calidad para sacar aguas para hacer alumbres y salitres, y lavar lanas y paños.

*TOMO CUARTO*

LIBRO 14. Libro de barcas que sirven en lugar de puente para pasar los ríos, y de puentes.

LIBRO 15. De puentes de sólo madera.

LIBRO 16. De las maderas y de piedras, y cómo ellas se cortan, y cómo se arrancan las piedras, y cómo se hace la calcina y el yeso y ladrillos, de diversas maneras.

De los remedios que se deben hacer para que las maderas se conserven después de ser ellas cortadas.

De los árboles en suma.

LIBRO 17. Capítulo de las piedras en universal y en qué tiempo se deben arrancar en la cantera y en qué sazón y tiempo se deben poner en obra y cuáles son más fáciles de quebrar y cuáles son más durables en la obra.

Libro de la calidad de las piedras y el modo de hacer rejolas y tejas y otras cosas de barro para adornar edificios.

Qué calidad de piedra es mejor para hacer calcina.

En qué tiempo se debe cavar la tierra para hacer ladrillos y en qué tiempo se deben labrar los ladrillos y cocerlos.

LIBRO 18. De cómo se han de hacer las pilas de las puentes de piedra en diversas maneras.

### *TOMO QUINTO*

LIBRO 19. Libro de edificios de mar y cómo se han de hacer y acomodar en diversas maneras.

LIBRO 20. De hacer defensas a puertos para que armadas no puedan entrar.

LIBRO 21. El cual trata de divisiones de aguas, así de islas como de otras cosas de agua, y relojes de agua.

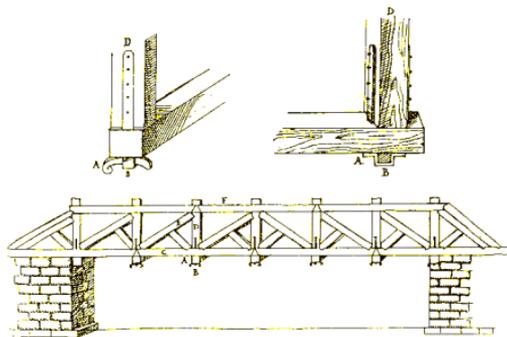
### **VALORACIÓN DE LA OBRA**

Se ha señalado que, frente a los proyectos fantásticos de máquinas irrealizables que aparecen en otros tratados técnicos de la época, los que propone el autor de *Los veintiún libros* se refieren a obras o máquinas acordes con la realidad y las posibilidades del momento; incluso se ofrecen medidas, cálculos de rendimiento y explicaciones sobre su funcionamiento. Aunque también hay errores: se ha confirmado que algunos de esos “ingenios” no podrían funcionar, o lo harían de forma deficiente, como ocurre con determinados sistemas para elevación de aguas o con los relojes hidráulicos (lo que, por otra parte, viene a apoyar la falsedad de la atribución a Turriano, pues estos aspectos fueron, precisamente, los que él dominaba).

En *Los veintiún libros* se hace un significativo esfuerzo por recopilar los saberes existentes en la época sobre muy

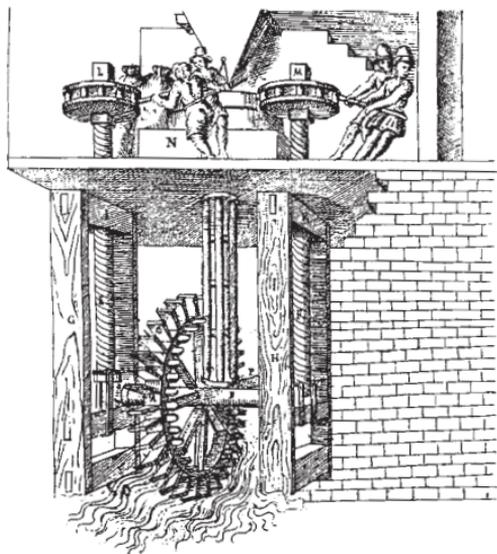
diversos temas. Son destacables, en este sentido, apartados como el de los molinos o el de los puertos, temas sobre los que nunca antes (ni, tampoco, durante mucho tiempo después) se había proporcionado una información tan interesante y completa.

Pero también hay aportaciones originales. Es el caso, por ejemplo, de unas estructuras de puentes de madera, a modo de celosías, cuyos singulares sistemas de distribución de fuerzas contribuyen a evitar el pandeo de las piezas; en opinión de José A. y David Fernández Ordóñez (que también apuntan, por otra parte, posibles dependencias de Palladio, no citadas), se trata de un tipo de solución «que aparecerá como interesante aportación estructural en las celosías metálicas americanas de los años setenta del siglo XIX». Presenta, además, como propias otras invenciones; entre ellas, los molinos de bomba (accionados por una rueda cuyas hojas se disponen en espiral) y de regolfo (cuya rueda, de hojas helicoidales, va colocada en el interior de un cilindro).



*Estructura de puente a modo de celosía, con refuerzos para evitar pandeos*

García Tapia, sin embargo, opina que este último tipo de molinos fue una invención española anterior, probablemente precedente de las turbinas hidráulicas; pero destaca como aportación del autor del código el diseño de un tipo de presa de arco y contrafuerte, así como determinados planteamientos que, de modo intuitivo, le llevan a anticipar algunos principios de la mecánica de fluidos. En su opinión, se deben otras muchas cosas a este ingeniero renacentista; entre ellas, información valiosa sobre la técnica topográfica del s. XVI, dada la gran variedad de instrumentos de medición que detalla, o sobre los métodos de construcción de obras civiles y maquinaria de la época. Lo más importante para él, con todo, es que por primera vez se intenta ofrecer una explicación “científica” sobre el funcionamiento de esas máquinas. Aunque no puede acertar



construcción de obras civiles y maquinaria de la época. Lo más importante para él, con todo, es que por primera vez se intenta ofrecer una explicación “científica” sobre el funcionamiento de esas máquinas. Aunque no puede acertar

*Sistema de elevación  
de la rueda de un molino*

en algunos casos, pues la limitación de los saberes de entonces lo impedía, no deja de atenerse a razonamientos y deducciones lógicas, lo que incluso le lleva a cuestionar las teorías de los autores clásicos, con un talante crítico muy propio del humanismo, ya en plena madurez. En un rasgo de modernidad, se remite a menudo a la experiencia directa, que llega a preferir, en caso de contradicción, a los postulados científicos vigentes.

### **Tentativas de impresión y estudios actuales**

El hecho de que el manuscrito fuese dado a copiar a escribanos profesionales, así como determinadas características de las figuras que facilitan su reproducción como grabados, hacen suponer que la obra se preparó para darla a la imprenta. Sin embargo, no vio la luz como impreso en su época; quizá porque algún suceso imprevisto lo impidió, quizá porque contenía información considerada “confidencial” o estratégica. Pero también es posible que se destinara a su circulación en forma de copias manuscritas, algo habitual entre las obras científicas de ese tiempo, dado el escaso público potencialmente interesado por ellas, a menos que contasen con un mecenas que costeara la edición.

Se han aventurado los posibles destinos de la obra hasta su llegada a la Biblioteca Nacional, en cuyos fondos consta, al menos, desde principios del siglo XIX. Es seguro que

lo poseyó el arquitecto y fontanero real Teodoro Ardemans (1664-1726), quien lo cita elogiosamente en su libro *Fluencía de la tierra y curso subterráneo de las aguas* (1724) como obra de Juanelo. Años más tarde, Juan de Santander, bibliotecario mayor, pensó en publicar la obra («que hubo de encontrar no sé dónde y comprar para la biblioteca real», según noticia de Llaguno y Ceán Bermúdez). Pidió para ello su opinión al matemático Benito Bails, en 1777; éste, aunque puso algunos reparos al estilo, se mostró favorable a editarla, e incluso parece que preparó y corrigió el texto. Pero tampoco se imprimió; lo que para Llaguno fue una lástima, pues «con esto lograría el público tener una obra en castellano anterior a las muchas que sobre los mismos asuntos escribieron los extranjeros, y verían que no eran exóticos en España los conocimientos de las ciencias naturales y exactas en el siglo XVI».

El interés por el manuscrito en época reciente data de los años sesenta, cuando los profesores Alex G. Keller y Ladislao Reti iniciaron sus estudios sobre él. Este último lo calificaba como «una revisión casi completa de las artes mecánicas conforme eran conocidas y practicadas en el siglo XVI [...] que ofrece numerosos detalles sobre operaciones técnicas acerca de las cuales no existe ninguna otra información disponible». A partir de entonces, se han sucedido los trabajos de investigación que tratan de esclarecer las múltiples incógnitas que aún rodean a la obra de este anónimo ingeniero aragonés.

## LA HUELLA DE OTROS AUTORES

En *Los veintiún libros* abundan las citas de autores clásicos, entre ellos Aristóteles, Plinio, Teofrasto, Columela, Frontino, Catón, Herodoto, Ptolomeo, Tácito o Vegetio; las más numerosas, sin embargo, son las referidas a tratados de arquitectura. La obra que tiene una mayor presencia es *Los diez libros de arquitectura* de Vitruvio, pero también se alude con insistencia a autores italianos más modernos, como Maggi, Tartaglia, Serlio, Vignola o Alberti, especialmente este último. El autor, pues, debió de poseer una nutrida biblioteca y, desde luego, conocía la lengua italiana, pues algunos de los libros que usó no se editaron en castellano hasta mucho después, y otros no llegaron a traducirse. Alguno, tampoco a publicarse: es el caso del *Trattato delle virtù e proprietà delle acque* (1599), de Giovanni Francesco Sitoni, ingeniero milanés que estuvo en España (1566-1579) al servicio de Felipe II, del que hemos observado que se traducen varios pasajes literalmente.

### De *Los veintiún libros* y el tratado de Sitoni

Se aprecian similitudes entre algunos fragmentos de *Los veintiún libros* (por ejemplo, fols. 4v, 5, 6 y 9v) y otros del tratado de Sitoni (correspondientes a las pp. 162 y 163 de la edición de 1990). Reproducimos un breve pasaje:

—*Los veintiún libros*, f. 6: «...que esto no se puede azer en este nuestro ayre, tan espacioso, ni puede acaezer, por causa

que siempre ay frio y se va condensando, mas calentando despues el sol a las vezes se asubtila y a las vezes es movido de los vientos y vase abriendo».

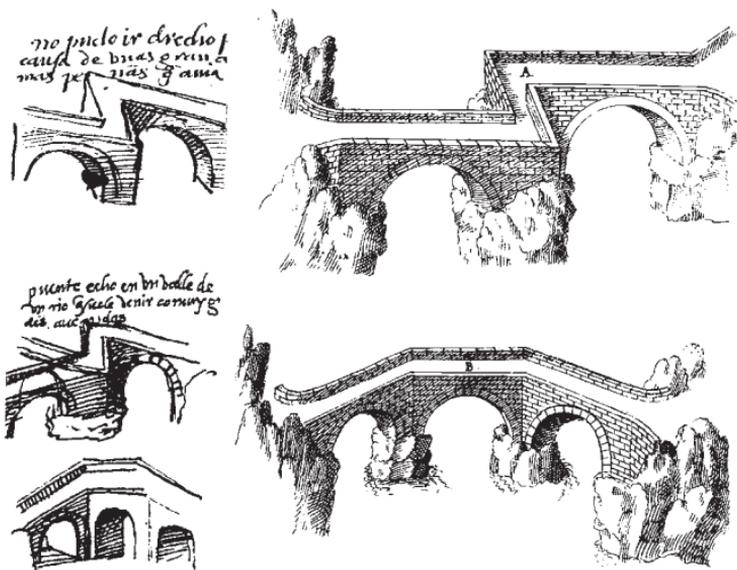
—*Trattato delle virtù...*, p. 163: «...che non può in questo nostro aere così aperto avvenire, perchè non sempre è freddo et si condensa, ma riscaldandosi dall'ardore del sole, alle volte si assotiglia, et alle volte commosso dalla forza de i venti gagliardamente si apre».

Nicolás García Tapia opina que manejó la edición italiana de la obra *De re aedificatoria*, de Alberti, que realizó Cosimo Bartoli en 1570: al parecer, en la Biblioteca Nacional de Madrid se conserva un ejemplar con reveladoras notas al margen, pues esas breves pero abundantes acotaciones presentan notables similitudes (tanto en el texto como en los dibujos que las acompañan) con la obra del anónimo autor aragonés.

Saltan a la vista algunas citas prácticamente literales que parecen estar traducidas directamente en el texto de *Los veintiún libros*. Ello ocurre, por ejemplo, además de las señaladas sobre el códice de Sitoni, con algunos pasajes de Vitruvio o Alberti. J. A. y David Fernández Ordóñez también han detectado semejanzas con algunos de los diseños publicados por Palladio en *I quattro libri dell'architettura* (1570), aunque el autor no cita esta fuente. Tampoco lo hace con otros como Biringuccio o Agrícola, pese a que en varios aspectos se aprecian influencias. No obstante, pare-

ce desmesurado hablar de plagio en esta obra, dado que lo mismo ocurre en muchas otras de la época: hay que tener en cuenta que las citas razonadas no se hicieron sistemáticamente hasta mucho más tarde.

En cualquier caso, el autor de *Los veintiún libros* no se limita a reproducir las opiniones de los autores, sino que las comenta, añade las suyas al respecto y aporta ejemplos y deducciones extraídas de su propia experiencia.



Ilustraciones y comentarios de un arquitecto anónimo en las páginas de un ejemplar de la obra de Alberti conservado en la Biblioteca Nacional de Madrid, y figuras semejantes en *Los veintiún libros* (tomado de Nicolás García Tapia, Zaragoza, 1997)

## **DIDACTISMO, CARÁCTER PRÁCTICO Y EXPERIENCIA**

*Los veintiún libros* se escribieron, como se ha dicho, para que fueran útiles a los artífices de la época. Su autor se sumó a la queja generalizada de la carencia de buenos técnicos:

«Cosa muy cierta [es] que hoy día, de cuantos tratan esta materia, no se hallará uno tan solo que entienda [...] de estos números [...]; no he hallado ninguno de cuantos artífices profesan este ejercicio que me haya sabido dar la menor razón, aunque eran personas que pretendían haber llegado a lo sumo de esta materia, de modo que sólo [se sirven] de una cierta práctica que ellos tienen [...], y si acaso aciertan no es por artificio, mas es acaso [azar]» (f. 287).

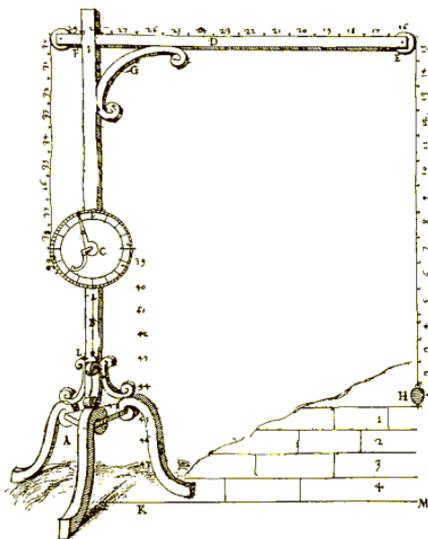
Por tanto, no convienen al libro complejas demostraciones matemáticas o densas disquisiciones sobre geometría (pese a que recomienda conocer ambas disciplinas a quienes quieran ser buenos ingenieros), sino las explicaciones de lo que mejor pueda servir al oficial:

«Hay otros muchos instrumentos para nivelar, mas ellos son muy dificultosos de entender; hay el báculo mensorio o báculo Jacob, y el astrolabio, el chilindro, el anulo astronómico, el cuadro geométrico y la escuadra de Tartaglia [pero] para haberse de valer de ellos conviene saber aritmética [...]; de modo que me ha parecido que

son los más fáciles y más comunes los que yo he puesto, porque todos [los otros] sus nombres más sirven para astrología que no para nivelar tierras» (f. 62r y v).

Para hacer más fácil la comprensión de lo expuesto, suele plantear supuestos prácticos, o da ejemplos («Supongamos, para mayor inteligencia de lo que tratamos...»); otras veces advierte a los oficiales de los problemas que podrán tener si obran sin conocimiento: «Yo vi cavar a uno en medio de un valle más de sesenta palmos de hondo y no halló agua que fuese aun bastante para pozo, porque ella fue tan poca que aun no sirvió para eso; y fue la causa que fue hecho con muy poca consideración, que si él hubiera hecho...» (f. 49).

Pero, sobre todo, son fundamentales la lógica y el sentido común. Por encima, incluso, de lo que proponen los tratadistas, conviene atender a la razón y a la experiencia: «Dejando aparte las diversas opiniones de diversos filósofos y las que cada uno tiene en ello, y como cosa que no hace a nuestro



Modelo del llamado "nivel de grados"

propósito, proseguiremos conforme a los artífices lo que en esto tienen [lo que saben] y no curando de las opiniones, como tengo dicho» (f. 249r y v).

Todo el texto está salpicado de alusiones a las vivencias propias del autor («yo he visto en infinitísimas partes...»; «y esto no lo hablo de haberlo oído a otras personas, sino yo mismo haberme hallado infinitas veces en ello»), que suele separar con claridad de los datos que aporta por haberlos leído u oído a otras personas («dice Vitruvio...», «Catón quiere que...», «Esidoro dice...», «hay otros que tienen por cosa muy cierta...», etc.).

Pese a que basa a menudo sus consejos en la autoridad de los clásicos o de tratadistas insignes más próximos a su tiempo (Alberti, por ejemplo), a los que conoce bien, no deja de aportar su propia experiencia, especialmente cuando se trata de ofrecer consejos para la práctica diaria, facilitar la dureza del trabajo, evitar gastos innecesarios, etc. En cualquier caso, el autor recomienda siempre la robustez en lo construido, buscando la seguridad.

Así, pues, en resumen, quien esté dispuesto a aprender, puede hacerlo con esta obra, pues

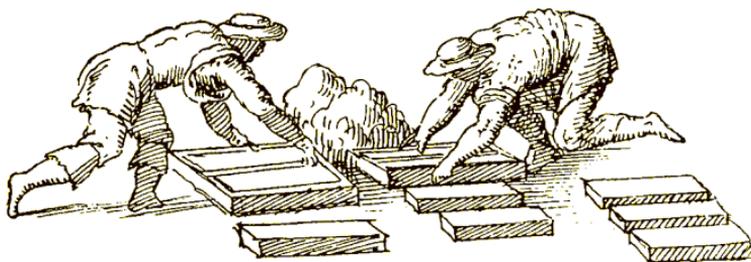
«con tantos advertimientos no podrá dejar de quedar bien instruida cualquier persona de las que pretende tratar semejante materia [...], salvo sino que fuese un grande idiota» (f. 40r y v).

## ILUSTRACIONES

Las figuras ocupan un destacado lugar en el códice. Y no sólo por su elevado número (440), sino por la calidad artística de bastantes de ellas y, sobre todo, porque contribuyen en gran medida a la comprensión de lo explicado en el texto: suelen mostrar, hasta con detalles nimios de despiece, las construcciones, operaciones, máquinas y funcionamiento de lo que se describe. Muchas van acompañadas de letras o números a los que se refiere el autor cuando las explica, para facilitar la identificación de cada parte representada. Sólo en unos pocos casos parecen haberse añadido los dibujos con una mera intención ornamental.

En opinión de Ángel del Campo (*Revista de Obras Públicas*, marzo 1989), fueron al menos cuatro los dibujantes, siendo los mejores los que realizaron los “mecanismos y artefactos”, mientras que al propio autor corresponderían algunas de las figuras más simples y de peor calidad. Los paisajes (algunos, también adjudicados al autor) y otros de artilugios mecánicos o escenas con operarios son de mérito intermedio. Destaca, como «pequeña obra de arte», la imagen de los ladrilleros (f. 272v).

Del Campo ha señalado la posible preexistencia de series de dibujos sobre las que se basase, para su descripción, el propio manuscrito; el autor, probablemente, los copiaría o haría copiar en su obra, para ejemplificar modelos de construcciones y muestrarios de piezas. Hace

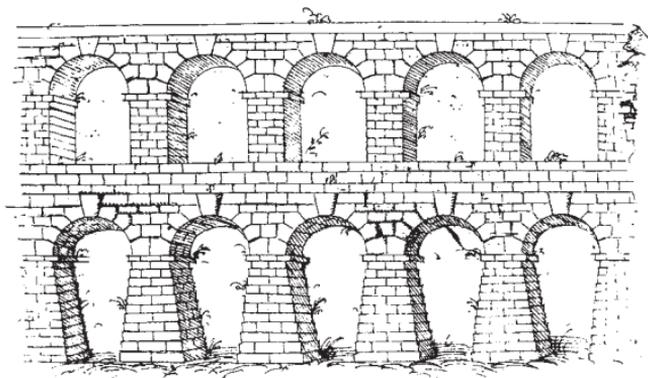


*Manera de trabajar de los ladrilleros ("los que cuecen rejolas")*

referencia a varios casos en el capítulo de los molinos que inducen a pensar que los dibujos no son suyos; lo deduce de los comentarios que los acompañan, en los que critica los diseños, a veces concluyendo que su funcionamiento no parece posible. En nuestra opinión, es significativo el caso de los acueductos, capítulo que parece trazado en función de las figuras, y no al revés, pues el autor de *Los veintiún libros* habla de ellas como si fuese explicando un muestrario: se limita a comentar lo que le parece más o menos acertado de cada diseño.

Por otra parte, a veces las figuras han sido colocadas fuera de su sitio, o alteradas; en esos casos, el copista del manuscrito lo advierte en el propio texto o bien al margen, con una llamada. Los copistas no siempre trabajaron a la vez que los dibujantes: en ocasiones se dejaron amplios espacios para la colocación de unas figuras que nunca llegaron a ser hechas, y en otras los dibujos se dispusieron

antes que el texto, pues éste los rodea aprovechando todo el espacio libre. Cabe añadir que, como señala García-Diego, al parecer las figuras se trazaron con vistas a darlas a la imprenta, ya que su técnica, a pluma, representa las sombras por medio de rayas cortas y paralelas, tal como se hacían en grabado, en lugar de con aguada.



*Modelo de acueducto con pilares en perfil piramidal*

## **LA PERSONALIDAD DEL AUTOR**

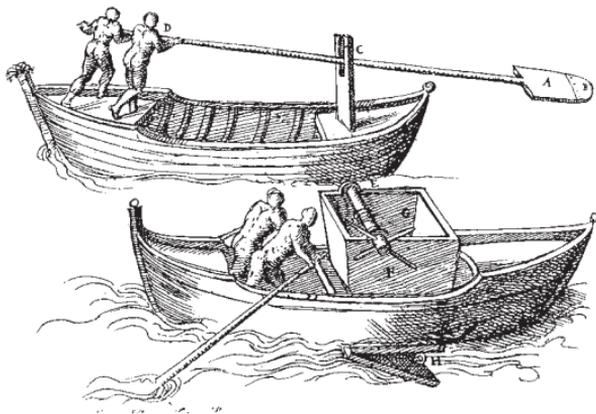
Se ha procurado desentrañar los rasgos de la personalidad de quien escribió *Los veintiún libros* a través de lo que se refleja en el propio texto (sus conocimientos, sus comentarios sobre cuestiones ajenas a lo puramente técnico, etc.). De su análisis puede deducirse que no fue ni

universitario (dados los errores patentes en algunas cuestiones matemáticas o de geometría) ni funcionario de la Corona, y sí un hombre de amplia cultura, que conocía bien las obras de los clásicos y de los autores de su tiempo. Resulta claro que fue un “ingeniero práctico”, acostumbrado a trabajar a pie de obra —proporciona abundantes detalles sobre el desarrollo de muy diversas tareas—, y no un tratadista teórico. Conocía con detalle diversas partes de Aragón, alguna de Cataluña y, desde luego, de Italia, muy especialmente la Lombardía. Y era un enamorado de su trabajo y de las aguas, cuya sola vista le deleitaba:

«Este vaso se podrá hacer de barro o de alambre o de cualquier otro metal [...] y poco importa que sea transparente, que eso no es para más del regalo y contento de la vida por ver subir la agua por el vaso arriba» (f. 28r y v).

También parece ser que se consideraba arquitecto. Alude varias veces a la necesidad de conocer la arquitectura para dominar las técnicas de la ingeniería; e incluso inserta un largo parlamento, en uno de los últimos libros, que revela su enojo hacia la ignorancia de quienes a menudo se ocupan de las obras: hombres de guerra o bien canteros y maestros de obra sin formación:

«[...] el que quisiere ser buen ingeniero, conviene que sea arquitecto y entienda de arquitectura y geometría, para saber hacer muy bien las cosas de la guerra, así que ha de saber trazar manualmente él mismo [...], aunque



*Dragado de cuchara y ganguil*

hay muy pocos que entiendan esta materia [...]; de estos ingenieros es toda su ciencia sólo hablar muy largo y blasonar mucho de las faltas que otros han hecho, y las suyas cúbrenlas con ropas de otros. [...] Y para acreditar unos tales no es necesario sepan más de sólo hablar, porque eso abasta; que hizo tal obra, que hizo una iglesia mal concertada: he aquí toda la arquitectura, he aquí al mejor de todos cuantos hay en España. [...] y de aquí viene que se juntan la alabanza y la ignorancia en uno, de modo que el barbarismo que hay aún en España en esto de la alabanza [...], que juro a ley de bueno que yo tomaba asco de oír hablar herejías y blasfemias en arquitectura, y notar errores muy notables en esta materia. [...] De modo que nadie se engañe: que el que no fuere buen arquitecto no puede en ninguna manera ser buen ingeniero» (ff. 418v-419v).

## **La condición de los ingenieros**

Las obras de ingeniería, tanto civiles (conducciones de agua, puentes, presas, molinos, etc.) como militares (fortalezas, máquinas de guerra), eran vitales para el sostenimiento de cualquier territorio. Quienes se ocupaban de su diseño y construcción se encontraban entre los profesionales mejor considerados y pagados en la época: los sueldos de los ingenieros (especialmente, de los que trabajaban al servicio del rey) eran mucho más altos que los de los arquitectos y maestros de obras. Por tanto, abundaron los que de este último gremio quisieron acceder a la condición de ingenieros.

Sin embargo, la división entre las profesiones citadas no estuvo clara hasta varios siglos después; arquitectos e ingenieros construían indistintamente presas, fortificaciones, puentes, iglesias, fuentes o edificios de viviendas, sobre todo cuando su categoría profesional no era tan alta como para lograr una especialización que les permitiese elegir un único tipo de encargos, y habían de acometer cuantos se les ofreciesen.

Pero incluso entre los más cualificados artífices hubo arquitectos que realizaron obras de ingeniería, y viceversa; lo que fue sentido, en muchas ocasiones, como una “injerencia” en las respectivas áreas que correspondían a cada uno. De ello se derivaron roces y críticas mutuos que han perdurado prácticamente hasta nuestros días.

## EL PROBLEMA DE LA AUTORÍA

Teniendo en cuenta las características del autor de *Los veintiún libros*, los investigadores se han lanzado a la búsqueda de un personaje que pueda identificarse como tal: había de ser un ingeniero práctico, aunque considerado a sí mismo como perteneciente a una categoría profesional superior, pues, como hemos visto, critica a quienes no dominan el oficio ni los conocimientos sobre arquitectura que requiere; un hombre culto, no universitario, activo en la segunda mitad del XVI, poseedor de una amplia biblioteca y conocedor de, al menos, el idioma italiano; que hubiese estado en Italia —sobre todo, en el norte— y muy relacionado con el territorio aragonés, dados los detalles que ofrece sobre numerosos lugares de ambas zonas.

En primer lugar, se descartaron cuantos ingenieros escribieron algún tratado sobre el tema; el tarraconense José Girava y el italiano Giovanni Sitoni, autores de las dos únicas obras contemporáneas que se conocen sobre ingeniería hidráulica (la del primero, sólo porque se cita en el inventario de la biblioteca de Juan de Herrera), no pudieron serlo de *Los veintiún libros*, pues sus conocimientos sobre geometría y matemáticas no se corresponden con las carencias que muestra, en ambas disciplinas, dicho códice. De modo que se inició la búsqueda de un autor que, en cualquier caso, había de ser aragonés; pues en tal cosa, al menos, todos los estudiosos estaban de acuerdo.

## El análisis filológico

En el prólogo que acompaña a la primera edición de *Los veintiún libros* (1983), García-Diego defendía la imposibilidad de que el autor del manuscrito hubiera sido Turriano con argumentos de diverso orden; son los fundamentales la disparidad entre los saberes técnicos que se muestran en el texto y los que poseía Juanelo, y la evidencia de que quien escribió la obra dominaba el español (aunque con abundantes italianismos y, sobre todo, aragonesismos), idioma que el cremonés no llegó nunca a hablar bien, según testimonios de la época. En conclusión, afirmaba que la obra fue elaborada, «sin duda, por un aragonés que dominaba en profundidad y en extensión la lengua castellana. Y conocía la italiana».

Poco después (1988), Juan A. Frago realizó un detallado estudio, publicado en una obra en colaboración con García-Diego, cuyas conclusiones se resumen a continuación.

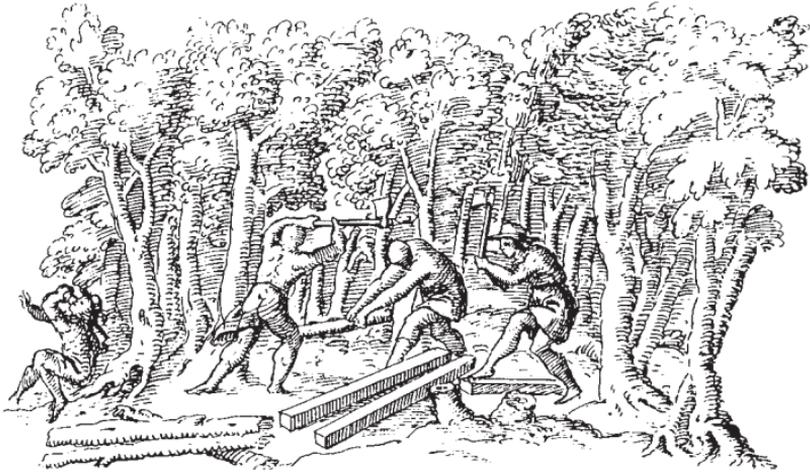
Llaman la atención las numerosas alusiones a lugares o características del terreno y de las aguas de Aragón: varios de sus ríos cuando habla del transporte de madera (Guadalaviar, Cabriel, Gállego, Cinca —transcrito como “Anca”, probablemente por error del copista—, Isábena, Mijares, Ebro) y zonas de donde se extrae piedra (Calatayud, Teruel, Cañada Vellida, Gallocanta, Belchite, La Puebla de Albortón, Épila, Alquézar, «Fonz cerca de Monzón», «Leciñena cerca de Zaragoza», La Muela). E incluso narra una

anécdota, referida al hallazgo de una piedra que tenía dentro «una culebra de piedra», indicando que «fue traída al arzobispo de Zaragoza, a don Hernando de Aragón» (f. 258). Los topónimos aragoneses abundan más que los de cualquier otra zona española (también aparecen muchos italianos, especialmente del norte), y sorprende la escasez de los andaluces o castellanos, algunos de los cuales cita de oídas («Tengo entendido que Sevilla tiene un muy grande río que le llaman Guadalquivir...»; f. 321v).

Emplea muchos aragonesismos fonéticos (*alcaquiz, hinchir, tiniendo, chilindro, axa, rechumar, baixar, deixen*,



Esquema de conducción de aguas a un pueblo (identificado por S. Pallaruelo con la localidad oscense de Arguis)



*Madereros trabajando en un bosque*

*figuera, fajina, finogo, foyo, roísco, çufrir, los señales, la canal, tuviendo, biziendo o ruello*), pero Frago opina que «es en el léxico [...] donde con más meridiana claridad resplandece el origen aragonés de su autor». Desde luego, es notable que, además de que las palabras aragonesas salpiquen todo el texto (eso, sí, con desigual intensidad), el autor exprese su preferencia por ellas. Así ocurre cuando se dispone a hablar sobre los molinos, pues advierte: «En cada provincia les tienen sus nombres propios a cada género de molino, mas pondré los nombres ordinarios que hay en estos reinos de Aragón, Cataluña y Valencia, aunque los más nombres serán aragoneses» (f. 282).

Entre los términos del vocabulario aragonés cabe citar *adaza, adoba, almenara, amerar, ansa, ascla, azute, bacieta, bislay, clamor, coda, cospillo, enronar, entibo, estral, fajina, falca, furicón, gallipiente, graïlla, grava, guinsa, mancha, maripiente, masclo, molsa, partidero, paúl, quera, recata, rejola, riba, salagón, tajadera, tascón, tellera*, etc. Junto a italianismos, voces castellanas y latinismos, destaca Frago que, en el Libro XVI, sobre las madeiras, buena parte de las variedades botánicas se enuncien a la aragonesa.

No obstante, en muchas ocasiones el autor da varios sinónimos, de diversas procedencias, para una misma palabra; seguramente, con la intención de ser comprendido por el mayor número posible de lectores.

La conclusión de Frago, finalmente, es tajante: «En resumen, mantengo que es Aragón la patria, en el sentido etimológico del término, de nuestro autor y apunto mi creencia de que vino al mundo en los primeros treinta o cuarenta años del siglo XVI y en un área del Norte arcaizante de este dominio».

### **Las divergencias**

Salvo en este origen aragonés, sin embargo, no existe acuerdo en casi nada respecto del posible autor. Desde hace casi dos décadas, Nicolás García Tapia lo identifica con Pedro Juan de Lastanosa, ingeniero de origen montiso-

nense que trabajó como “machinario” para Felipe II. Sin embargo, otros investigadores rechazan categóricamente esta atribución y siguen refiriéndose al anónimo autor de *Los veintiún libros* como “Pseudo-Juanelo Turriano”. Sobre esta divergencia de opiniones se ha originado una larga polémica que probablemente no concluirá hasta que aparezca alguna prueba documental que adjudique, sin asomo de duda, la obra a su verdadero autor.

### **Pedro Juan de Lastanosa, en el centro de la polémica**

Pedro Juan de Lastanosa nació en Monzón en 1527. No se tienen datos ciertos sobre su formación, aunque algunas fuentes mencionan su paso por varias universidades (Huesca, Alcalá, Salamanca, París y Lovaina), donde se graduaría en letras, teología y matemáticas. Fue discípulo del cosmógrafo e ingeniero Jerónimo Girava, con quien estuvo en Flandes en 1553 y junto con el que tradujo los dos primeros libros de la *Geometría Práctica* de Oronce Fine.

En 1559 escribió *Discurso de las aguas de Selino*, acerca del abastecimiento de aguas a Nápoles. Cuatro años después entró al servicio de Felipe II como “criado ordinario”, habida cuenta de su experiencia «en cosas de fábricas, fortificaciones, machinas y otras cosas que podrán ser de importancia a nuestro servicio»; su cometido era acudir «siempre que sea menester en algunas cosas de vuestra profesión a las fronteras destos nuestros reinos y adonde y a las partes que por nos o por los del nuestro Consejo de guerra os fuere

ordenado y mandado». Por todo ello percibiría un sueldo de 300 ducados anuales, con obligación de residir en la Corte.

En 1565 fue enviado a inspeccionar las obras de la Acequia Imperial de Aragón (el Canal Imperial). Cabe la posibilidad de que después participase, junto con Esquivel, en la realización de la “descripción y corografía de España” (labor que constituyó, según López Piñero, uno de los primeros intentos de descripción geodésica de un país). Realizó otros diversos servicios en la Corte, entre ellos, informes para la aprobación de impresión de libros: negativo para el *Libro de las longitudes*, del cosmógrafo Alonso de Santa Cruz, y positivo para el *Vocabulario de las dos lenguas toscana y castellana*, de Cristóbal de las Casas, y de las *Matemáticas* de Juan Pérez de Moya. Mantuvo relación con Arias Montano y, probablemente, con el círculo de humanistas de su entorno.

Murió en Madrid en 29 de junio de 1576. En el inventario de su biblioteca, que contaba con más de 500 títulos de muy diversas materias y que define a su propietario como un hombre políglota de vasta erudición, aparece consignado:

*Primeramente, un libro de ingenios que está escrito de mano, encuadernado en pergamino con cintas verdes.*

Esta última noticia, junto con el perfil profesional de Lastanosa, además de la coincidencia aproximada de fechas entre su actividad al servicio de Felipe II y la época en la que pudo redactarse el original de *Los veintiún libros*, son las principales razones sobre las que basa García Tapia la atribución de esta obra al ingeniero aragonés. Cree, además, que es el úni-

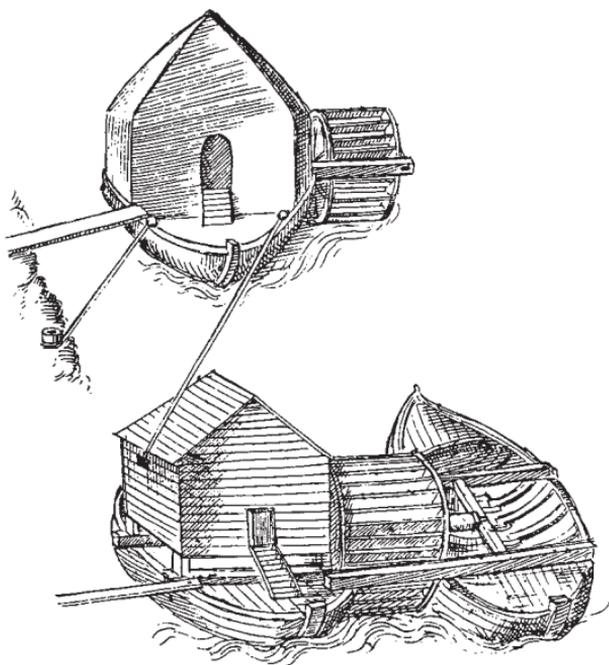
co que pudo haberlo escrito de entre doscientos científicos y artífices de la época que ha estudiado. Sus detractores, sin embargo, argumentan que el estilo de los escritos conservados de Lastanosa (en los que, por cierto, no aparecen aragonesismos) nada tiene que ver con el del autor del manuscrito en cuestión; consideran que no existe la certeza de que estuviera en el norte de Italia; estiman incompatible la formación de Lastanosa en matemáticas y geometría con los errores que se advierten en el tratado; y retrasan la fecha de redacción del mismo hasta los años noventa del siglo XVI, después, por tanto, de la muerte del ingeniero montisonense.

## **LA CUESTIÓN DE LA DATACIÓN Y LAS VICISITUDES DEL MANUSCRITO**

La falta de acuerdo en lo relativo a la posible autoría del manuscrito se extiende a su datación. No hay en todo el texto ni una sola indicación de fechas que pudiera orientar a los investigadores, por lo que las hipótesis para datarlo han de basarse en datos indirectos. Puede afirmarse, con bastante seguridad, que el original se escribió después de 1564, fecha de la última cita bibliográfica que se proporciona (la del tratado de Maggi, publicado ese año) y antes de la expulsión de los moriscos (1610), pues el autor se refiere a las poblaciones que éstos habitaban.

Los problemas surgen a la hora de intentar precisar más. Como ya se ha señalado, J. A. y D. Fernández Ordó-

ñez expresaron su convicción de que el autor de *Los veintidós libros* conocía, aunque no la citase, la obra de Palladio, impresa en Venecia en 1570. Habría que retrasar la fecha de elaboración, por tanto, hasta el año de publicación de este tratado. Sin embargo, García Tapia opina que ambos autores estaban reproduciendo modelos constructivos comunes desde el Medievo.



*Modelo de molino de barcas*

Hay más consenso en admitir que pudo haber sido escrito en vida de Felipe II, esto es, antes de 1598, pues el autor alude en alguna ocasión al monarca, especialmente en relación con su proyecto para una torre en el mar ante Los Alfaques («entendí que estos años atrás mandaba Su Majestad hacer un castillo dentro de la mar debajo de Tortosa...»; f. 421v), proyecto que se consideró, aproximadamente, entre mediados de la década de 1560 y finales de la siguiente.

En cualquier caso, esas acotaciones cronológicas se refieren a la elaboración del original, del que se haría la copia conservada. Ésta ha sido datada, por rasgos paleográficos y de la indumentaria en las ilustraciones, entre finales del siglo XVI y principios del XVII. García-Diego propuso fecharla entre 1590 y 1605.

### **Reordenación del manuscrito y adición de las portadas**

Se han advertido desajustes en el orden lógico de las materias que se tratan en *Los veintiún libros*; lo que, junto a saltos en la foliación, correcciones en la numeración de títulos y adiciones en los mismos con letra posterior lleva a la conclusión de que, en el siglo XVII, el tratado fue reordenado y dividido en los veintiún libros, agrupados en cinco volúmenes, que conocemos. En ese momento se añadirían también la portada general y las de cada tomo.

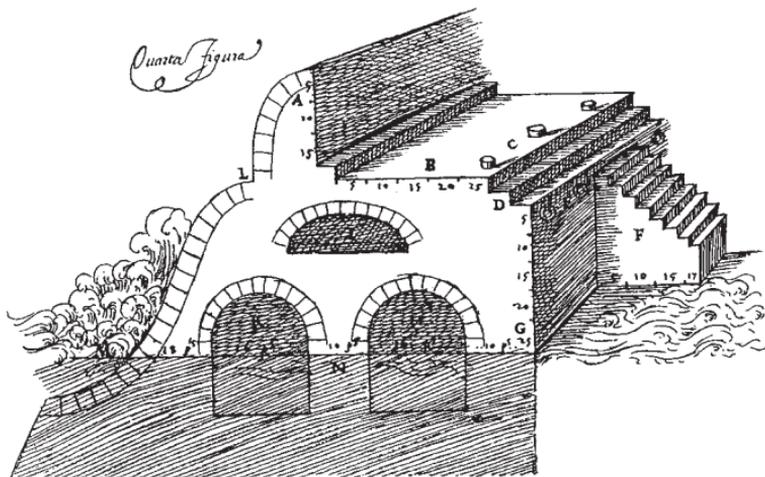
Todas esas modificaciones debieron darse en los años cuarenta del siglo XVII, pues en la primera portada aparece la dedicatoria a Juan José de Austria (1629-1679), hijo de Felipe IV; éste fue hecho prior de la Orden de San Juan de Jerusalén en 1643 y su emblema, una cruz blanca de ocho puntas, sirve de fondo al escudo que hay en el centro. Además, en las cinco portadas siguientes se nombra a Juan Gómez de Mora, arquitecto real entre 1613 y 1648.

### MÁS CUESTIONES POR RESOLVER

Quedan en pie otros enigmas. Algunos pasajes han sumido en la confusión a los investigadores, que no acaban de estar conformes con ninguna de las posibles interpretaciones. En un par de ocasiones, el autor del códice habla de los italianos en tercera persona («ellos en su lengua la llaman...», «que en Italia llaman»), pero con el mismo tratamiento se refiere a los españoles («la cual *llaman* los italianos Gaia delgada, que acá *llaman* arena granosa»). Y, sobre todo, un fragmento les produce especial perplejidad:

«Vitruvio nos amonesta que no se junten las tablas del árbol ysquia con las de carrasca, y porque yo no he visto de estos árboles en España para haberles de dar su nombre propio en romance, y por esta causa, los he dejado en mi propia lengua» (f. 244).

Frago informa de que el término “ischia” es un dialectalismo italiano que en algunas regiones designa a diver-



*Esquema de estructura de muelle o puerto, de perfil curvo  
en el lugar donde han de romper las aguas*

sas variedades de roble. Así, pues, ¿la lengua en que el autor había dejado escrita esa palabra, su lengua, era el italiano? Sin embargo, tan “romance” era ésta como la castellana... Es otro más de los interrogantes aún no resueltos sobre este tratado. Es evidente, sin embargo, que el texto se elaboró en España, ya que son varias las veces que el autor hace referencia a hechos que se dan «en estos reinos de Aragón» o «acá en España».

Otro aspecto que da qué pensar es la manifiesta desigualdad que ofrece el manuscrito, tanto en su estilo como en los contenidos (los aludidos errores matemáticos no

cuadran bien en un texto que, sin embargo, ofrece a veces muestras de conocer esa disciplina). La forma de escribir, que en algunos capítulos es correcta y en buena prosa castellana, se hace en otros caótica, llena de frases pésimamente construidas e incluso ininteligibles. Ya en 1777, en un informe elaborado sobre *Los veintiún libros* (con vistas a su posible edición, como se dijo), el matemático Benito Bails se quejaba en estos términos: «El estilo, además de su estupenda pesadez y cansabilísimas repeticiones, es bárbaro en lo más de la obra; porque hay infinitísimas cláusulas que no hacen oración y quebrantan las reglas más elementales de la sintaxis». También opinaba algo parecido Ladislao Reti en los años sesenta, cuando todavía se atribuía el texto a Turriano.

Quienes primero estudiaron la obra supusieron que correspondía a más de un autor; que quizá hubiera habido uno, el principal, de origen español, que habría contado con uno o varios colaboradores italianos. Sin embargo, más recientemente se han aducido argumentos filológicos en contra de esta hipótesis y a favor de la autoría única.

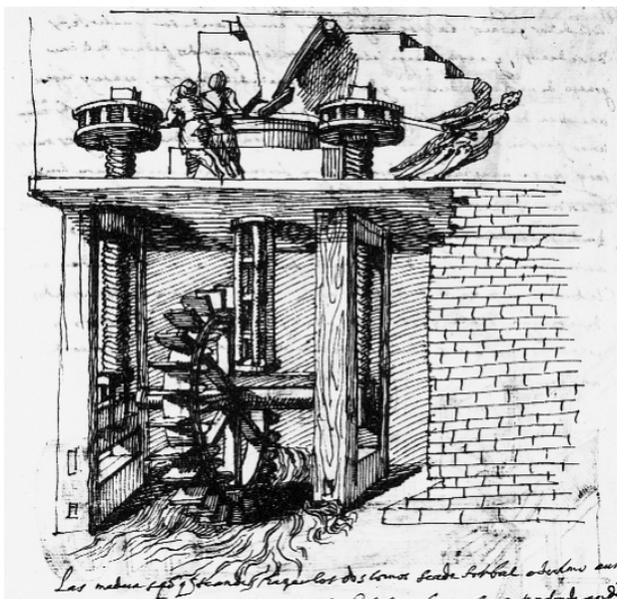
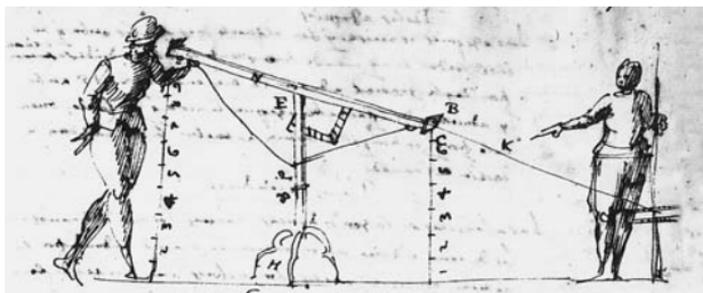
### **UN POSIBLE PRECEDENTE: EL TRATTATO DELL'ACQUE CONSERVADO EN FLORENCIA**

En la Biblioteca Nacional de Florencia se conserva un manuscrito (núm. 200 del Fondo Panciaticchi) que guarda una evidente relación con el de *Los veintiún libros*. No tie-

ne autor ni fecha, pero el título va consignado en la parte superior del lomo: *Trattato dell'acque*. Debajo de éste, aún se leen unas pocas letras más, con la tinta ya casi borrada: «Machine disegname al...».

Los 84 primeros folios del manuscrito son, en efecto, un tratado sobre aguas e ingeniería hidráulica, ilustrado con abundantes y bellísimos dibujos. El resto, hasta los 175 de que consta, contiene un tratado de artillería, una copia del *Tratado del cubo* de Juan de Herrera, un discurso sobre acampada militar, una relación de costes de tercios de infantería para un ejército que preparaba el Marqués de Santa Cruz, la copia de una carta dirigida por éste al capitán Manuel de Silva y una descripción del Congo. En su escritura intervinieron dos manos; a una de ellas corresponde la mayor parte del texto y a otra los tratados segundo (artillería) y último.

El códice fue localizado por M<sup>a</sup> Teresa Cacho Palomar, de la Universidad de Zaragoza, quien publicó un breve estudio para dar a conocer el segundo de los tratados de que consta, obra del aragonés Pedro Falcón («Una contribución aragonesa al dominio militar: el Códice Florentino Panciaticiano 200»; *Actas del XV Congreso de Historia de la Corona de Aragón*, 1993). Basándose en la relación de algunos de estos tratados con el primer Marqués de Santa Cruz, esta autora dató el manuscrito entre 1560 y 1590, con preferencia por los años 80.



Ilustraciones de los fols. 13 y 50 del Tratado de las Aguas. Compárense con las correspondientes de Los veintinueve libros reproducidas en las pp. 75 y 86

Pero es su primera parte, el *Tratado de las Aguas*, la que interesa ahora, para compararla con el manuscrito de *Los veintiún libros*. Llama poderosamente la atención la similitud entre las ilustraciones de ambos códices. Casi todas las que contiene el manuscrito florentino aparecen en *Los veintiún libros* (exactamente, 315), si bien las del primero fueron dibujadas con un trazo más suelto y abocetado (algunas son sólo esbozos), mientras que las del segundo muestran una delineación más detenida, de trazo rectilíneo y perfeccionado. A nuestro juicio, las del *Tratado de las Aguas* son, desde luego, más bellas.

No aparecen en el códice *panciaticchiano*, sin embargo, muchas de las que Ángel del Campo propone atribuir al autor del manuscrito matritense, concretamente las de los fols. 150v, 153, 179v y 236; tampoco los puentes quebrados de los fols. 378v y 379r y v, ni la que juzga como la mejor de todo el códice, en el fol. 272v, que califica de “prebarroca”. Pero sí la mayoría de las señaladas como “grupo selecto”, por su atractivo e interés, de entre las que representan artilugios y mecanismos (molinos, norias, artefactos elevadores, etc.); incluso, en estas últimas, los detalles que considera merman su calidad («molinos con chapeo emplumado y pollino mustio»), están en *Los veintiún libros*, pero no en el *Tratado de las Aguas*. Las ausencias más destacadas son las de las figuras del Libro 19 (de “Edificios de mar”), de las que el códice florentino sólo trae cuatro.

Hay también notables coincidencias de contenido, tanto en su estructura cuanto en buena parte de los pasajes del texto. En primer lugar, la relación de materias, que el lector puede comprobar; las similitudes son mayores si se considera que algunos de los temas no llevan título en *Los veintiún libros*, pero sí se tratan, y casi en el mismo orden que presenta el *Tratado de las Aguas* de Florencia.

De las aguas, sus calidades, propiedad y generación (f. 1r).  
Efectos de las aguas (f. 2v).  
De los jugos (f. 3r).  
De los baños (f. 3r).  
Del sabor (f. 3v).  
De las crasezas de las aguas (f. 4r).  
De las señales que hay para hallar aguas (f. 4r).  
De las señales para hallar agua y cuáles son los más verdaderos (f. 4v).  
Libro segundo (f. 5v).  
Para conocer la agua buena o mala (f. 6r).  
Libro cuarto. De los niveles (f. 9v).  
De las acequias (f. 13r).  
De los arcaduces (f. 13v).  
Cómo se deberán asentar los caños (f. 15r).  
Cómo se hagan los caños de plomo, fistulas o trombas de metal (f. 15v).  
De betunes de diversas maneras (f. 16r).  
Libro sexto, del llevar las aguas (f. 18v).  
De las minas (f. 23r).

Las acequias (f. 25v).  
Si se hubiese de llevar una agua por debajo de un río  
(f. 27v).  
De pasar una agua debajo de otra o por encima (f. 29r).  
De pesqueras y viveros (f. 30v).  
Llevar una fuente (f. 31r).  
De los azudes o presas (f. 33r).  
Azudes de piedra seca (f. 33r).  
De las cisternas y pozos (f. 37v).  
De molinos (f. 38v).  
Géneros de molinos (f. 43r).  
Cuáles son los mejores molinos (f. 43v).  
Para cerner la harina (f. 50v).  
De los batanes (f. 50v).  
Cómo se muelen las olivas para aceite (f. 51v).  
Para hazer el azúcar (f. 53r).  
Para limpiar lana (f. 53v).  
De la alumbre (f. 54r).  
Del vidriado (f. 55r).  
Sal común (f. 55v).  
Del salitre (f. 55v).  
De los caariches [sic] para regar hortalizas o pesqueras o  
estanques (f. 56r).  
De las norias (f. 56r).  
Para sacar la cera de los panales (f. 58r).  
Para pasar ríos (f. 58v).  
Puentes fijos (f. 60r).  
Puente de César (f. 60v).  
Los árboles que para obras de puentes son buenos (f. 61r).

Del tiempo para cortar la madera (f. 63v).  
Remedios para conservar la madera cortada (f. 64r).  
De la calidad de las piedras (f. 65v).  
Piedra para cal (f. 67r).  
Del yeso (f. 68r).  
Tierra para ladrillos (f. 69r).  
Puentes de piedra (f. 70v).  
La muralla para muelle (f. 74r).  
Para ver debajo de agua con luz (f. 79r).  
Para pasar barcos en caídas de ríos (f. 80r).  
Repartición de acequias (f. 81r).

El florentino, sin embargo, es mucho más breve (84 folios frente a 483) y expone los temas de manera más escueta; además, se muestra progresivamente más sintético, hasta el punto de que los últimos folios son poco más que una sucesión de ilustraciones. No proporciona las detalladas explicaciones que caracterizan a *Los veintiún libros*, sino que a menudo se limita a presentar brevemente los dibujos, dejando que éstos, por sí mismos, declaren la forma y/o funcionamiento de cada “ingenio”. Así hace, por ejemplo, en el caso de las norias («Porque con los solos dibujos se comprende harto la invención de las anorias, no me extendiendo en su declaración»; f. 57), o en el de los acueductos, capítulo en el que se limita a colocar las ilustraciones seguidas, unas sobre otras y sin comentarios. Esa concisión, por otra parte, hace que el texto sea mucho más

fácil de leer que el de *Los veintiún libros*, a veces excesivamente farragoso.

Es evidente la mayor antigüedad del florentino. En el manuscrito español faltan algunos dibujos que se comentan en el texto y que, sin embargo, sí están en el *panciaticchiano*; así, es el caso de dos acueductos que se describen en el fol. 87, cuyos dibujos no aparecen, pero que coinciden con uno incluido en el fol. 21v y otro en el fol. 22 del *Tratado de las Aguas*. Por otra parte, este último incluye una referencia (f. 2v) a dos catástrofes naturales, ocurridas una en «Pozolo en Italia» y otra «postteriormente en La Palma, una de las Islas Canarias», que puede ayudar a precisar su fecha: el único suceso catastrófico ocurrido en La Palma en el siglo XVI fue la erupción del volcán Tahuya, en 1585, por lo que el manuscrito italiano hubo de ser escrito poco después.

Este último texto apenas contiene aragonesismos (*mota*, *roísco*, *ruello*), pero abunda en italianismos (*angolo*, *mura-gla*, *guardar* —por ‘mirar’—, *lingua*, *imondeza*, *carrucola*). Faltan, asimismo, casi todas las referencias a Aragón, como ocurre en el capítulo de los molinos (donde el autor de *Los veintiún libros* abunda en el uso de nombres aragoneses), las variedades de madera, los lugares de donde se extrae piedra o los ríos almadieros; aunque sí aparecen en algún caso, como las menciones a la piedra que se extrae de Calatayud, a la calidad de la que se usó en las murallas

de Zaragoza y, señaladamente, a la piedra que, por contener un fósil, fue llevada al arzobispo de Zaragoza, Hernando de Aragón (f. 258 de *Los veintiún libros* y f. 67v del *Tratado de las Aguas*).

Usa de diferente forma, asimismo, la tercera persona a la hora de aludir a los italianos:

- «Acostúmbrase en Italia una arena negra que se llama pucezana, la cual, acompañada de cal, hace una composición durísima; y ésta hállase en Roma y Nápoles y en otras partes» (*Tratado de las Aguas*, f. 68).
- «Hállase en Italia una especie de arena negra, la cual ellos en su lengua la llaman porcelana, que mezclada con calcina hácese una materia tan fuerte como piedra [...]. Esta especie de arena se halla en Roma y en Nápoles y en otros lugares de Italia, y díjome uno que la había visto acá en España, en Aragón, mas que no se acordaba en qué lugar, porque él la conocía muy bien» (*Los veintiún libros*, f. 263r y v).

Las referencias a hallarse «acá en España», presentes en el manuscrito de Madrid, no se encuentran en el florentino. Por ejemplo: «Usaron los antiguos españoles ladrillos de largo dos palmos [...] y hicieron paredes con ellos así crudos, sin cocer, y también parados hicieron de tapias de tierra, que es costumbre morisca...» (f. 69v). La misma cita, en *Los veintiún libros*, alude a «los moros cuando vinieron a España», que «trajeron» la costumbre de hacer murallas de tierra (f. 270).

Las mencionadas concomitancias con el texto de Sitoni no aparecen en el *Tratado de las Aguas*; tampoco el controvertido pasaje que afirma, en el códice matritense, haber dejado “en su propia lengua” el término “yschia”. Sí hay, sin embargo, una referencia a “Yschia” como topónimo («En Yschia hay una piedra que conforma mucho con el mármol...»; f. 66r), que en *Los veintiún libros* aparece como “Istria”.

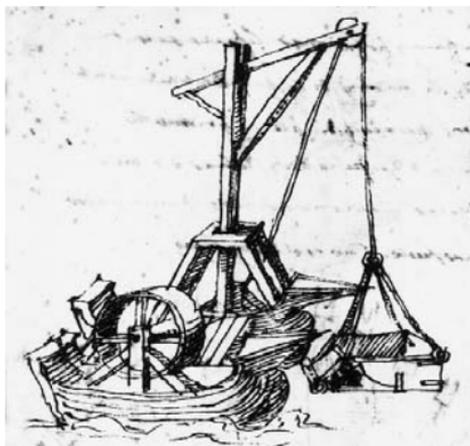
Así, pues, caben dos posibilidades: una, que el autor del original de *Los veintiún libros* (no de la copia matritense) tomara como base de su tratado el manuscrito florentino y lo ampliase con referencias tomadas de otros autores, explicaciones más detalladas, descripciones y comentarios a los dibujos, datos de su experiencia, referencias más abundantes a Aragón (probablemente, su tierra) y supuestos prácticos, además de incorporar nuevas ilustraciones. Otra, que el autor del *Tratado de las Aguas*, juzgando acaso demasiado extenso el anterior, hiciese una copia reducida, más manejable, pero reproduciendo la mayoría de los dibujos, considerados quizá suficientemente explicativos por sí mismos.

Algunos detalles, no obstante, nos inclinan a dar prioridad al manuscrito florentino. Sería, en efecto, extraña la supresión deliberada de prácticamente todas las referencias a Aragón y, además, es difícil de explicar que no se incluyesen partes importantes como la dedicada a construccio-



nes y maquinaria marítimas, por ejemplo, que falta casi completamente en el *Tratado de las Aguas* y que, sin embargo, es considerada por los especialistas una obra de referencia de la técnica de la época. Tampoco se entendería bien por qué, si copiaba palabras correctamente escritas en castellano de un original precedente, usaba en su lugar italianismos.

Establecida ahora la relación entre ambos manuscritos, habrá que proseguir su estudio y las nuevas posibilidades que con ello se abren, pues probablemente contribuirá a conocer mejor y con enfoques más certeros tan importante obra de la técnica renacentista.



*Ilustración del fol. 78v del Tratado de las Aguas.  
Compárese con la que aquí reproducimos en la portada*

## BIBLIOGRAFÍA SELECTA



- BALDWIN, R. C. D.: *An Introduction to the new skills that Cortés and Eden, sought to teach* (Notas inéditas, preparadas para la colección *Nova Sphera, Clásicos Aragoneses de la Ciencia y la Técnica*). Londres, 1995.
- BLÁZQUEZ, C. y PALLARUELO, S.: *Maestros del agua* (2 vols.). Diputación General de Aragón, Zaragoza, 1999.
- CACHO PALOMAR, M<sup>a</sup> T.: «Una contribución aragonesa al dominio militar: el Códice Florentino Panciatichiano 200», en *Actas del XV Congreso de Historia de la Corona de Aragón* (Tomo I, pp. 389-402). Diputación General de Aragón, 1993.
- CORTÉS, M.: *Breve compendio de la Sphera y de la arte de navegar, con nuevos instrumentos y reglas, exemplificado con muy subtiles demostraciones* (Ed. facsímil con estudios de S. García Franco y J. F. Guillén Tato). IFC, Zaragoza, 1945.
- CORTÉS ALBÁCAR, M.: *Breve compendio de la Esfera y del Arte de Navegar*. Colección Quinto Centenario (estudio a cargo de M. Cuesta Domingo). Editorial Naval-Museo Naval, Madrid, 1990.
- FRAGO, J. A. y GARCÍA-DIEGO, J. A.: *Un autor aragonés para Los veintiún libros de los ingenios y de las máquinas*. Diputación General de Aragón, Zaragoza, 1988.
- GARCÍA-DIEGO, J. A. (Ed.): *Los veintiún libros de los ingenios y máquinas de Juanelo Turriano*. Fundación Juanelo Turriano y Eds. Doce Calles, Madrid, 1996.

- GARCÍA-DIEGO, J. A. y KELLER, A. G.: *Giovanni Francesco Sisoni, ingeniero renacentista al servicio de la Corona de España*. Fundación Juanelo Turriano y Ed. Castalia, Madrid, 1990.
- GARCÍA TAPIA, N.: *Los veintiún libros de los ingenios y máquinas de Juanelo, atribuidos a Pedro Juan de Lastanosa*. Diputación General de Aragón, Zaragoza, 1997.
- GONZÁLEZ GONZÁLEZ, F. J.: *Astronomía y Navegación en España en los siglos XVI-XVIII*. Colección “Mar y América”, Ed. MAPFRE, Madrid, 1992.
- GOODMAN, D.: *Poder y penuria. Gobierno, tecnología y ciencia en la España de Felipe II*. Alianza Universidad, Madrid, 1990 (Cambridge University Press, 1988).
- GRACIA RIVAS, M.: «Martín Cortés de Albarca y su época» (Texto inédito, preparado para la colección *Nova Sphera, Clásicos Aragoneses de la Ciencia y la Técnica*). Madrid, 1995.
- LÓPEZ PIÑERO, J. M.: *Ciencia y Técnica en la Sociedad Española de los siglos XVI y XVII*. Ed. Labor, Barcelona, 1979.
- MARTÍNEZ TEJERO, V. y FRAGO GRACIA, J. A.: «Los veintiún libros de los ingenios y de las máquinas», en *Una década de política de investigación en Aragón: 1984-1993* (M. Silva y J. Val, coord.), DGA, Zaragoza, 1994.
- VICENTE MAROTO, M. I. y ESTEBAN PIÑERO, M.: *Aspectos de la Ciencia Aplicada en la España del Siglo de Oro*. Junta de Castilla y León, Valladolid, 1991.
- WATERS, D. W.: *The Art of Navigation in England in Elizabethan and Early Stuart Times*. Yale University Press, New Haven, 1959.



56. **El arte rupestre en Aragón** • M<sup>a</sup> Pilar Utrilla Miranda
57. **Los ferrocarriles en Aragón** • Santiago Parra de Mas
58. **La Semana Santa en Aragón** • Equipo de Redacción CAI100
59. **San Jorge** • Equipo de Redacción CAI100
60. **Los Sitios. Zaragoza en la Guerra de la Independencia (1808-1809)** • Herminio Lafoz
61. **Los compositores aragoneses** • José Ignacio Palacios
62. **Los primeros cristianos en Aragón** • Francisco Beltrán
63. **El Estatuto de Autonomía de Aragón** • José Bermejo Vera
64. **El Rey de Aragón** • Domingo Buesa Conde
65. **Las catedrales en Aragón** • Equipo de Redacción CAI100
66. **La Diputación del Reino de Aragón** • José Antonio Armillas
67. **Miguel Servet. Sabio, hereje, mártir** • Ángel Alcalá
68. **Los juegos tradicionales en Aragón** • José Luis Acín Fanlo
69. **La Campana de Huesca** • Carlos Laliena
70. **El sistema financiero en Aragón** • Área de Planificación y Estudios - CAI
71. **Miguel de Molinos** • Jorge Ayala
72. **El sistema productivo en Aragón** • Departamento de Economía - CREA
73. **El Justicia de Aragón** • Luis González Antón
74. **Roldán en Zaragoza** • Carlos Alvar
75. **La ganadería aragonesa y sus productos de calidad** • Isidro Sierra
76. **La fauna de Aragón** • César Pedrocchi Renault
77. **Opel España** • Antonio Aznar y M<sup>a</sup> Teresa Aparicio
78. **La Feria de Muestras de Zaragoza** • Javier Rico Gambarte

79. **La jota aragonesa** • Javier Barreiro
80. **Los humedales en Aragón** • Jorge Abad y José Luis Burrel
81. **Los iberos en Aragón** • Francisco Burillo
82. **La salud en Aragón** • Luis I. Gómez, M. J. Rabanaque y C. Aibar
83. **Félix de Azara** • María-Dolores Albiac Blanco
84. **Las iglesias de Serrablo** • Equipo de Redacción CAI100
85. **La nieve en Aragón** • Salvador Domingo
86. **El aceite de oliva en Aragón** • Ángel Bonilla y Miguel Lorente
87. **El cuento oriental en Aragón** • M<sup>a</sup> Jesús Lacarra
88. **Los Fueros de Aragón** • Jesús Delgado y M<sup>a</sup> Carmen Bayod
89. **Aragón y los Fondos Europeos** • Elías Maza
90. **Las lenguas de Aragón** • M<sup>a</sup> A. Martín Zorraquino y José M<sup>a</sup> Enguita
91. **Cómo Teruel fue ciudad** • Equipo de Redacción CAI100
92. **Benjamín Jarnés** • José-Carlos Mainer
93. **José de Calasanz** • Asunción Urgel
94. **La imprenta en Aragón** • Miguel Ángel Pallarés y Esperanza Velasco
95. **La energía. Usos y aplicaciones en Aragón** • Departamento de Economía - CREA
96. **Los Pirineos** • Equipo de Redacción CAI100
97. **Los celtas** • Álvaro Capalvo
98. **Ingenios, máquinas y navegación en el Renacimiento** • Manuel Silva y M<sup>a</sup> Sancho Menjón



99. **Breviario de historia de Aragón** • Equipo de Redacción CAI100
100. **La Corona de Aragón en la Edad Media** • Esteban Sarasa